

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
5 août 2010 (05.08.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/086091 A1

(51) Classification internationale des brevets :

F01D 17/14 (2006.01) F02K 9/40 (2006.01)
F02C 5/12 (2006.01) F02K 7/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2010/000195

(22) Date de dépôt international :

15 janvier 2010 (15.01.2010)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0900330 27 janvier 2009 (27.01.2009) FR
0903942 12 août 2009 (12.08.2009) FR

(72) Inventeur; et

(71) Déposant : AGUILAR, Michel [FR/FR]; 33, rue
Marcel Pagnol, F-31320 Castanet Tolosan (FR).

(74) Mandataire : JUNCA, Eric; Cabinet Junca, 46 Rue
Louis Plana, F-31500 Toulouse (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : JET ENGINE, IN PARTICULAR A JET ENGINE FOR AN AIRCRAFT

(54) Titre : REACTEUR NOTAMMENT UN REACTEUR POUR AERONEF

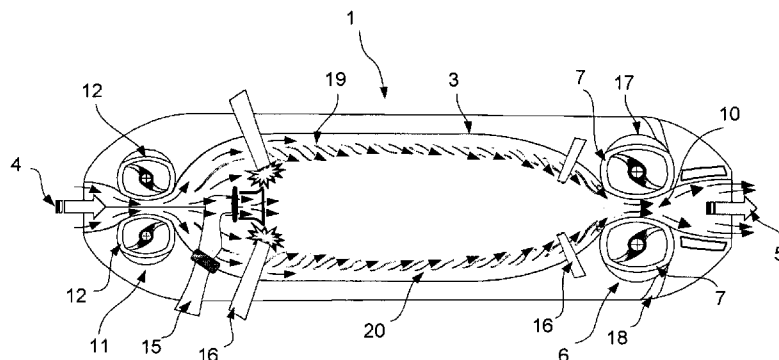


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to a jet engine (1), in particular an aircraft jet engine, including at least one combustion chamber (3). The combustion chamber (3) is connected to at least one compressed gas intake (4) and to at least one burnt gas outlet (5). Said burnt gas outlet(s) (5) include an exhaust valve. The exhaust valve includes two rotary parts (7), referred to as rotary exhaust parts, the rotary exhaust parts (7) including curved walls (8) and intermediate walls (9) connecting the curved walls (8), and rotating in a coordinated, continuous fashion such that said valve is in a closed position in order to block the exhaust gas during at least one combustion step, and in an open position in order to define a space (10) through which the exhaust gas flows out from the combustion chamber (3) during at least one expansion step.

(57) Abrégé : L'invention concerne un réacteur (1), notamment un réacteur d'aéronef, comprenant au moins une chambre

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/086091 A1



de combustion (3). La chambre de combustion (3) est reliée à au moins une arrivée (4) de gaz comprimés et à au moins une sortie (5) des gaz brûlés. Ladite ou lesdites sorties (5) des gaz brûlés comprend une valve d'éjection. La valve d'éjection comprend deux pièces rotatives (7), dites pièces rotatives d'éjection, les pièces rotatives d'éjection (7) comprenant des parois courbes (8) et des parois intermédiaires (9) reliant les parois courbes (8), et étant en rotation en rotation coordonnée et continue de façon à être dans une position fermée afin de s'opposer à une éjection de gaz, lors d'au moins une étape de combustion, et dans une position ouverte afin de définir un espace (10) au travers duquel les gaz sont éjectés de la chambre de combustion (3) lors d'au moins une étape de détente.

Domaine technique de l'invention.**REACTEUR D 'AERONEF A COMBUSTION ISOCHORE****Etat de la technique.**

5 Actuellement, les réacteurs utilisés en aéronautique et appelés communément turbomachines fonctionnent selon un cycle thermodynamique dit de Joule-Brayton par combustion à pression constante d'un mélange d'air comprimé et de carburant. Les gaz issus de cette combustion sont ensuite éjectés à grande vitesse dans l'atmosphère au travers d'une tuyère, produisant ainsi une force
10 propulsive.

Ces turbomachines ont fait l'objet depuis soixante ans de nombreux efforts de R&D et arrivent à un degré de maturité élevé. Leur potentiel d'amélioration est aujourd'hui limité. Or, face à la pression environnementale et à l'augmentation du prix du carburant, l'industrie aéronautique doit trouver des nouvelles solutions
15 technologiques pour améliorer les performances des réacteurs.

L'utilisation de réacteurs qui fonctionnent selon un cycle thermodynamique dit de Humphrey semble être une voie prometteuse. Contrairement aux turbomachines traditionnelles, la combustion se fait non plus à pression constante mais à volume constant. Le potentiel théorique de tels réacteurs est connu depuis très longtemps
20 mais leur réalisation se heurte à des difficultés technologiques.

Le réacteur à combustion à volume constant le plus connu est le « wave rotor ». Le « wave rotor » fonctionne selon le principe du barillet. Il est constitué de plusieurs enceintes disposées autour de l'axe d'un cylindre. Le cylindre tourne entre deux extrémités immobiles appelées flasques. Chacune de ses extrémités
25 comprend des ports contrôlant l'écoulement des gaz notamment vers le compresseur et la turbine. Lors de la rotation du cylindre, les enceintes sont ainsi cycliquement reliées au compresseur et à la turbine.

Dans une première phase du cycle, l'enceinte est reliée uniquement au compresseur. L'enceinte se remplit alors de gaz comprimé et de carburant.

30 Cette phase est suivie d'une phase pendant laquelle l'enceinte est fermée, s'opposant à la circulation des gaz vers le compresseur ou la turbine. On réalise alors une combustion dans l'enceinte. Cette combustion se fait donc à volume constant.

Enfin, l'enceinte est reliée à la turbine. Les gaz issus de la combustion sont alors éjectés vers la turbine.

Dans ce type de réacteur, il existe une fuite de gaz importante entre les extrémités fixes et le cylindre qui diminue considérablement les performances de tels

5 systèmes.

Afin de diminuer ces pertes, il existe des réacteurs à volume constant selon le cycle de Humphrey dans lesquels le volume de la chambre de combustion est maintenu constant par des valves.

Le document FR2829528 décrit un tel réacteur qui comprend plusieurs chambres
10 de combustion fermées périodiquement par des valves papillons. Les valves diminuent en partie la fuite de gaz mais, du fait de l'alternance des cycles de fermeture et d'ouverture, elles sont soumises à des chocs répétés qui, dans les conditions de températures élevées, de l'ordre de 2 000°C, entraînent une usure rapide.

15 Plus généralement, les réacteurs à combustion à volume constant actuels présentent un risque d'usure important des surfaces soumises à des fluctuations de pression et de température.

De plus, à la baisse de performance engendrée par les fuites de gaz s'ajoutent les pertes d'efficacité dues aux nombreuses zones d'écoulement fortement turbulent.

20

Objet de l'invention.

L'invention vise à proposer un réacteur qui ne présente pas les inconvénients précités de l'art antérieur.

L'invention vise en particulier à proposer un réacteur avec des performances
25 élevées et adapté pour fonctionner dans des conditions de fluctuations de pression importantes et de température élevée.

Pour ce faire, l'invention concerne un réacteur, notamment un réacteur d'aéronef, comprenant au moins une enceinte, dite chambre de combustion, adaptée pour y réaliser une combustion lors d'au moins une étape, dite de combustion, et étant
30 reliée à au moins une arrivée de gaz, dite arrivée de gaz comprimés, permettant d'alimenter la chambre de combustion en gaz comprimés lors d'au moins une étape, dite de remplissage, et à au moins une sortie, dite sortie des gaz brûlés, par laquelle les gaz sont éjectés de la chambre de combustion lors d'au moins une

étape, dite de détente, ladite ou lesdites sortie des gaz brûlés comprenant une valve, dite valve d'éjection,

Selon l'invention, la valve d'éjection comprend deux pièces rotatives, dites pièces rotatives d'éjection, les pièces rotatives d'éjection
5 comprenant des parois courbes et des parois intermédiaires reliant les parois courbes et étant en rotation coordonnée et continue de façon à être :

* dans une position angulaire, dite position fermée, dans laquelle une paroi courbe d'une pièce rotative d'éjection est sensiblement en contact avec une paroi courbe de l'autre pièce, afin de s'opposer
10 à une éjection significative de gaz de la chambre de combustion, lors d'au moins une étape de combustion, et

* dans une position angulaire, dite position ouverte, dans laquelle une des parois intermédiaires d'une pièce rotative d'éjection est située en regard d'une paroi de l'autre pièce rotative d'éjection afin
15 de définir un espace ouvert entre les deux parois au travers duquel les gaz sont éjectés de la chambre de combustion lors d'au moins une étape de détente.

La chambre de combustion est fermée grâce à la valve d'éjection pendant l'étape de combustion. Ainsi, la combustion est réalisée à volume constant selon le cycle de Humphrey, et on obtient un rendement énergétique supérieur à celui des
20 turbomachines usuelles.

De plus, la fermeture de la chambre de combustion par les pièces rotatives d'éjection permet d'éviter les fuites de gaz lorsque celles-ci-ci sont en position fermée.

Le mouvement de rotation des pièces rotatives est fluide et progressif ce qui
25 supprime les chocs et/ou les fortes fluctuations de pression notamment entre les étapes de combustion et de détente et par conséquent évite une usure prématurée du réacteur.

Le fonctionnement des pièces rotatives d'éjection permet également de mieux maîtriser les phénomènes de turbulence.

Avantageusement et selon l'invention, en position ouverte, une des parois intermédiaires d'une pièce rotative d'éjection est située en regard d'une des parois intermédiaires de l'autre pièce rotative d'éjection.
30

Par ailleurs, selon l'invention, les pièces rotatives d'éjection sont avantageusement en rotation directe par rapport au sens de l'éjection des gaz de

la chambre de combustion, de façon à accompagner le mouvement des gaz lors de leur éjection et à diminuer les phénomènes de turbulence.

Il est toutefois à noter que les pièces d'éjection peuvent être également agencées de façon à être en rotation contraire par rapport au sens de l'éjection des gaz de la chambre de combustion. Cet agencement nécessite toutefois l'adjonction de tuyères dites secondaires positionnées symétriquement par rapport à la tuyère principale par laquelle les gaz de la chambre de combustion sont éjectés. Cette disposition offrant l'avantage d'un meilleur remplissage des gaz frais et d'une éjection des gaz brûlés plus complète, ainsi qu'une réduction sensible des puissances mécaniques nécessaires à la rotation des pièces d'éjection.

Par ailleurs, avantageusement selon l'invention, les pièces rotatives sont symétriques par rapport à l'axe de la chambre de combustion.

En outre, avantageusement et selon l'invention, les parois courbes d'une pièce rotative ont le même rayon de courbure que les parois courbes de l'autre pièce rotative.

Ainsi, en position fermée, les pièces rotatives viennent rouler l'une sur l'autre, sans choc.

En outre, avantageusement et selon l'invention, les parois intermédiaires des pièces rotatives sont convexes.

Ainsi, l'espace ouvert par lequel les gaz sont éjectés de la chambre de combustion présentera une forme proche de celle du divergent d'une tuyère afin d'obtenir une vitesse d'éjection des gaz optimale.

De préférence, avantageusement et selon l'invention, l'arrivée de gaz comprimés comprend une valve, dite valve d'injection, adaptée pour s'opposer à l'écoulement des gaz entre l'arrivée de gaz comprimés et la chambre de combustion lors d'au moins une étape de combustion.

En outre, avantageusement et selon l'invention la valve d'injection comprend deux pièces rotatives, dites pièces rotatives d'injection,

- de structure semblable aux pièces rotatives d'éjection, et

- étant en rotation coordonnée de façon à être :

- * dans une position angulaire, dite position fermée, dans laquelle une paroi courbe d'une pièce rotative d'injection est sensiblement en contact avec une paroi courbe de l'autre pièce, afin de s'opposer à un écoulement significatif des gaz

entre l'arrivée de gaz comprimés et la chambre de combustion, lors d'au moins une étape de combustion, et

- * dans une position angulaire, dite position ouverte, dans laquelle une paroi intermédiaire d'une pièce rotative d'injection est située en regard d'une paroi intermédiaire de l'autre pièce rotative d'injection afin de définir un espace au travers duquel les gaz comprimés alimentent la chambre de combustion, lors d'au moins une étape de remplissage.

Avantageusement et selon l'invention, les pièces rotatives d'injection et d'éjection sont adaptées pour être en position ouverte fixe pendant plusieurs étapes de combustion-détente successives puis en rotation coordonnée et continue de façon à alterner plusieurs cycles successifs de combustion-détente durant lesquels elles sont en position fermée en phase de combustion puis en position ouverte en phase de détente.

Lorsque les valves d'éjection et d'injection sont en position ouverte fixe, le réacteur fonctionne comme une turbomachine à combustion à pression constante classique. Ce mode de fonctionnement est continu contrairement à la combustion à volume constant qui elle est pulsée.

Durant certaines phases de vol, un mode de fonctionnement en continu est parfois préférable. Il s'agit en particulier des phases de décollage et d'atterrissage.

Le réacteur selon l'invention peut autoriser un fonctionnement en continu à pression constante lors du décollage suivi d'un fonctionnement pulsé à volume constant lors de la phase de croisière.

Egalement, avantageusement et selon l'invention, les pièces rotatives d'injection et d'éjection sont adaptées pour être en rotation coordonnée et continue de façon à alterner plusieurs cycles successifs de combustion-détente durant lesquels elles sont en position fermée en phase de combustion puis en position ouverte en phase de détente puis en position ouverte fixe pendant plusieurs étapes de combustion - détente successives.

De même que précédemment, le réacteur selon l'invention autorise d'un fonctionnement pulsé à volume constant lors de la phase de croisière suivi d'un fonctionnement en continu à pression constante lors de l'atterrissage.

Avantageusement et selon l'invention, chaque chambre de combustion comprend au moins une alimentation en carburant et au moins un moyen

d'allumage adapté pour enflammer un mélange de carburant et de gaz comprimés.

De préférence, avantageusement et selon l'invention, le réacteur comprend plusieurs moyens d'allumage situés chacun à des distances différentes de l'arrivée de gaz comprimés, lesdits moyens d'allumage étant actionnés de manière
5 différée.

Ainsi, pour une chambre de combustion comprenant deux moyens d'allumage situés à des positions extrêmes de cette chambre, on peut actionner le moyen d'allumage situés à une extrémité à un temps donné puis actionner le moyen
10 d'allumage situé à l'autre extrémité en temps différé.

Les gaz brûlés issus de la première combustion se dilatant vont comprimer les gaz non brûlés, dits gaz frais, et augmenter leur pression au delà de la pression d'injection initiale due à la seule compression initiale des gaz comprimés. Une fois une certaine pression de gaz frais atteinte, un deuxième allumage est déclenché.
15 La pression finale des gaz brûlés sera ainsi supérieure à celle atteinte par des gaz brûlés issus de gaz frais comprimés qui n'auraient subi qu'un unique allumage.

De plus, cette configuration permet de tendre vers une pression de gaz frais suffisante pour qu'ils s'enflamment spontanément conformément au phénomène de détonation.

Avantageusement et selon l'invention, les pièces rotatives d'éjection sont situées dans des chambres, chaque chambre présentant au moins une ouverture permettant la circulation de gaz entre l'extérieur de ladite chambre et la sortie de gaz brûlés lorsque les pièces rotatives d'éjection sont en position fermée.

Au moment de la fermeture des valves d'éjection, par inertie, la pression des gaz brûlés au niveau de la sortie des gaz brûlés devient inférieure à la pression atmosphérique extérieure créant ainsi une poussée négative. Pour remédier à ce phénomène une ouverture relie l'extérieur et la sortie des gaz brûlés rétablissant ainsi la pression d'équilibre.
25

Avantageusement et selon l'invention, les pièces rotatives d'éjection comprennent un passage les traversant de part en part et adapté pour permettre une circulation de fluide au travers desdites pièces.
30

La circulation de fluide au travers des pièces assure leur refroidissement.

En outre avantageusement et selon l'invention, le fluide circulant au travers des pièces rotatives d'éjection est du gaz comprimé qui provient de l'arrivée de gaz comprimés.

Le gaz comprimé alimentant la chambre de combustion est alors préchauffé par la
5 chaleur des pièces rotatives d'éjection.

Avantageusement et selon l'invention, une partie de l'énergie thermique émise par les gaz issus de la sortie des gaz brûlés est utilisée pour réchauffer les gaz comprimés en amont de la chambre de combustion.

10

Description des figures.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante qui se réfère aux figures annexées représentant des
15 modes de réalisation préférentiels de l'invention, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, et dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe d'un mode de réalisation du réacteur,
- la figure 2 une vue en coupe d'un mode de réalisation du
20 réacteur lors de l'étape de remplissage,
- la figure 3 est une vue en coupe d'un mode de réalisation du réacteur au début de l'étape de combustion
- la figure 4 est une vue en coupe d'un mode de réalisation du réacteur en fin de l'étape de combustion,
- 25 - la figure 5 est une vue en coupe d'un mode de réalisation du réacteur lors de l'étape de détente,
- la figure 6 est une vue en perspective d'une pièce rotative,
- la figure 7 est une vue en coupe d'une pièce rotative.
- la figure 8 est une vue partielle en coupe du réacteur au
30 niveau de la sortie des gaz brûlés,
- la figure 9 est un schéma des rendements des différents cycles thermodynamiques en fonction du rapport de compression du gaz d'admission.

Exposé détaillé d'une forme de réalisation préférentielle de l'invention
Description des figures.

- Les figures 1 à 5 représentent un réacteur 1 selon l'invention comprenant une
- 5 chambre de combustion 3.
- La chambre de combustion 3 est alimentée en gaz comprimé par une arrivée 4 de gaz comprimés.
- Le gaz comprimé est généré par un compresseur.
- De préférence, le gaz comprimé est de l'air comprimé à une pression comprise
- 10 entre 2 et 4 bars.
- La chambre de combustion 3 est adaptée pour y réaliser une combustion.
- Pour ce faire, elle comprend au moins une alimentation en carburant 15 et au moins un moyen d'allumage 16 pour enflammer un mélange de carburant et de gaz comprimés.
- 15 Dans un mode de réalisation préférentiel de l'invention et comme représenté sur les figures 1 à 5, la chambre de combustion 3 comprend plusieurs moyens d'allumage 16 situés chacun à des distances différentes de l'arrivée de gaz comprimés 4. Les moyens d'allumage 16 peuvent être de préférence et classiquement un allumage électrique commandé.
- 20 La chambre de combustion 3 peut également comprendre un tube à flamme 19 dont le but est de maintenir les gaz brûlés à très haute température hors du contact avec les parois de la chambre de combustion 3.
- La chambre de combustion 3 peut également comprendre des orifices 20 de dilution et de gaufrage afin d'orienter une partie de l'air comprimé dit « air
- 25 primaire », entre les gaz chauds et les parois de la chambre de combustion 3, et donc de confiner les gaz chauds hors du contact avec les parois.
- La chambre de combustion 3 est reliée à une sortie 5 des gaz brûlés par laquelle les gaz peuvent être éjectés de la chambre de combustion. Cette sortie 5 est équipée d'une valve d'éjection 6.
- 30 La valve d'éjection 6 est constituée de deux pièces rotatives d'éjection 7, de préférence symétriques par rapport à l'axe de la chambre de combustion 3.
- Les pièces rotatives d'éjection 7 comprennent des parois sensiblement courbes 8 et des parois intermédiaires 9 reliant les parois courbes 8.

De préférence, comme représenté sur les figures 1 à 6, les pièces rotatives d'éjection 7 comprennent deux parois courbes 8 et deux parois intermédiaires 9.

La figure 6 illustre une pièce rotative. Dans un mode de réalisation préférentiel de l'invention, la pièce rotative est dessinée à partir d'un cylindre. Les parois courbes 8 suivent la géométrie de ce cylindre et ont par conséquent le même rayon de courbure. Les parois intermédiaires 9 sont convexes et d'un rayon de courbure supérieur au rayon du cylindre initial.

Comme illustré sur les figures 6 et 7, les pièces rotatives comprennent un passage les traversant de part en part et adapté pour permettre une circulation de fluide, en particulier un fluide de refroidissement, au travers desdites pièces.

Comme illustré sur la figure 7, selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, le passage est de forme hélicoïdale, l'axe de l'hélicoïde étant l'axe de rotation des pièces de façon à accélérer la circulation du fluide de refroidissement au travers de la pièce rotative.

De préférence, comme représenté sur les figures 1 à 5, l'arrivée de gaz comprimés 4 comprend une valve d'injection 11.

De préférence, comme représenté sur les figures 1 à 5, la valve d'injection 11 est d'une structure similaire à la valve d'éjection 6 c'est à dire qu'elle est constituée de deux pièces rotatives, dites pièces rotatives d'injection 12, ces pièces rotatives d'injection 12 étant, elles-mêmes, d'une structure similaire aux pièces rotatives d'éjection 7. En effet, elles comprennent des parois courbes et des parois intermédiaires reliant les parois courbes.

Selon un mode préférentiel de l'invention et comme représenté sur les figures 1 à 5, ces pièces rotatives d'injection 12 sont symétriques par rapport à l'axe de la chambre de combustion 3 et comprennent deux parois courbes et deux parois intermédiaires convexes et présentant un rayon de courbure supérieur à celui des parois courbes.

Toutefois même si les pièces rotatives d'injection 12 et d'éjection 7 présentent des structures similaires, elles peuvent présenter des dimensions et/ou un mouvement de rotation différents.

Comme représentés sur les figures 1 à 5, les pièces rotatives d'éjection 7 et d'injection 12 sont de préférence situées dans des chambres 17.

Une ouverture 18 est ménagée au niveau des chambres 17 des pièces rotatives d'éjection 7. Cette ouverture 18 relie l'extérieur à l'intérieur de la chambre 17.

La figure 2 représente le réacteur 1 lors de l'étape de remplissage. Lors de cette étape la chambre de combustion 3 est alimentée en gaz comprimé.

Pour ce faire, la valve d'injection 11 est en position ouverte.

Comme représenté sur la figure 2, les pièces rotatives d'injection 12 sont alors dans une position angulaire, dite position ouverte, dans laquelle une paroi intermédiaire 14 d'une pièce rotative d'injection est située en regard d'une paroi intermédiaire 14 d'une paroi de l'autre pièce rotative d'injection afin de définir un espace au travers duquel les gaz comprimés alimentent la chambre de combustion 3, lors d'au moins une étape de remplissage.

La valve d'éjection 6 est également en position ouverte.

Comme représenté sur la figure 2, les pièces rotatives d'éjection 7 sont alors dans une position angulaire dans laquelle une des parois intermédiaires 9 d'une pièce rotative d'éjection 7 est située en regard d'une paroi intermédiaire d'une paroi de l'autre pièce rotative d'éjection 7 afin de définir un espace 10 ouvert entre les deux parois au travers duquel les gaz sont éjectés de la chambre de combustion 3.

La chambre de combustion 3 se remplit ainsi de gaz frais 21 comprimés, en l'occurrence de l'air comprimé, chassant les gaz restant dans la chambre de combustion 3.

Les pièces rotatives d'éjection 7 sont en rotation autour de leur axe central. Ce mouvement s'effectue de préférence dans le sens de l'éjection des gaz de la chambre de combustion 3 afin de diminuer les phénomènes de turbulences.

Les pièces rotatives d'éjection 7 qui étaient dans une position ouverte dans laquelle deux de leurs parois intermédiaires 9 étaient en regard l'une de l'autre lors de l'étape de remplissage, comme cela était illustré sur la figure 2, vont subir un mouvement de rotation.

Ce mouvement de rotation est coordonné et continu de sorte qu'une paroi courbe 8 d'une pièce rotative d'éjection 7 vienne en contact avec une paroi courbe 8 de l'autre pièce.

Ainsi, les parois courbes 8 s'opposent de par leur contact à l'éjection de gaz de la chambre de combustion 3. Les pièces rotatives d'éjection 7 sont alors dans une position fermée, comme représenté sur les figures 3 et 4.

De préférence, il existe un jeu minimum entre les deux parois courbes 8 pour éviter les risques de choc et d'usure au niveau de ces parois.

Toutefois, le jeu est défini pour s'opposer à un écoulement significatif des gaz par la sortie 5 des gaz brûlés notamment de par le phénomène de blocage aérodynamique.

5 Au moment de la fermeture des valves d'éjection, par inertie, la pression des gaz brûlés dans l'espace 10 devient inférieure à la pression atmosphérique extérieure créant ainsi une poussée négative. Pour remédier à ce phénomène l'ouverture 18 relie l'extérieur et la sortie des gaz brûlés lors du début de la phase de combustion représenté sur la figure 8. Grâce à cette ouverture 18, la pression d'équilibre est rétablie.

10 Tout comme les pièces rotatives d'éjection 7, les pièces rotatives d'injection 12 qui étaient dans une position ouverte dans laquelle deux de leurs parois intermédiaires étaient en regard l'une de l'autre lors de l'étape de remplissage, comme cela était illustré sur la figure 2, vont également subir un mouvement de rotation.

15 Ce mouvement s'effectue de préférence dans le sens de l'injection des gaz de la chambre de combustion 3 afin de diminuer les phénomènes de turbulences.

Ce mouvement de rotation est coordonné et continu de sorte qu'une paroi courbe d'une pièce rotative d'injection 12 vienne en contact avec une paroi courbe de l'autre pièce.

20 Ainsi les parois courbes s'opposent de par leur contact à l'écoulement des gaz entre l'arrivée 4 des gaz comprimés et la chambre de combustion 3. Les pièces rotatives d'injection 12 sont alors dans une position fermée, comme représenté sur les figures 3 et 4.

25 Tout comme pour les pièces rotatives d'éjection 7, il existe un léger jeu entre les deux parois courbes pour éviter les risques de choc et d'usure au niveau de ces parois.

30 Les valves d'injection et d'éjection sont ainsi en position fermée. Elles s'opposent respectivement à l'écoulement des gaz entre l'arrivée 4 de gaz comprimés et la chambre de combustion 3 et à l'éjection des gaz de la chambre de combustion 3, maintenant ainsi la chambre de combustion 3 à volume constant. L'étape de combustion est alors réalisée. Cette étape est illustrée sur les figures 3 et 4.

Comme illustré sur la figure 9, la combustion à volume constant selon le cycle de Humphrey présente un rendement énergétique bien meilleur que la combustion à pression constante selon le cycle de Joule-Brayton.

Pour effectuer cette combustion, la chambre de combustion 3 est alimentée en carburant par le biais d'une alimentation en carburant 15. Le mélange gaz comprimé-carburant est enflammé par des moyens d'allumage 16.

Comme illustré sur la figure 3, on peut positionner deux moyens d'allumage 16 à des positions extrêmes de la chambre de combustion 3, actionner un premier moyen d'allumage 16 à un temps donné puis actionner le moyen d'allumage 16 situé à l'autre extrémité en temps différé.

Les gaz brûlés 22 issus de la première combustion se dilatant vont comprimer les gaz non brûlés, dits gaz frais, et augmenter leur pression au delà de la pression d'injection initiale. Une fois une certaine pression de gaz frais atteinte, un deuxième allumage est déclenché. La pression finale des gaz brûlés sera ainsi supérieure à celle atteinte par des gaz brûlés issus de gaz frais comprimés qui n'auraient subi qu'un unique allumage.

Lors de l'étape de combustion, les pièces rotatives d'éjection 7 et d'injection 12 poursuivent leur rotation continue. En fait, les parois courbes 8 des pièces rotatives « roulent » l'une sur l'autre de manière fluide et sans choc.

Du fait de ce mouvement de rotation, les pièces rotatives d'éjection 7 viennent en position ouverte, comme représenté sur la figure 5. Les gaz brûlés lors de la combustion sont alors éjectés de la chambre de combustion 3 en produisant une force propulsive dont l'intensité est le produit du débit massique des gaz brûlés éjectés par leur vitesse d'éjection. Il s'agit alors de l'étape de détente. Cette étape est illustrée sur la figure 5.

Les parois intermédiaires 9 étant de forme convexe, lorsque les pièces rotatives d'éjection 7 sont en position ouverte, l'espace 10 par lequel les gaz sont éjectés de la chambre de combustion est d'une forme semblable à celle du divergent d'une tuyère.

Comme représenté sur la figure 5, la valve d'injection 11 reste en position fermée lors de l'étape de détente.

Elle ne vient en position ouverte qu'à la fin de cette étape.

On se retrouve alors dans la configuration de l'étape de remplissage. Les gaz comprimés chassent les gaz brûlés restant de la chambre de combustion 3. Un nouveau cycle de remplissage, combustion, détente peut être réalisé.

Plusieurs cycles de remplissage-combustion-détente successifs peuvent ainsi être enchaînés.

Il est également possible de réaliser plusieurs cycles successifs de remplissage-combustion-détente, également appelés cycle de combustion-détente, pendant lesquels les valves d'éjection et d'injection restent en position ouvertes fixes. On se retrouve alors dans la configuration d'une turbomachine classique fonctionnant en continu et avec une combustion à pression constante.

Puis de réaliser des cycles de combustion-détente durant lesquels les valves d'injection et d'éjection sont en rotation comme illustré sur les figures 2 à 5 et comme décrit précédemment et enfin de repasser dans une configuration dans laquelle les valves d'éjection et d'injection restent en position ouvertes fixes pendant plusieurs cycles de combustion-détente. On est alors dans une configuration avec une combustion à volume constant et fonctionnant de manière pulsée.

Ce type de fonctionnement alternant fonctionnement en continu (combustion à pression constante) et pulsé (combustion à volume constant) est particulièrement intéressant dans le cas d'un réacteur 1 d'avion. En effet, durant certaines phases de vol, un mode de fonctionnement en continu est parfois préférable. Il s'agit en particulier des phases de décollage et d'atterrissage. Alors, qu'un mode de fonctionnement avec une combustion à volume constant peut être préférable lors de la phase de croisière.

Tel que cela ressort de l'examen de la figure 9, il apparaît d'un grand intérêt de développer une turbomachine qui réalise le cycle thermodynamique dit de Humphrey qui autorise de fait, pour un même taux de compression P_2/P_a des gaz frais, des rendements η très supérieurs au cycle de Brayton (turbomachine classique), et plus encore, au cycle de Beau de Rochas (moteur à combustion interne/automobile). La consommation en carburant s'en trouve fortement réduite.

L'invention a été décrite ci-dessus en référence à une forme de réalisation donnée à titre de pur exemple. Il va de soi qu'elle n'est pas limitée à cette forme de réalisation mais qu'elle s'étend à toutes les formes de réalisations couvertes par les revendications ci-annexées.

REVENDEICATIONS

- 1/ Réacteur (1), notamment un réacteur d'aéronef, comprenant au moins une enceinte (3), dite chambre de combustion, adaptée pour y réaliser une combustion
5 lors d'au moins une étape, dite de combustion, et étant reliée à :
- * au moins une arrivée de gaz (4), dite arrivée de gaz comprimés, permettant d'alimenter la chambre de combustion (3) en gaz comprimés lors d'au moins une étape, dite de remplissage, et à
 - * au moins une sortie (5), dite sortie des gaz brûlés,
10 par laquelle les gaz sont éjectés de la chambre de combustion lors d'au moins une étape, dite de détente,
 - ladite ou lesdites sortie (5) des gaz brûlés comprenant une valve (6), dite valve d'éjection, caractérisé en ce que :
- 15 - la valve d'éjection (6) comprend deux pièces rotatives (7), dites pièces rotatives d'éjection, les pièces rotatives d'éjection (7) comprenant des parois courbes (8) et des parois intermédiaires (9) reliant les parois courbes (8) et étant en rotation coordonnée et continue de façon à être :
- * dans une position angulaire, dite position
20 fermée, dans laquelle une paroi courbe (8) d'une pièce rotative d'éjection (7) est sensiblement en contact avec une paroi courbe (8) de l'autre pièce, afin de s'opposer à une éjection significative de gaz de la chambre de combustion (3), lors d'au moins une étape de combustion, et
 - * dans une position angulaire, dite position
25 ouverte, dans laquelle une des parois intermédiaires (9) d'une pièce rotative d'éjection (7) est située en regard d'une paroi de l'autre pièce rotative d'éjection (7) afin de définir un espace (10) ouvert entre les deux parois au travers duquel les gaz sont éjectés de la chambre de combustion (3) lors d'au moins une étape de détente.
- 30 2/ Réacteur selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'en position ouverte, une des parois intermédiaires (9) d'une pièce rotative d'éjection (7) est située en regard d'une des parois intermédiaires (9) de l'autre pièce rotative d'éjection (7).

- 3/ Réacteur selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que les pièces rotatives d'éjection (7) sont en rotation directe par rapport au sens de l'éjection des gaz de la chambre de combustion (3).
- 4/ Réacteur selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que les
5 pièces rotatives sont symétriques par rapport à l'axe de la chambre de combustion (3).
- 5/ Réacteur selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que les parois courbes (8) d'une pièce rotative ont le même rayon de courbure que les parois courbes de l'autre pièce rotative.
- 10 6/ Réacteur selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que les parois intermédiaires (9) des pièces rotatives sont convexes.
- 7/ Réacteur selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que l'arrivée de gaz comprimés (4) comprend une valve (11), dite valve d'injection, adaptée pour s'opposer à l'écoulement des gaz entre l'arrivée (4) de gaz
15 comprimés et la chambre de combustion (3) lors d'au moins une étape de combustion.
- 8/ Réacteur selon la revendication 7 caractérisé en ce que la valve d'injection (11) comprend deux pièces rotatives, dites pièces rotatives d'injection,
- de structure semblable aux pièces rotatives d'éjection (7), et
 - 20 - étant en rotation coordonnée de façon à être :
 - * dans une position angulaire, dite position fermée, dans laquelle une paroi courbe (13) d'une pièce rotative d'injection (12) est sensiblement en contact avec une paroi courbe (13) de l'autre pièce, afin de s'opposer à un écoulement significatif des gaz entre l'arrivée de gaz comprimés et la chambre de combustion
25 (3), lors d'au moins une étape de combustion, et
 - * dans une position angulaire, dite position ouverte, dans laquelle une paroi intermédiaire (14) d'une pièce rotative d'injection est située en regard d'une paroi intermédiaire (14) de l'autre pièce rotative d'injection afin de définir un espace au travers duquel les gaz comprimés alimentent la chambre de combustion (3), lors
30 d'au moins une étape de remplissage.
- 9/ Réacteur selon la revendication 8 caractérisé en ce que les pièces rotatives d'injection et d'éjection sont adaptées pour être :
- en position ouverte fixe pendant plusieurs étapes de combustion-détente successives puis

- en rotation coordonnée et continue de façon à alterner plusieurs cycles successifs de combustion-détente durant lesquels elles sont en position fermée en phase de combustion puis en position ouverte en phase de détente.

10/ Réacteur selon la revendication 8 ou 9 caractérisé en ce que les pièces
5 rotatives d'injection et d'éjection sont adaptées pour être :

- en rotation coordonnée et continue de façon à alterner plusieurs cycles successifs de combustion-détente durant lesquels elles sont en position fermée en phase de combustion puis en position ouverte en phase de détente puis

- en position ouverte fixe pendant plusieurs étapes de combustion - détente
10 successives.

11/ Réacteur selon l'une des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que chaque chambre de combustion (3) comprend :

- au moins une alimentation en carburant (15) et

- au moins un moyen d'allumage (16) adapté pour enflammer un mélange de
15 carburant et de gaz comprimés.

12/ Réacteur selon la revendication 11 caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs moyens d'allumage (16) situés chacun à des distances différentes de l'arrivée de gaz comprimés (4) et en ce que lesdits moyens d'allumage (16) sont actionnés de manière différée.

20 13/ Réacteur selon l'une des revendications 1 à 12 caractérisé en ce que les pièces rotatives d'éjection (7) sont situées dans des chambres, chaque chambre (17) présentant au moins une ouverture (18) permettant la circulation de gaz entre l'extérieur de ladite chambre (17) et la sortie de gaz brûlés lorsque les pièces rotatives d'éjection (7) sont en position fermée.

25 14/ Réacteur selon l'une des revendications 1 à 13 caractérisé en ce que les pièces rotatives d'éjection (7) comprennent un passage les traversant de part en part et adapté pour permettre une circulation de fluide au travers desdites pièces.

15/ Réacteur selon la revendication 14 caractérisé en ce que le fluide circulant au travers des pièces rotatives d'éjection (7) est du gaz comprimé qui provient de
30 l'arrivée (4) de gaz comprimés.

16/ Réacteur selon l'une des revendications 1 à 15 caractérisé en ce qu'une partie de l'énergie thermique émise par les gaz issus de la sortie (5) des gaz brûlés est utilisée pour réchauffer les gaz comprimés en amont de la chambre de combustion (3).

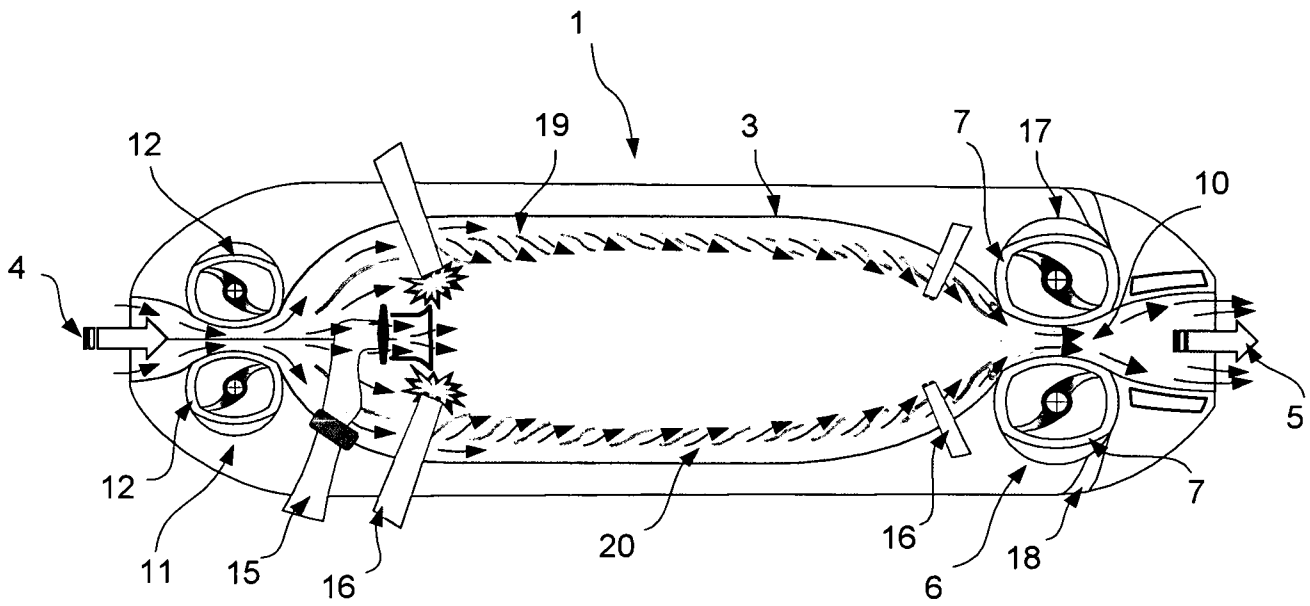


FIG. 1

2/4

21

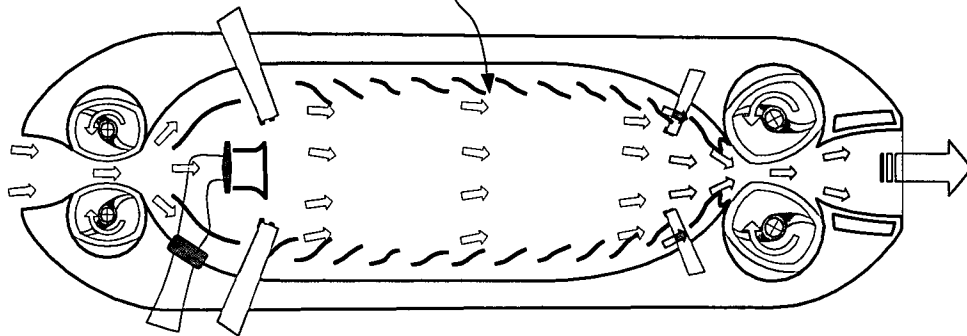


FIG. 2

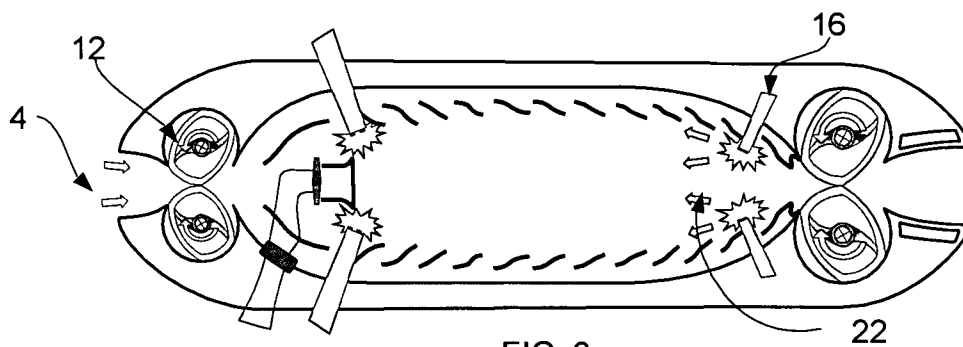


FIG. 3

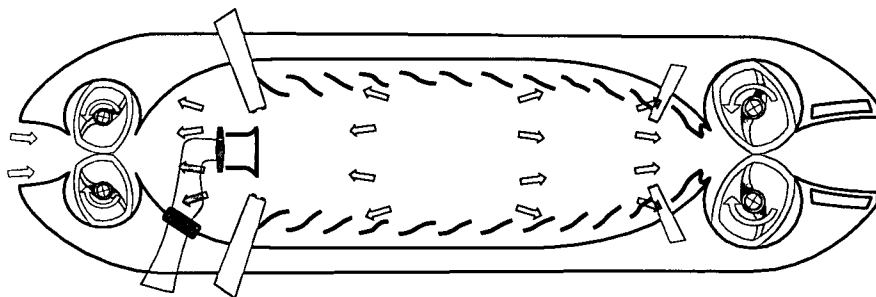


FIG. 4

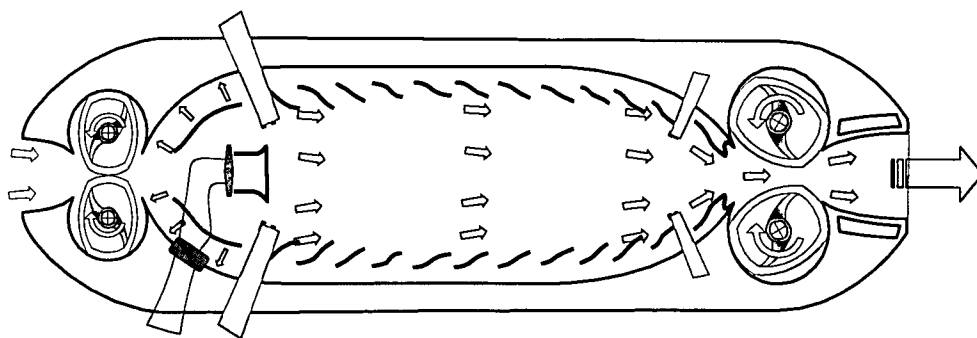


FIG. 5

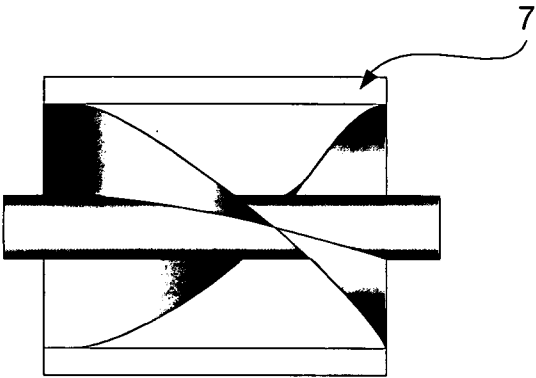


FIG. 6

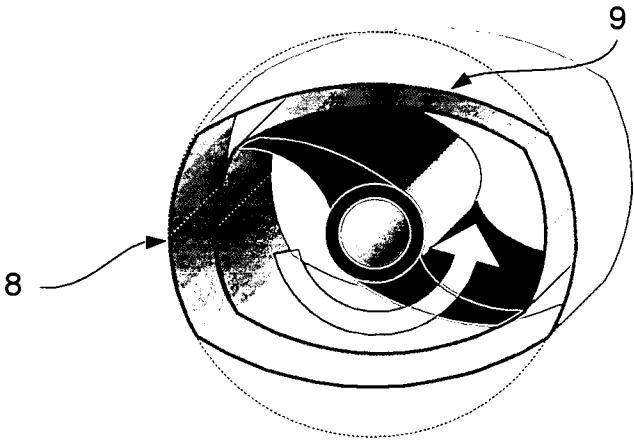


FIG. 7

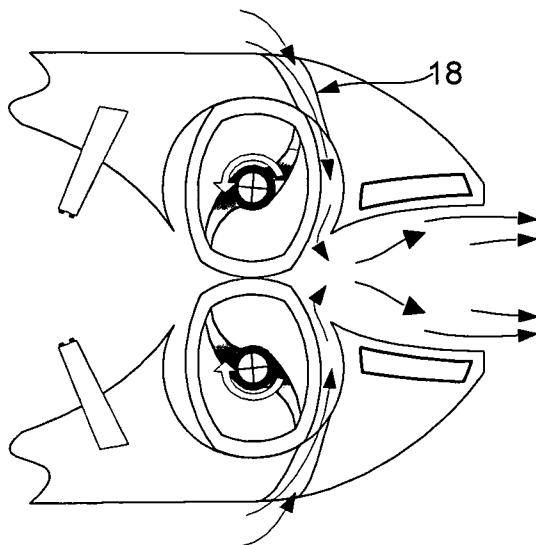


FIG. 8

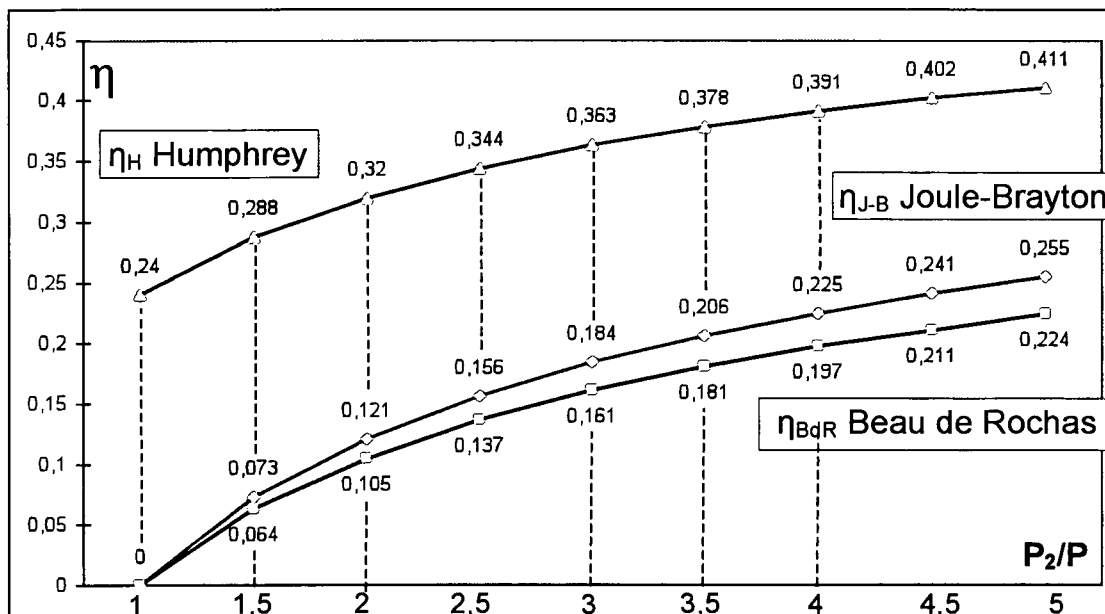


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/000195

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F01D17/14 F02C5/12 F02K9/40 F02K7/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01D F02C F02K F23R F01C F16K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched.

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 89/12741 A1 (MOOG INC [US]) 28 December 1989 (1989-12-28) figures 11,12,14 line 12 - page 1, line 14	1-16
A	DE 548 631 C (E H HANS HOLZWARTH DR ING) 15 April 1932 (1932-04-15) figure 4	1-16
A	DE 947 655 C (SCHMIDT PAUL) 23 August 1956 (1956-08-23) figures 4,7	1-16
A	FR 2 562 199 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 4 October 1985 (1985-10-04) figure 4	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 April 2010

Date of mailing of the international search report

26/04/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rapenne, Lionel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/000195

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 8912741	A1	28-12-1989	DE 68915000 D1	01-06-1994
			DE 68915000 T2	03-11-1994
			EP 0442899 A1	28-08-1991
			JP 4501159 T	27-02-1992
			US 5110047 A	05-05-1992
DE 548631	C	15-04-1932	NONE	
DE 947655	C	23-08-1956	NONE	
FR 2562199	A1	04-10-1985	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/000195

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. F01D17/14 F02C5/12 F02K9/40 F02K7/02
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

F01D F02C F02K F23R F01C F16K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 89/12741 A1 (MOOG INC [US]) 28 décembre 1989 (1989-12-28) figures 11,12,14 ligne 12 - page 1, ligne 14 -----	1-16
A	DE 548 631 C (E H HANS HOLZWARTH DR ING) 15 avril 1932 (1932-04-15) figure 4 -----	1-16
A	DE 947 655 C (SCHMIDT PAUL) 23 août 1956 (1956-08-23) figures 4,7 -----	1-16
A	FR 2 562 199 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 4 octobre 1985 (1985-10-04) figure 4 -----	1-16



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

8 document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 avril 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/04/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Rapenne, Lionel

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2010/000195

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 8912741	A1	28-12-1989	DE 68915000 D1	01-06-1994
			DE 68915000 T2	03-11-1994
			EP 0442899 A1	28-08-1991
			JP 4501159 T	27-02-1992
			US 5110047 A	05-05-1992
DE 548631	C	15-04-1932	AUCUN	
DE 947655	C	23-08-1956	AUCUN	
FR 2562199	A1	04-10-1985	AUCUN	