

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2023/214129 A1

(43) Date de la publication internationale
09 novembre 2023 (09.11.2023)

(51) Classification internationale des brevets :
F23R 3/28 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2023/000071

(22) Date de dépôt international :
02 mai 2023 (02.05.2023)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2204146 02 mai 2022 (02.05.2022) FR

(71) Déposant : SAFRAN [FR/FR] ; 2, boulevard du Général
Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : ZURBACH, Stéphan ; Safran c/o Centre
d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-Point René
Ravaud Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). LE
DORTZ, Romain ; Safran c/o Centre d'Excellence Pro-
priété Intellectuelle, Rond-Point René Ravaud Réau, 77550
MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : ERNEST GUTMANN - YVES PLASSE-
RAUD SAS - SCHMIT CHRISTIAN, JOLLY CHRIS-
TOPHE, DERAMBURE CHRISTIAN, DESAIX
ANNE, LE QUÉRÉ HERVÉ, PERNOT PIERRE, POU-
CHAIN DELPHINE, ROBERT MATHIAS, SELLIN
CAROLE ; 66, rue de la Chaussée d'Antin, 75009 PARIS
(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,

(54) Title: METHOD FOR INJECTING A HYDROGEN-AIR MIXTURE FOR A TURBINE ENGINE BURNER

(54) Titre : PROCEDE D'INJECTION DE MELANGE HYDROGENE-AIR POUR BRULEUR DE TURBOMACHINE

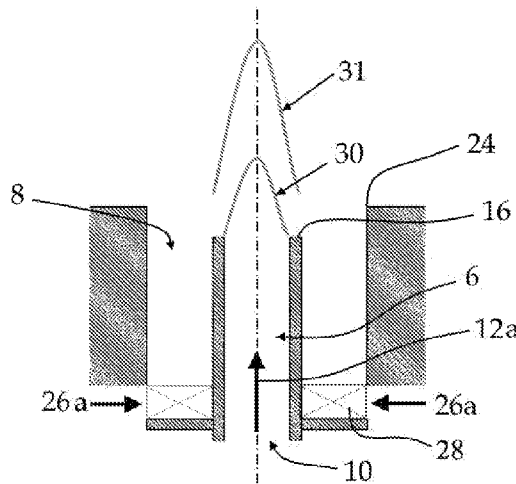


FIG. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to an injection method for an injection device in a combustion chamber of an aircraft turbine engine, the injection device comprising an internal channel (6) surrounded by an external annular channel (8), the channels opening into the combustion chamber (4, 4') of the gas turbine, the method being characterised in that it comprises injecting a dihydrogen-air mixture (12a) with a hydrogen content greater than the stoichiometric amount into the internal channel (6) and injecting air into the external annular channel (8) so as to produce, at the outlet of the internal channel (6), a first flame front (30) resulting from rich combustion surrounded by a second flame front (31) resulting from lean combustion.

(57) **Abstrégé :** Procédé d'injection, pour un dispositif d'injection dans une chambre de combustion d'une turbomachine d'aéronef, ledit dispositif d'injection comportant un canal interne (6) entouré par un canal annulaire externe (8), lesdits canaux débouchant dans ladite chambre de combustion (4, 4') de ladite turbine à gaz, caractérisé en ce qu'il comporte une injection d'un mélange dihydrogène-air



WO 2023/214129 A1

CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Publiée:

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

(12a) de richesse en hydrogène supérieure au dosage stoechiométrique dans ledit canal interne (6) et une injection d'air dans ledit canal annulaire externe (8) en sorte de réaliser, au niveau de la sortie dudit canal interne (6), un premier front de flamme (30) issu d'une combustion riche entouré par un second front de flamme (31) issu d'une combustion pauvre.

Description

Titre : PROCEDE D'INJECTION DE MELANGE HYDROGENE-AIR POUR BRULEUR DE TURBOMACHINE

5 **Domaine technique**

[0001] La présente divulgation relève du domaine des procédés d'alimentation des dispositifs d'injection de turbines à gaz telles que des turbomachines d'aéronefs alimentées par du dihydrogène et de l'air. Cela inclut notamment les applications aéronautiques civiles et militaires : hélicoptères, VTOL, drones, APU, 10 turbogénérateurs, les appareils à voilure fixe pour l'aviation de loisir, d'affaire ou commerciale, turboréacteurs ou turbopropulseurs.

Technique antérieure

[0002] Les secteurs de la propulsion et notamment le secteur aéronautique font face à de grands enjeux environnementaux. L'intérêt d'avoir recours à une 15 combustion utilisant du dihydrogène plutôt qu'à l'emploi de kérosène est de plus en plus fort car cette combustion de dihydrogène permettrait d'éviter les émissions polluantes carbonées telles que du dioxyde de carbone, du monoxyde de carbone, des hydrocarbures imbrûlés ou encore des particules fines et fumées.

[0003] Un principe de brûleurs à micro-mélange d'air et de dihydrogène est connu. 20 Les brûleurs réalisés selon ce principe ne garantissent pas l'absence de retour de flamme dans le dispositif d'injection de dihydrogène et possèdent une géométrie complexe. De tels brûleurs présentent un coût de réalisation élevé, une perte de charge élevée et sont spécifiques à une architecture de chambre de combustion donnée.

25 [0004] Au niveau de l'injection et de la combustion, deux principales configurations technologiques pour les systèmes d'injection hydrogène-air appliqués aux turbines à gaz existent, à savoir les systèmes d'injection pauvre, et les systèmes d'injection riche.

[0005] D'une manière plus générale, il est important d'avoir en tête que les procédés d'alimentation à combustion pauvre ont tendance à générer des instabilités thermo acoustiques importantes pouvant endommager ces systèmes alors qu'une combustion stable est nécessaire pour ne pas altérer les performances du moteur. Les procédés d'alimentation à combustion riche, quant à eux, ont
5 tendance à émettre des polluants de manière plus importantes que les procédés à combustion pauvre s'ils ne sont pas dimensionnés correctement.

Problème technique

[0006] L'utilisation de l'hydrogène implique plusieurs problématiques à prendre en
10 considération au niveau de la chambre de combustion :

[0007] A conditions thermodynamiques équivalentes en pression, température, richesse, la température adiabatique de la flamme d'une combustion hydrogène-air est plus élevée que la flamme issue d'une combustion kérosène-air.

[0008] De même, les vitesses de flammes issues d'une combustion hydrogène-air
15 sont plus importantes que pour les flammes kérosène-air. Une vitesse de flamme importante peut entraîner des problématiques de retours de flamme dits flashback en anglais dans les systèmes d'injection, notamment au niveau des couches limites, et causer de sérieux dommages à ces systèmes, ou encore causer des problèmes de sécurité.

[0009] Les limites d'inflammabilité de l'hydrogène sont toutefois plus étendues que
20 celles du kérosène et permettent d'enflammer un mélange hydrogène-air à des richesses plus faibles ou plus élevées que pour le kérosène, ce qui peut permettre d'atteindre finalement des températures de flamme plus faibles qu'avec l'utilisation du kérosène.

[0010] Enfin, la combustion de l'hydrogène avec l'air a tendance à émettre
25 beaucoup plus de bruit qu'une combustion au kérosène classique et peut donc générer une pollution sonore importante au niveau des aéroports.

Exposé de l'invention

[0011] Le présent document propose un procédé d'injection riche pré-mélangé dédié à la combustion de dihydrogène et d'air permettant de répondre aux problèmes techniques présentés précédemment.

[0012] Plus précisément, la présente divulgation propose un procédé d'injection, pour un dispositif d'injection dans une chambre de combustion d'une turbomachine d'aéronef, ledit dispositif d'injection comportant un canal interne entouré par un canal annulaire externe, lesdits canaux débouchant dans ladite chambre de combustion de ladite turbine à gaz, le procédé comportant une injection d'un mélange dihydrogène-air de richesse en hydrogène supérieure au dosage stœchiométrique dans ledit canal interne et une injection d'air dans ledit canal annulaire externe en sorte de réaliser, au niveau de la sortie dudit canal interne, un premier front de flamme issu d'une combustion riche entouré par un second front de flamme issu d'une combustion pauvre, après allumage du mélange.

[0013] Le procédé pour lequel l'injection se fait en continu après allumage afin de faire fonctionner la turbine permet de réduire la température des fronts de flamme ce qui réduit la teneur en NO_x des gaz brûlés et réduit l'usure de l'injecteur.

[0014] Les caractéristiques exposées dans les paragraphes suivants correspondent à des modes de réalisation pouvant être mises en œuvre indépendamment les uns des autres ou en combinaison les uns avec les autres le cas échéant:

[0015] Le mélange dihydrogène-air peut être d'une richesse en hydrogène supérieure à 2.

[0016] Avantagement, ledit mélange dihydrogène-air peut être d'une richesse en hydrogène supérieure ou égale à 4.

[0017] Un débit d'air dans le canal annulaire externe peut être choisi tel que la richesse globale en sortie de l'ensemble canal interne et canal annulaire externe est fixée entre 0,15 et 0,5 en fonction des points de fonctionnement de la turbomachine.

[0018] L'injection du mélange dihydrogène/air et le dispositif d'injection peuvent être configurés pour créer au niveau de la sortie du canal interne ledit premier front

de flamme, issu de la combustion riche dudit mélange et l'accrocher sur une lèvre périphérique du canal interne.

[0019] La richesse en hydrogène du mélange peut être choisie pour que ladite combustion riche s'effectue avec une température de front de flamme inférieure à 5 1800 K ce qui préserve la chambre de combustion.

[0020] La richesse en hydrogène du mélange peut être choisie pour que le premier front de flamme soit laminaire et comporte un nombre de Lewis supérieur à 1 limitant les instabilités thermo-diffusives et évitant ainsi les phénomènes de flashback.

[0021] Le mélange brûlé dans le premier front de flamme génère des gaz résiduels 10 qui sont avantageusement brûlés dans le second front de flamme stabilisé par l'apport d'air du canal annulaire externe.

[0022] La richesse du second front de flamme est telle que le second front de flamme peut être maintenu à une température inférieure à 1800K.

[0023] L'air injecté par le canal annulaire peut être mis en rotation par une vrille 15 annulaire en sorte de rendre le second front de flamme turbulent et de sorte que ce second front de flamme ne soit pas attaché à la lèvre du canal interne.

[0024] Avantageusement, positionner l'extrémité aval du canal interne en amont de l'extrémité aval du canal annulaire externe permet d'optimiser le mélange entre les gaz issus de la première combustion et l'air injecté par le canal externe.

20 **Brève description des dessins**

[0025] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

[0026] [Fig. 1] montre une turbomachine comprenant un dispositif d'injection 25 agencé dans un fond annulaire d'une chambre annulaire de combustion selon trois configurations;

[0027] [Fig. 2] montre un premier exemple schématique en vue de côté coupe d'un dispositif d'injection auquel s'applique le procédé de la présente divulgation;

[0028] [Fig. 3] montre une vue schématique du dispositif de la figure 2 en situation de combustion;

[0029] [Fig. 4] montre une pluralité de configurations possibles (figures. A, B, C, D, E) de canal interne d'un dispositif auquel s'applique le procédé de la présente divulgation;

[0030] [Fig. 5] montre une pluralité d'exemples de configurations de sorties de canal annulaire (figures A, B, C) pour un dispositif auquel s'applique le procédé de la présente divulgation.

Description des modes de réalisation

10 **[0031]** Les dessins et la description ci-après contiennent des éléments pouvant non seulement servir à mieux faire comprendre l'invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

[0032] Il est maintenant fait référence à la figure 1 qui représente trois exemples de configurations d'implantation d'un dispositif d'injection 2 sur une turbomachine 1 en fonction de l'orientation du fond annulaire d'une chambre annulaire de combustion 4, 4', 4'' de la turbomachine: soit la chambre de combustion 4'' est orientée sensiblement selon un axe longitudinal X, soit la chambre de combustion 4 est orientée selon un angle aigu par rapport à cet axe longitudinal, soit la chambre de combustion 4' est transverse audit axe longitudinal X. Dans tous les cas, le dispositif d'injection 2 est implanté entre un compresseur 101 et une turbine haute pression 102, 103, 104, sur un fond annulaire de la chambre annulaire de combustion 4, 4', 4'' ou sur une virole externe.

[0033] Le dispositif d'injection peut être, comme illustré en figure 2, un dispositif d'injection qui comprend un canal interne 6 et un canal annulaire externe 8. Le canal externe 8 est centré sur le canal interne 6 et dans le cas de canaux tubulaires, le canal interne 6 et le canal annulaire externe 8 sont coaxiaux. Ces canaux débouchent dans la chambre de combustion 4, 4', 4'' du dispositif de la figure 1. Les canaux interne et externe sont de section transversale circulaire. Un dispositif d'allumage non représenté permet l'inflammation des gaz en sortie des canaux pour initier la combustion.

[0034] Ce dispositif d'injection 2 est employé dans la présente divulgation dans une configuration pour laquelle un mélange riche dihydrogène-air est injecté dans le canal interne 6 tandis que de l'air est injecté dans le canal externe 8. De ce fait, la combustion comporte une première combustion riche en dihydrogène en sortie du canal interne ou central 6. et une seconde combustion dite pauvre qui est réalisée
5 autour d'une flamme créée par la première combustion.

[0035] Pour l'injection dans le canal interne 6 et la combustion en sortie de ce canal, on dit que l'injection et la combustion sont riches, quand il y a du dihydrogène en excès par rapport à une combustion se déroulant à la stœchiométrie entre du
10 dihydrogène et du dioxygène de l'air et que l'injection et la combustion sont pauvres quand on a du dioxygène en excès par rapport à cette combustion à la stœchiométrie. La combustion à la stœchiométrie est elle-même définie comme une combustion pour laquelle on a le bon nombre d'atomes d'hydrogène et d'oxygène nécessaires pour consommer tout le combustible et qu'il ne reste plus que de l'eau
15 et du diazote dans les produits de combustion.

[0036] Selon la figure 3, la présente invention prévoit ainsi un procédé d'injection qui comporte une injection d'un mélange dihydrogène-air 12a de richesse en hydrogène supérieure au dosage stœchiométrique dans le canal interne 6 du dispositif d'injection et une injection d'air 26a dans le canal annulaire externe 8 en
20 sorte de réaliser, au niveau de la sortie dudit canal interne 6, un premier front de flamme 30 issu d'une combustion riche entouré par un second front de flamme 31 issu d'une combustion pauvre.

[0037] Le canal interne 6 forme alors un tube d'injection de mélange riche dihydrogène-air 12a et le canal annulaire externe 8 forme un tube d'injection d'air
25 26a.

[0038] Le mélange riche 12a d'air et de dihydrogène est injecté depuis une entrée 10 située à une extrémité amont du canal interne 6.

[0039] Le canal interne 6 comporte un diamètre interne d. Le choix du diamètre interne d du canal dépend d'une puissance thermique souhaitée.

[0040] De retour à la figure 2, une extrémité aval 16 du canal interne 6 est agencée en amont par rapport à une extrémité aval 24 du canal annulaire externe 8. L'extrémité aval 24 du canal annulaire externe 8 est agencée à une distance r de l'extrémité aval 16 du canal interne 6 vers l'aval. Ce canal annulaire externe 8
5 comporte un diamètre interne D .

[0041] Le canal annulaire externe 8 est configuré pour recevoir un second gaz qui est de l'air 26a. Ce gaz pénètre dans le canal annulaire externe par une entrée 26a agencée à l'extrémité amont dudit canal annulaire externe.

[0042] Une vrille annulaire 28 est logée à ladite extrémité amont du canal annulaire
10 externe 8. Cette vrille peut être radiale ou axiale. Cette vrille annulaire 28 est agencée à une distance L de l'extrémité aval 36 du canal annulaire externe 8. L'air 26a traversant le canal annulaire externe est mis en rotation par la vrille externe 28. Cela génère un ensemble tourbillonnaire qui va aider à décrocher le second front de flamme de la sortie du canal central.

[0043] Le prémélange dihydrogène-air 12a est injecté dans le canal interne 6, formé
15 par un tube réalisant un conduit central d'injection. Le prémélange est de richesse supérieure à deux c'est à dire supérieur à 2 masses d'hydrogène pour 1 masse d'air et peut être même de richesse supérieure à quatre au moins dans certaines configurations de fonctionnement.

[0044] L'air pur 26a injecté dans le canal annulaire 8 autour du canal interne 6 est
20 injecté en quantité calculée de manière à cibler une richesse globale d'injection comprise entre 0,15 et 0,5 ce qui revient à une combustion globalement pauvre. L'air pur 26a est mis en rotation dans le canal annulaire 8 par la vrille externe 28 axiale ou radiale située en amont du plan de sortie 16a de l'extrémité aval 16 du
25 conduit central d'injection de mélange riche dihydrogène-air.

[0045] La lèvre 16 du canal interne 6 est ici en retrait par rapport au plan de sortie 24a du canal annulaire 8.

[0046] Le fonctionnement du dispositif d'injection est décrit ci-après, en s'appuyant sur la Figure 3:

[0047] L'injection du prémélange riche dihydrogène-air 12a dans le canal interne 6 permet, après allumage, de créer au niveau de la sortie du canal interne 6 un premier front de flamme 30 issu de la combustion riche dudit mélange. Ce front de flamme vient s'accrocher sur la lèvre 16 du canal interne 6. Cette combustion riche, par exemple d'une richesse supérieure à 2, s'effectue avec une température de front de flamme inférieure à 1800 K afin de ne pas générer d'oxydes d'azote. Ce front de flamme 30 est laminaire et n'est pas soumis aux instabilités thermo-diffusives du fait d'un nombre de Lewis supérieur à 1.

[0048] L'injection d'air 26a au niveau du canal annulaire externe 8 permet de diluer rapidement et de confiner les gaz brûlés issus de la combustion du prémélange riche. La présence d'une forte couche de cisaillement turbulente permet de réduire la richesse locale. Ce mélange est ensuite brûlé et génère un second front de flamme 31 de combustion pauvre. Ce front de flamme reste stabilisé grâce au quench tourbillonnaire causé par l'apport d'air et grâce à la forte réactivité du dihydrogène malgré les forts étirements imposés à la flamme. Ce second front de flamme issu d'une combustion pauvre est également à une température inférieure à 1800K, limitant la formation des oxydes d'azote. Le front de flamme 31 est turbulent et n'est pas attaché à la lèvre 16 du canal interne 6. La longueur de la flamme sera dépendante des conditions d'entrée des combustibles et oxydants et notamment du rapport des quantités de mouvement, du renforcement du canal interne par rapport au canal annulaire externe, de la présence de tourbillons dans la flamme.

[0049] La création de ces deux fronts de flamme, flamme riche 30 et flamme pauvre 31 permet de répartir la charge thermo-acoustique issue de la combustion sur une surface plus importante, et donc de réduire les nuisances sonores issues de la combustion. De même la stabilisation de deux fronts de flamme au niveau des lèvres du brûleur divise les charges thermo-acoustiques liés à la combustion et réduit le bruit généré.

[0050] Le procédé de combustion du présent document réalise ainsi une combustion étagée de l'hydrogène afin de contourner la zone de formation des oxydes d'azote au moyen de la combustion du prémélange dihydrogène-air riche

dans une première zone, la flamme 30 interne, et la combustion des gaz résiduels dans une seconde zone, la flamme 31 autour de la flamme 30.

[0051] Le risque de retour de flamme dit flashback en anglais est limité avec une combustion riche car le premier front de flamme ne comporte pas d'instabilités thermo-diffusives. La vitesse de la première flamme n'est ainsi pas accélérée par les instabilités.

[0052] L'intégrité du foyer est également assurée car en réalisant les combustions à des fortes et faibles richesses, les températures de flamme sont moins importantes qu'en réalisant une combustion dans des conditions stœchiométriques. Les potentiels fronts de flamme issus de zones stœchiométriques qui pourraient être présentes ne sont pas attachés aux lèvres de l'injecteur, ce qui limite l'endommagement de l'injecteur.

[0053] Un exemple de réalisation prévoit, pour un fonctionnement dans des conditions types d'une turbine à gaz d'un turbopropulseur, une richesse de zone riche de l'ordre de 4 pour le mélange dihydrogène-air injecté par le canal interne 6, soit une richesse bien au-dessus du dosage stœchiométriques de richesse 1, et un apport d'air au moyen du canal annulaire 8 en quantité telle que la richesse globale est fixée entre 0,15 et 0,50 en fonction des points de fonctionnement du turbopropulseur.

[0054] La figure 4 montre divers modes de réalisation possibles de la sortie du canal interne 6 d'injection du prémélange. La forme et l'épaisseur de la sortie 16 du canal interne, 16a, 16b, 16c peuvent être ajustées par rapport à la forme de base 16 du canal interne représentée en figure 4(A). En figure 4(B), l'extrémité 16a du canal interne est formée en biseau rentrant, en figure 4(C) l'extrémité 16b s'évase toujours en biseau. En figure 4(D) l'extrémité 16c du canal interne s'évase mais comporte une face terminale perpendiculaire à l'axe longitudinal du canal. Ces différentes configurations permettent de gérer l'accrochage du premier front de flamme 30 sur la lèvre 16 selon les configurations du système d'injection.

[0055] En figure 4(E) une vrille 17 est ajoutée dans le canal interne 6 de façon à homogénéiser le prémélange dihydrogène-air.

[0056] Pour ce qui concerne le canal externe 8, ce dernier peut déboucher d'une paroi 240 comme représenté en figure 5 et avoir différentes configurations de lèvre de sortie du canal :

[0057] Sortie droite 24 en figure 5(A), sortie inclinée conique évasée 24a en figure 5(B) ou sortie conique se refermant 24b comme en figure 5(C). Ces différentes configurations permettent de jouer sur la vitesse de sortie de l'air entourant la flamme riche sortant du canal interne 6.

[0058] La présente divulgation concerne ainsi un procédé d'injection de dihydrogène pré-mélangé avec de l'air pour turbine à gaz aéronautique basé sur une combustion étagée pour lequel:

- a. Une combustion du prémélange dihydrogène-air à richesse élevée a lieu dans une première région et génère un premier front de flamme accroché aux lèvres de l'injecteur ;
- b. Un mélange rapide des produits de combustion via l'injection d'air pour être brûlés dans une seconde région en générant un second front de flamme stable.

[0059] Ce procédé permet notamment :

- a. D'obtenir des flammes stabilisées aérodynamiquement sur une large plage de fonctionnement,
- b. De réaliser une combustion à très faible émission d'oxydes d'azote,
- c. D'éviter le risque de flashback du second front de flamme,
- d. De diminuer les nuisances sonores liées à la combustion de l'hydrogène,
- e. De garantir l'intégrité et durée de vie de l'injecteur.

[0060] Le procédé tel que défini dans les revendications n'est pas limité à la description ci-dessus et peut notamment s'appliquer à des systèmes d'injection disposés dans des parois arrière de chambres de combustion ou dépassant de telles parois.

Revendications

[Revendication 1] Procédé d'injection, pour un dispositif d'injection dans une chambre de combustion (4, 4') d'une turbomachine d'aéronef (1), ledit dispositif d'injection comportant un canal interne (6) entouré par un canal annulaire externe (8), lesdits canaux débouchant dans ladite chambre de combustion (4, 4') de ladite turbine à gaz, caractérisé en ce qu'il comporte une injection d'un mélange dihydrogène-air (12a) de richesse en hydrogène supérieure au dosage stœchiométrique dans ledit canal interne (6) et une injection d'air dans ledit canal annulaire externe (8), produisant, après allumage dudit mélange en sortie du canal interne, au niveau de la sortie dudit canal interne (6), un premier front de flamme (30) issu d'une combustion riche, externe audit canal interne s'accrochant à une lèvre au niveau de la sortie du canal interne, ledit premier front de flamme étant entouré par un second front de flamme (31) issu d'une combustion pauvre avec l'air sortant dudit canal externe.

[Revendication 2] Procédé d'injection selon la revendication 1 pour lequel ledit mélange dihydrogène-air (12a) est d'une richesse en hydrogène supérieure à 2.

[Revendication 3] Procédé d'injection selon la revendication 1 pour lequel ledit mélange dihydrogène-air (12a) est d'une richesse en hydrogène supérieure ou égale à 4.

[Revendication 4] Procédé d'injection selon la revendication 1, 2 ou 3 pour lequel un débit d'air dans le canal annulaire externe est choisi tel que la richesse globale en sortie de l'ensemble canal interne (6) et canal annulaire externe (8) est fixée entre 0,15 et 0,5 en fonction des points de fonctionnement de la turbomachine.

[Revendication 5] Procédé d'injection selon l'une quelconque des revendications précédentes pour lequel l'injection du mélange dihydrogène/air (12a) et le dispositif sont configurés pour créer au niveau de la sortie du canal interne (6) ledit premier front de flamme (30) issu d'une combustion riche dudit mélange et l'accrocher sur une lèvre (16) du canal interne (6), après allumage dudit mélange.

[Revendication 6] Procédé d'injection selon la revendication 5 pour lequel la richesse en dihydrogène du mélange est choisie pour que ladite combustion riche s'effectue avec une température de front de flamme inférieure à 1800 K.

5 **[Revendication 7]** Procédé d'injection selon la revendication 5 ou 6 pour lequel la richesse en dihydrogène du mélange est choisie pour que le premier front de flamme (30) soit laminaire et comporte un nombre de Lewis supérieur à 1 limitant des instabilités thermo-diffusives.

10 **[Revendication 8]** Procédé d'injection selon la revendication 5, 6 ou 7 pour lequel le mélange brûlé dans le premier front de flamme génère des gaz résiduels brûlés dans le second front de flamme (31) stabilisé par l'apport d'air du canal annulaire externe.

[Revendication 9] Procédé d'injection selon la revendication 8 pour lequel le second front de flamme est maintenu à une température inférieure à 1800K.

15 **[Revendication 10]** Procédé d'injection selon la revendication 8 ou 9 pour lequel l'air injecté par le canal annulaire est mis en rotation par une vrille annulaire (28).

[Fig. 1]

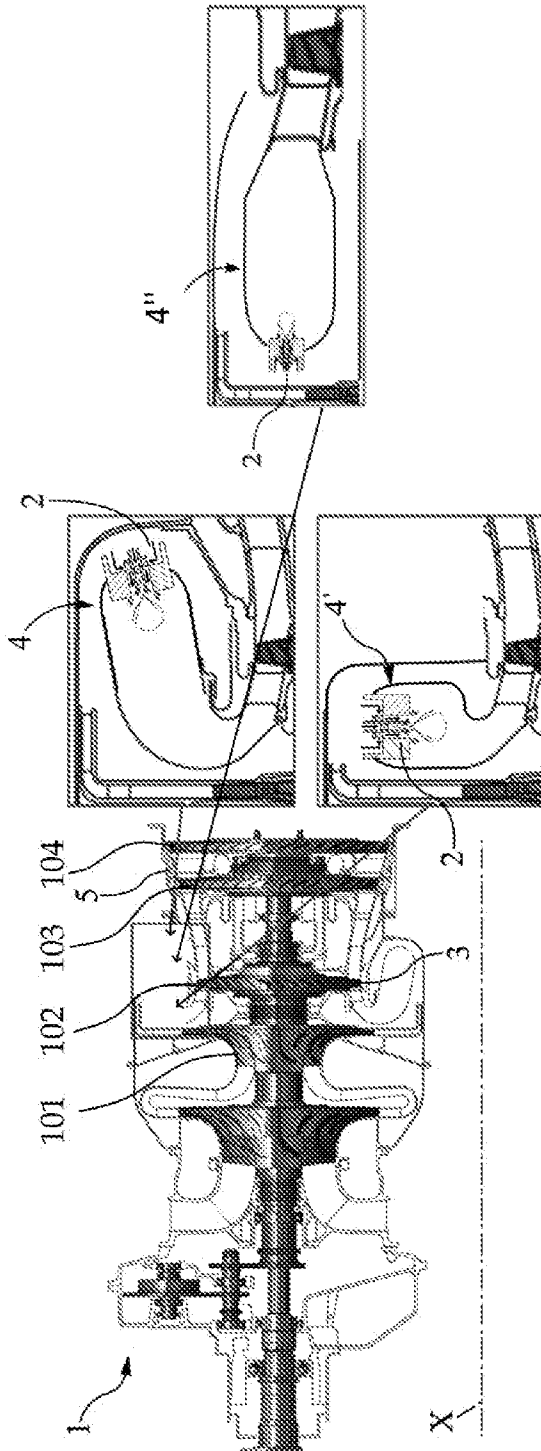


FIG. 1

[Fig. 2]

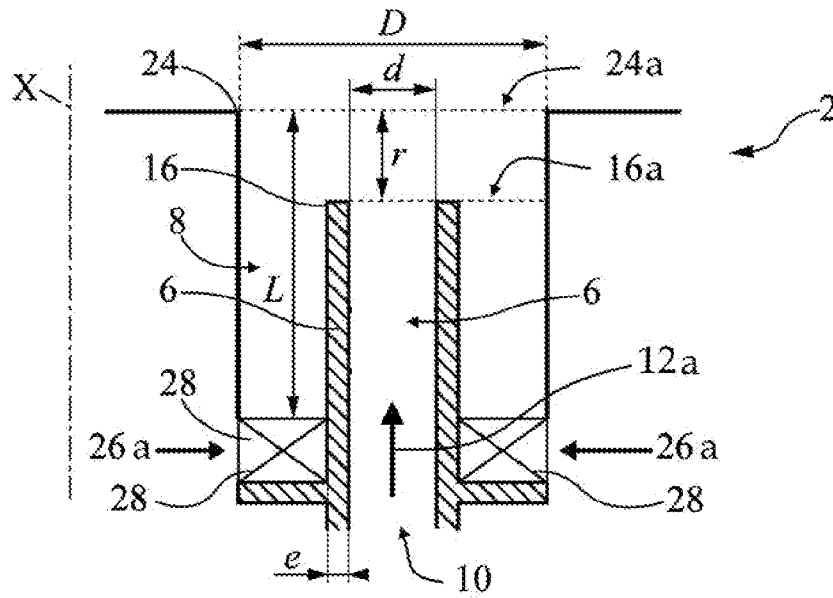


FIG. 2

[Fig. 3]

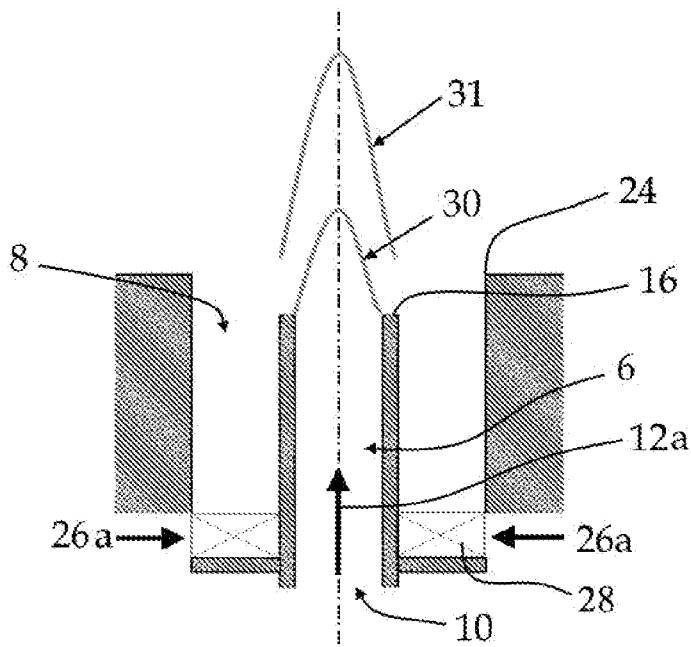


FIG. 3

[Fig. 4]

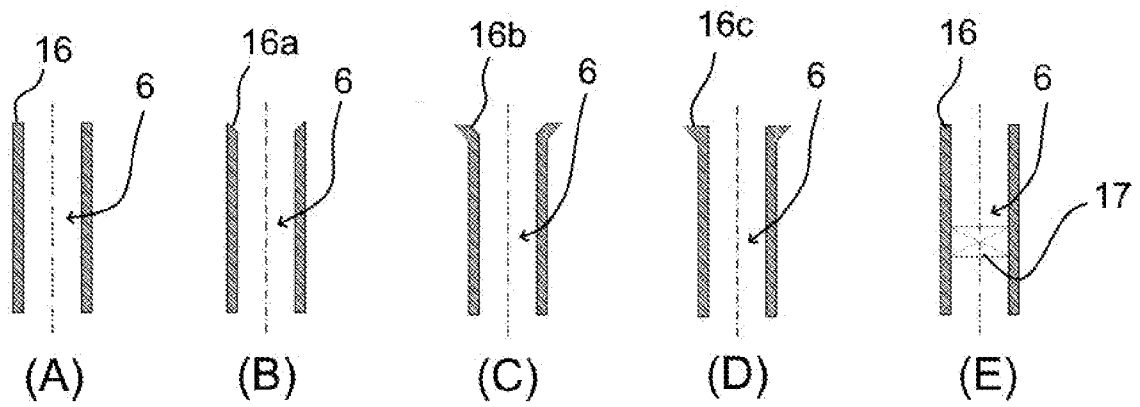


FIG. 4

[Fig. 5]

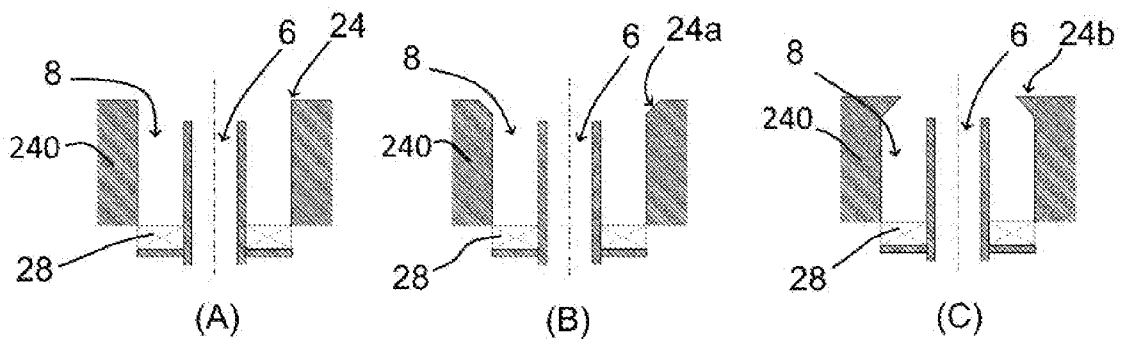


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2023/000071

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>F23R 3/28</i> (2006.01) 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) F23R 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 practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010330510 A1 (PFEFFERLE WILLIAM C [US] ET AL) 30 December 2010 (2010-12-30) paragraph [0021] - paragraph [0023]; figures 1,2	1-10
Y	EP 0335978 A1 (HITACHI LTD [JP]) 11 October 1989 (1989-10-11) column 5, line 15 - line 37 column 8, line 20 - line 31; figure 3	1-10
Y	US 2012234013 A1 (OVERMAN NICHOLAS R [US] ET AL) 20 September 2012 (2012-09-20) paragraph [0037]; figures	7
A	EP 1512913 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 09 March 2005 (2005-03-09) paragraphs [0002], [0004], [0028] - paragraph [0034]; figure 1	1-10
A	WO 2021215461 A1 (MITSUBISHI POWER LTD [JP]) 28 October 2021 (2021-10-28) paragraphs [0014], [0034] - paragraph [0039]; figures 9,10	1
A	FR 3007801 A1 (SNECMA [FR]) 02 January 2015 (2015-01-02) page 2, line 17 - line 24; figures 2,3	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 26 July 2023		Date of mailing of the international search report 03 August 2023
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Mootz, Frank Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2023/000071

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2010330510	A1	30 December 2010	NONE			
EP	0335978	A1	11 October 1989	CN	1032230	A	05 April 1989
				DE	3854666	T2	25 April 1996
				EP	0335978	A1	11 October 1989
				JP	2528894	B2	28 August 1996
				JP	S6463721	A	09 March 1989
				WO	8902052	A1	09 March 1989
US	2012234013	A1	20 September 2012	EP	2500641	A1	19 September 2012
				US	2012234013	A1	20 September 2012
EP	1512913	A1	09 March 2005	CA	2478876	A1	02 March 2005
				EP	1512913	A1	09 March 2005
				ES	2316942	T3	16 April 2009
				FR	2859272	A1	04 March 2005
				JP	4252513	B2	08 April 2009
				JP	2005077087	A	24 March 2005
				RU	2287742	C2	20 November 2006
				UA	82991	C2	10 June 2008
				US	2005044854	A1	03 March 2005
WO	2021215461	A1	28 October 2021	CN	115398152	A	25 November 2022
				DE	112021000904	T5	24 November 2022
				JP	2021173451	A	01 November 2021
				KR	20220151207	A	14 November 2022
				US	2023022725	A1	26 January 2023
				WO	2021215461	A1	28 October 2021
FR	3007801	A1	02 January 2015	NONE			

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F23R3/28 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) F23R				
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, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
Y	US 2010/330510 A1 (PFEFFERLE WILLIAM C [US] ET AL) 30 décembre 2010 (2010-12-30) alinéa [0021] - alinéa [0023]; figures 1,2 -----	1-10		
Y	EP 0 335 978 A1 (HITACHI LTD [JP]) 11 octobre 1989 (1989-10-11) colonne 5, ligne 15 - ligne 37 colonne 8, ligne 20 - ligne 31; figure 3 -----	1-10		
Y	US 2012/234013 A1 (OVERMAN NICHOLAS R [US] ET AL) 20 septembre 2012 (2012-09-20) alinéa [0037]; figures -----	7		
A	EP 1 512 913 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 9 mars 2005 (2005-03-09) alinéas [0002], [0004], [0028] - alinéa [0034]; figure 1 -----	1-10		
	-/--			
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; border:none;"><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width:50%; border:none;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> 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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale			
26 juillet 2023	03/08/2023			
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 Mootz, Frank			

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>WO 2021/215461 A1 (MITSUBISHI POWER LTD [JP]) 28 octobre 2021 (2021-10-28) alinéas [0014], [0034] - alinéa [0039]; figures 9,10</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1
A	<p>FR 3 007 801 A1 (SNECMA [FR]) 2 janvier 2015 (2015-01-02) page 2, ligne 17 - ligne 24; figures 2,3</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2023/000071

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2010330510	A1	30-12-2010	AUCUN	

EP 0335978	A1	11-10-1989	CN 1032230 A	05-04-1989
			DE 3854666 T2	25-04-1996
			EP 0335978 A1	11-10-1989
			JP 2528894 B2	28-08-1996
			JP S6463721 A	09-03-1989
			WO 8902052 A1	09-03-1989

US 2012234013	A1	20-09-2012	EP 2500641 A1	19-09-2012
			US 2012234013 A1	20-09-2012

EP 1512913	A1	09-03-2005	CA 2478876 A1	02-03-2005
			EP 1512913 A1	09-03-2005
			ES 2316942 T3	16-04-2009
			FR 2859272 A1	04-03-2005
			JP 4252513 B2	08-04-2009
			JP 2005077087 A	24-03-2005
			RU 2287742 C2	20-11-2006
			UA 82991 C2	10-06-2008
			US 2005044854 A1	03-03-2005

WO 2021215461	A1	28-10-2021	CN 115398152 A	25-11-2022
			DE 112021000904 T5	24-11-2022
			JP 2021173451 A	01-11-2021
			KR 20220151207 A	14-11-2022
			US 2023022725 A1	26-01-2023
			WO 2021215461 A1	28-10-2021

FR 3007801	A1	02-01-2015	AUCUN	
