

TUYERE D'EJECTION DE GAZ DE COMBUSTION D'UN MOTEUR FUSEE
POURVUE D'UN DISPOSITIF D'ETANCHEITE ENTRE UNE PARTIE FIXE ET
UNE PARTIE MOBILE DE LA TUYERE

Arrière plan de l'invention

Domaine de l'invention

La présente invention concerne une tuyère d'éjection de gaz de combustion d'un moteur fusée pourvue d'un dispositif d'étanchéité entre une partie fixe et une
5 partie mobile de la tuyère. L'invention s'applique particulièrement à un moteur fusée d'un véhicule spatial tel qu'un avion spatial notamment. La partie mobile est plus particulièrement réalisée au moyen de volets orientables de la tuyère. Ce dispositif est selon un mode de réalisation de l'invention combiné avec un dispositif de refroidissement de divergent de la tuyère.

10 Arrière plan technologique

La présente invention perfectionne et s'appuie sur un dispositif à volets orientables tels que décrit dans le document EP 2 222 565 A1.

Les tuyères adaptatives connues sur moteurs à turbines ne sont pas réalisées sur des moteurs fusée en effet, dans le cas d'utilisation spatiale des
15 moteurs fusée notamment l'environnement extérieur étant à une pression inférieure à la pression des gaz chauds, si la liaison n'est pas étanche, ces derniers vont s'écouler par cette liaison à l'extérieur de la tuyère. Cet écoulement va créer des forces perturbatrices, réduisant la performance en réduisant le débit axial éjecté et peut éventuellement détruire par flux thermique ou incendie le
20 mécanisme actionnant les pétales ou volets de la partie tuyère mobile et/ou la

structure arrière du véhicule. Un point essentiel à mettre en œuvre réside donc dans la réalisation d'une étanchéité au niveau de la liaison entre partie mobile et partie fixe de la tuyère vis-à-vis des gaz chauds détendus à l'intérieur de la tuyère.

Brève description de l'invention

5 L'invention a pour objet de proposer une solution à ce besoin d'étanchéité au droit de la section où se situe la partie mobile de la tuyère et propose pour ce faire une tuyère d'éjection de gaz de combustion d'un moteur fusée comprenant une partie fixe et une partie mobile, prolongeant la partie fixe, ladite partie mobile, réalisée au moyen de volets, étant disposée en aval de la partie fixe et formant
10 une extension de la tuyère, la tuyère comportant un dispositif d'étanchéité entre la partie fixe et la partie mobile sous forme d'une membrane souple résistant à une température de combustion en sortie de tuyère et reliant l'extrémité de la partie fixe à une bordure des volets ou pétales formant la partie mobile, la membrane souple formant une tubulure annulaire, le dispositif étant pourvu de moyens
15 d'injection de gaz au niveau de la membrane souple entre la partie fixe et la partie mobile prolongeant ladite tuyère.

Cette réalisation a en particulier comme avantage d'une part de permettre la réalisation de volets mobiles tout en évitant des pertes de jet entre la partie fixe de la tuyère et les parties mobiles et d'autre part de limiter la température subie
20 par les volets et par la membrane d'étanchéité.

Dans ce cas, la tubulure annulaire est préférablement configurée pour distribuer le gaz sur le pourtour de la section de sortie de la partie fixe de la tuyère.

La tubulure annulaire est avantageusement située au droit d'une articulation
25 de la partie mobile.

la membrane souple est un tissu à base de silice adapté à une tenue en continu à une température de au moins 1000°C.

Selon un mode de réalisation particulier, la barrière comporte un isolant céramique entre deux tissus, l'un constitué par un tissu réalisé à partir d'une fibre
30 céramique réfractaire aluminoborosilicate en face chaude, l'autre de type fibres aramides tel que le poly-paraphénylène téréphtalamide en face froide, ce dernier tissu étant destiné à assurer la tenue mécanique du produit.

L'invention concerne en outre un moteur fusée comportant une tuyère à partie fixe, partie mobile et dispositif d'étanchéité tel que défini précédemment pour lequel les volets sont arrangés autour de la section de sortie de la tuyère du moteur fusée en prolongement de la partie fixe.

5 La membrane souple forme avantageusement une tubulure annulaire d'injection de gaz d'échappement d'une turbine de turbopompe du moteur fusée entre la partie fixe de la tuyère et la partie mobile prolongeant ladite tuyère, la pression des gaz d'échappement étant réglée pour être supérieure à la pression des gaz en sortie de la partie fixe de la tuyère.

10 Selon un mode de réalisation particulier, les volets sont articulés sur un cadre du véhicule.

Le cadre fait avantageusement partie du fuselage arrière dans lequel est installé le moteur fusée.

15 Les volets sont préférablement mobiles et adaptés à faire prendre à la partie mobile:

une forme de cône fermé, afin d'assurer une forme externe aérodynamique qui minimise la trainée de culot du véhicule en vol atmosphérique moteur fusée éteint;

une forme en cylindre au moment de l'allumage du moteur fusée;

20 une forme de divergent conique en prolongement et en continuité de la section de sortie du divergent du moteur fusée afin de favoriser l'expansion du jet du moteur fusée;

L'ouverture du cône peut être variable en fonction de l'accroissement d'altitude durant le vol propulsé fusée.

25 L'aéronef comporte avantageusement un mécanisme de basculement des volets adapté à permettre des ouvertures ou fermetures différentielles desdits volets qui dévient le jet du moteur fusée et créent ainsi une composante de poussée latérale, qui permet le pilotage du véhicule selon les axes de tangage et de lacet.

30 Les volets sont préférablement disposés en deux rangs à recouvrement des surfaces interne/externes entre volets adjacents et adaptés à permettre une variation de section de sortie de la tuyère tout en conservant un recouvrement qui minimise les fuites du gaz de combustion éjecté.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront apparents à la lecture de la description qui suit d'un exemple non limitatif de réalisation de l'invention en référence aux dessins qui représentent:

- 5 en figure 1: une vue schématique en coupe d'une tuyère selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- en figure 2: une vue schématique en coupe d'une tuyère selon un second mode de réalisation de l'invention;
- en figure 3: une vue de l'arrière d'un arrangement particulier de volets de
10 l'invention;
- en figure 4: une vue schématique en coupe de l'arrière d'un aéronef muni d'un moteur fusée équipé de volets selon l'invention en position d'ouverture de la tuyère;
- en figure 5: l'arrière d'aéronef de la figure 4 avec les volets refermant en
15 partie la tuyère du moteur fusée;
- en figure 6: l'arrière d'aéronef de la figure 4 avec les volets refermant entièrement la tuyère du moteur fusée;

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

La présente invention concerne en premier lieu un système de volets
20 arrangés en forme de pétales autour de la section de sortie d'une tuyère du moteur fusée, et monté sur un cadre du véhicule appartenant au fuselage arrière dans lequel est installé le moteur fusée.

Dans la présente invention, les volets et le divergent sont conçus de manière traditionnelle en fonction des contraintes de température et des
25 contraintes mécaniques à subir. Ils peuvent être en matériaux métalliques ou céramiques être réfractaires ou refroidis par exemple par circulation interne d'ergols froids.

L'invention s'applique en particulier à un moteur fusée fonctionnant en cycle Générateur de Gaz.

30 Le système d'articulation des volets mobiles ou pétales de la tuyère du moteur fusée est ici basé sur un montage avec charnières, actionneur électromécanique et biellettes de transmission qui permettent d'orienter les volets pour refermer ou ouvrir la tuyère dans sa partie mobile.

La figure 1 représente en coupe l'un des volets 2 articulé par un dispositif de manœuvre, ici réalisé au moyen de bielles 7, 9, leviers et basculeurs 6, 8 qui renvoient des commandes, issues par exemple de vérins 110, destinées à orienter les volets. Les volets sont reliés à un cadre 100 sur lequel sont créés des points
5 d'articulation 102, 103 pour permettre les mouvements de rotation des volets et coordonner les éléments du dispositif de manœuvre.

Le dispositif actionné par les vérins 110 est relié aux commandes de l'appareil ou au calculateur de pilotage qui commande les vérins en fonction de phases de vol.

10 Le dispositif est adapté à manœuvrer chaque volet indépendamment ou à les commander ensemble.

Le volet 2 est disposé en prolongement de la partie fixe 1 d'une tuyère de moteur fusée.

La forme des volets mobiles et leur cinématique sont déterminés pour
15 obtenir un recouvrement des surfaces interne/externes entre éléments mobiles adjacents afin de permettre une variation de section de sortie de la tuyère tout en minimisant les fuites du gaz de combustion éjecté. Selon la figure 3, les volets sont pour ce faire positionnés en deux rangs dont des volets 2b d'un premier rang ont leurs extrémités latérales en partie recouvertes par les volets 2a d'un second
20 rang. Le recouvrement par rapport à la surface des volets est déterminé pour minimiser au maximum, voir supprimer totalement, les fuites interstitielles entre les volets sur la totalité de l'étendue de la manœuvre de ces derniers à la manière d'un système similaire à un diaphragme tout en conservant un nombre de volets raisonnable par rapport à la complexité de commande et à la masse des
25 dispositifs de commande embarqués.

De retour à la figure 1, des moyens d'étanchéité sont disposés entre la partie fixe 1 de la tuyère et la partie mobile 2. Ces moyens d'étanchéité sont réalisés au moyen d'une membrane souple 4 en forme de tubulure annulaire reliant l'extrémité distale 1a de la partie fixe 1 et le bord 21, adjacent à cette
30 extrémité, des volets 2, 2a, 2b réalisant la partie mobile.

C'est une membrane souple, s'étendant sur le pourtour de la jonction entre la partie fixe et la partie mobile, fixée de manière lâche à ces parties et qui, de par sa forme galbée ou en soufflet, s'adapte aux déplacements des volets.

La membrane souple est de type barrière thermique souple faite avec des produits céramiques, certains étant capable de supporter en continu des température supérieures à 1000°C voire même 1300°C, la barrière comportant par exemple un isolant céramique entre deux tissus, l'un tel qu'un matériau constitué
5 par un tissu d'une fibre céramique réfractaire aluminoborosilicate (connu sous la marque Nextel 440 de la société 3M) revêtue d'une couche organique de finition en face chaude, l'autre de type fibres d'aramides tel que le poly-paraphénylène téréphtalamide connu sous la marque Kevlar en face froide, ce dernier tissu étant destiné à assurer la tenue mécanique du produit.

10 La fixation de la membrane sur le divergent et les volets se fait par exemple mécaniquement avec des techniques connues notamment du fait que la température y est relativement basse, entre 600 et 1000°C maximum.

On utilisera par exemple une fixation utilisant des trous de fixations du type boutonnière en bordure de la membrane souple, des pions sur les faces froides
15 des divergents, ces pions étant mis en place par soudure ou brasage par exemple ce qui est connu aussi, que ce soit sur céramique ou sur métal.

Les pions filetés à leur extrémité libre sont passés dans les boutonnières de la membrane souple.

Des écrous vissés sur les pions serrent la membrane souple.

20 Une baguette percée pour recevoir les pions est éventuellement ajoutée entre les écrous et la membrane de façon à assurer une meilleure étanchéité entre membrane et divergent.

Un espace est conservé entre l'extrémité distale de la partie fixe et le bord adjacent des volets au contraire d'une réalisation bord à bord.

25 Cet espace forme un intervalle entre la partie fixe et la partie mobile qui peut varier lors des changements d'orientation des volets ce qui permet d'en simplifier la commande.

Cet intervalle entre les volets et le divergent est de quelques millimètres, par exemple de 1 à 4 mm et on cherche à le minimiser tout en tenant compte des
30 jeux, des dilatations différentielles ou autres contraintes présentes à ce niveau du divergent.

Dans cette optique, le dispositif d'étanchéité formé par la membrane entre la partie fixe de la tuyère et la partie mobile est situé au droit de l'articulation de la

partie mobile et reprend ainsi les variations de distance entre la partie fixe et la partie mobile.

Selon la figure 2, la membrane reçoit des conduits 5 d'amenée de gaz d'échappement d'une turbopompe, telle que représentée en figure 4.

5 La turbopompe selon l'exemple comporte une turbine 52a et des pompes 52b, 52c qui alimentent le moteur fusée 10 en comburant depuis un réservoir 53 au travers de tubulures 53a, 53b et en carburant à partir d'un réservoir non représenté au travers de tubulures 54a, 54b.

Selon l'exemple, le dispositif d'étanchéité constitué de la membrane souple
10 4 forme une tubulure annulaire d'injection des gaz d'échappement de la turbine de la turbopompe entre la partie fixe 1 et la partie mobile 2.

La tubulure annulaire distribue le flux des gaz d'échappement turbine amenés par les conduits 5 sur le pourtour de la section de sortie de la tuyère fixe.

Ces gaz vont se propager dans la tubulure réalisée par la membrane
15 souple 4 pour se distribuer uniformément entre la partie mobile 1 et la partie fixe 2 et sont alors introduits entre la partie fixe et la partie mobile à l'intérieur de la tuyère selon une distribution radiale.

La membrane souple 4 qui relie la lèvre extérieure de la partie fixe 1 à chaque bordure des volets mobiles 2 est réalisée par exemple dans un tissu à
20 base de silice et/ou de céramique résistant à très haute température typiquement un tissu adapté à une tenue en continu à une température de 1000°C, le tissu étant par exemple d'une épaisseur d'au moins 1 mm.

Son effet consiste à assurer l'étanchéité de la partie fixe de la tuyère avec la partie mobile et à conduire les gaz d'échappement turbine qui sont à environ
25 700°C / 800°C vers la veine de gaz de propulsion à l'intérieur de la tuyère. Sans ce refroidissement, les gaz arrivant au niveau de l'interstice divergent/volets seraient à environ 1500°C ce qui serait problématique pour le fonctionnement des volets et leur tenue dans le temps.

La pression des gaz d'échappement est réglée pour être supérieure à la
30 pression des gaz de la tuyère qui sont déjà fortement détendus au niveau de cette section où leur pression est d'environ 200mbar. Une pression de gaz d'échappement typiquement de 1 bar permet par exemple de s'opposer aux gaz de la tuyère. Le réglage de la pression des gaz d'échappement se fait au niveau

de la conception globale du dispositif turbopompe, tuyauteries, orifices de fuites, avec éventuellement des cols soniques de réglage sur les tuyauteries.

Les gaz d'échappement turbine sont ainsi utilisés pour constituer un matelas gazeux s'opposant à la sortie des gaz de combustion du moteur fusée
5 entre la partie fixe et la partie mobile ce qui évite des pertes de rendement du moteur fusée, et la détérioration de la zone arrière du véhicule.

En outre les gaz d'échappement turbine s'écoulent le long de la paroi vers la sortie du divergent et protègent ainsi les parties mobiles de la chaleur du jet du moteur fusée.

10 Les volets sont par exemple des volets mobiles adaptés à prendre diverses positions en fonction des phases de vol de l'aéronef.

Selon la figure 4, les volets 2 sont positionnés en forme de divergent conique en prolongement et en continuité de la section de sortie de la partie fixe de la tuyère du moteur fusée. La forme de la partie mobile, et notamment son
15 angle de sortie, est dans ce cas adaptée pour être compatible avec cette continuité afin de favoriser l'expansion du jet du moteur fusée.

Cette configuration offre un gain de performance au moteur et notamment l'ouverture du cône peut être variable, via les actionneurs des volets, en fonction de l'accroissement d'altitude durant le vol propulsé fusée.

20 Selon la figure 5, les volets sont conformés pour former un cylindre derrière la partie fixe de la tuyère par exemple au moment de l'allumage du moteur fusée pour améliorer la combustion du moteur.

Selon la figure 6, les volets sont refermés pour prendre une forme de cône afin d'assurer une forme externe aérodynamique qui minimise la traînée de culot
25 du véhicule en vol atmosphérique lorsque le moteur fusée est éteint ce qui dans le cas d'un avion spatial offre un gain de performance à l'aéronef propulsé par son ou ses moteurs aérobies ou lorsqu'il est en plané.

De plus, le mécanisme de basculement des volets permet des ouvertures ou fermetures différentielles, qui dévient le jet du moteur fusée et créent ainsi une
30 composante de poussée désaxée ce qui permet le pilotage du véhicule selon les axes de tangage et de lacet.

L'invention n'est pas limitée aux exemples représentés et notamment le nombre de volets représentés sur les figures n'est pas limitatif.

RE V E N D I C A T I O N S

1 - Tuyère d'éjection de gaz de combustion d'un moteur fusée (10) comprenant une partie fixe (1) et une partie mobile (2), prolongeant la partie fixe, ladite partie mobile, réalisée au moyen de volets (2a, 2b), étant disposée en aval
5 de la partie fixe et formant une extension de la tuyère, caractérisé en ce qu'elle comporte un dispositif d'étanchéité entre la partie fixe et la partie mobile sous forme d'une membrane souple (4) résistant à une température locale des gaz de combustion en sortie de tuyère et reliant l'extrémité de la partie fixe à une bordure des volets ou pétales formant la partie mobile, et en ce que la membrane souple
10 (4) forme une tubulure annulaire, le dispositif étant pourvu de moyens (5) d'injection de gaz d'échappement d'une turbine (52a) d'une turbopompe au niveau de la membrane souple entre la partie fixe (1) et la partie mobile (2) prolongeant ladite tuyère.

2 - Tuyère selon la revendication 1 pour laquelle la tubulure annulaire
15 est configurée pour distribuer le gaz sur le pourtour de la section de sortie de la partie fixe (1) de la tuyère.

3 - Tuyère selon la revendication 1 ou 2 pour laquelle la tubulure annulaire est située au droit d'une articulation (6) de la partie mobile.

4 - Tuyère selon l'une quelconque des revendications précédentes pour
20 laquelle la membrane souple est un tissu à base de silice adapté à une tenue en continu à une température de au moins 1000°C.

5 - Tuyère selon l'une quelconque des revendications précédentes pour laquelle la barrière comporte un isolant céramique entre deux tissus, l'un constitué par un tissu réalisé à partir d'une fibre céramique réfractaire aluminoborosilicate
25 en face chaude, l'autre de type fibres aramides tel que le poly-paraphénylène téréphtalamide en face froide, ce dernier tissu étant destiné à assurer la tenue mécanique du produit.

6 - Moteur fusée comportant une tuyère à partie fixe (1), partie mobile (2) et dispositif d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications
30 précédentes pour lequel les volets sont arrangés autour de la section de sortie de la tuyère du moteur fusée en prolongement de la partie fixe.

7 - Moteur fusée selon la revendication 6 pour lequel la membrane souple forme une tubulure annulaire d'injection des gaz d'échappement de la turbine (52a) de la turbopompe d'alimentation du moteur fusée entre la partie fixe de la tuyère et la partie mobile prolongeant ladite tuyère, la pression des gaz d'échappement étant réglée pour être supérieure à la pression des gaz en sortie de la partie fixe de la tuyère.

8 - Aéronef comportant un moteur fusée selon la revendication 6 ou 7 pour lequel les volets (2a, 2b) sont articulés sur un cadre (100) du véhicule.

9 - Aéronef selon la revendication 8 pour lequel le cadre (100) fait partie du fuselage arrière (101) dans lequel est installé le moteur fusée (10).

10 - Aéronef selon la revendication 8 ou 9 pour lequel les volets (2a, 2b) sont mobiles et adaptés à faire prendre à la partie mobile:

une forme de cône fermé (A), afin d'assurer une forme externe aérodynamique qui minimise la traînée de culot du véhicule en vol atmosphérique moteur fusée éteint;

une forme en cylindre (B) au moment de l'allumage du moteur fusée;

une forme de divergent conique (C) en prolongement et en continuité de la section de sortie du divergent du moteur fusée afin de favoriser l'expansion du jet du moteur fusée.

11 - Aéronef selon la revendication 10 pour lequel l'ouverture du cône est variable en fonction de l'accroissement d'altitude durant le vol propulsé fusée.

12 - Aéronef selon la revendication 10 ou 11 comportant un mécanisme (6, 7, 8, 9) de basculement des volets adapté à permettre des ouvertures ou fermetures différentielles desdits volets qui dévient le jet du moteur fusée et créent ainsi une composante de poussée latérale, qui permet le pilotage du véhicule selon les axes de tangage et de lacet.

13 - Aéronef selon l'une quelconque des revendications 8 à 12 pour lequel les volets (2a, 2b) sont disposés en deux rangs à recouvrement des surfaces interne/externes entre volets adjacents et adaptés à permettre une variation de section de sortie de la tuyère tout en conservant un recouvrement qui minimise les fuites du gaz de combustion.