

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ MOTEUR-FUSEE A DIVERGENT COMPOSITE.

②② Date de dépôt : 29.06.16.

③③ Priorité :

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *HERAKLES Société anonyme* —
FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 05.01.18 Bulletin 18/01.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 27.07.18 Bulletin 18/30.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : PICHON THIERRY, ZORRILLA
XAVIER, HERRAIZ IVAN et LONGUEVILLE
LAURENT.

⑦③ Titulaire(s) : *ARIANEGROUP SAS* Société par
actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : *CABINET BEAU DE LOMENIE.*



Arrière-plan de l'invention

5 La présente invention concerne une tuyère comprenant une chambre de combustion en matériau métallique et un divergent en matériau composite formé d'une paroi en forme de cône, le divergent en matériau composite étant reliée à l'extrémité aval de la chambre de combustion.

10 Pour des pièces destinées à être utilisées dans le domaine spatial, il est bien connu d'utiliser des matériaux composites thermostrostructuraux, c'est-à-dire des matériaux composites ayant des propriétés mécaniques qui les rendent aptes à constituer des éléments de structure et ayant la capacité de conserver ces propriétés à des températures élevées. De tels matériaux thermostrostructuraux sont
15 notamment les matériaux composites carbone/carbone ou C/C (renfort en fibres de carbone et matrice en carbone) et les matériaux composites à matrice céramique ou CMC, par exemple C/SiC (renfort en fibres de carbone et matrice en carbure de silicium), C/C-SiC (renfort en fibres de carbone et matrice mixte carbone-carbure de silicium) ou encore SiC/SiC.

20 Le document US 2003/136128 divulgue une tuyère ayant une chambre de combustion métallique à l'aval de laquelle est raccordé un divergent en matériau composite. Dans ce document, la liaison entre l'extrémité aval de la chambre de combustion et l'extrémité amont du divergent en matériau composite est réalisé au moyen d'une bride radiale présente sur l'extrémité amont du divergent. Plus précisément, à son
25 extrémité amont, la paroi en forme de cône du divergent est prolongée radialement vers l'extérieur par une portion annulaire de forte épaisseur afin de former une bride radiale permettant le passage d'organe de serrage pour la fixation du divergent en matériau composite sur l'extrémité
30 aval de la chambre de combustion.

Cette solution d'accrochage présente toutefois l'inconvénient d'augmenter significativement le coût de fabrication du divergent en raison de la présence nécessaire d'une portion de surépaisseur dans le matériau composite du divergent et de l'usinage supplémentaire de cette portion
35 pour former la bride.

Or, il existe un besoin pour des tuyères allégées ayant un coût de fabrication réduit.

Objet et résumé de l'invention

5 A cet effet, la présente invention propose une tuyère présentant un axe longitudinal comprenant une chambre de combustion en matériau métallique présentant une extrémité aval et un divergent en matériau composite formé d'une paroi en forme de cône s'étendant entre une extrémité amont et une extrémité aval, l'extrémité amont du divergent en
10 matériau composite étant reliée à l'extrémité aval de la chambre de combustion, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une bride annulaire en matériau métallique comprenant une première partie solidaire de la chambre de combustion et une deuxième partie s'étendant au-delà de l'extrémité aval de la chambre de combustion dans la direction de l'axe longitudinal de la tuyère et en ce que l'extrémité amont du divergent en
15 matériau composite est fixé sur la deuxième partie de la bride annulaire par une pluralité d'organes de serrage comprenant chacun une vis de fixation, chaque vis de fixation traversant la paroi en forme de cône du divergent en matériau composite au niveau de l'extrémité amont de ladite paroi.
20

 Ainsi, la tuyère de la présente invention comprend un divergent en matériau composite, ce qui permet d'alléger significativement la masse globale de la tuyère. En outre, dans la tuyère de l'invention, la paroi en forme de cône constituant le divergent est directement fixée sur une bride axiale solidaire de la chambre de combustion. Il n'est donc plus nécessaire
25 de réaliser une portion de surépaisseur dans le matériau composite du divergent ni de réaliser des usinages spécifiques pour la formation d'une bride dans le divergent, ce qui permet de simplifier la fabrication du divergent à une simple paroi fine (« near net shape ») et de réduire, par conséquent, le coût de fabrication du divergent. La fabrication de
30 divergents selon l'invention est encore simplifiée et rationalisée en ce que, grâce à leur forme simple en cône, les préformes destinées à former le divergent peuvent être facilement empilées dans un même four de densification, ce qui permet de réduire le coût de fabrication unitaire d'une
35 tuyère.

Selon une caractéristique particulière de la tuyère de l'invention, la chambre de combustion comprend un circuit de refroidissement dans lequel un fluide de refroidissement est destiné à circuler, le circuit de refroidissement comprenant au moins un premier canal annulaire de circulation d'un fluide de refroidissement s'étendant le long de l'extrémité aval de la chambre de combustion et à proximité des organes de serrage. La zone de la chambre de combustion où est réalisée la fixation axiale avec le divergent est ainsi refroidie, ce qui permet de maintenir les parties métalliques présentes dans cette zone à des températures raisonnables. Des matériaux métalliques réfractaires, tels que l'alliage molybdène TZM, peuvent être ainsi utilisés pour les organes de serrage.

Selon une autre caractéristique particulière de la tuyère de l'invention, la chambre de combustion comprend un circuit de refroidissement dans lequel le premier canal annulaire de circulation d'un fluide de refroidissement est présent en amont des organes de serrage et dans laquelle le circuit de refroidissement comprend un deuxième canal annulaire de circulation d'un fluide de refroidissement s'étendant le long de l'extrémité libre de la deuxième partie de la bride annulaire, ledit deuxième canal annulaire de circulation étant présent en aval des organes de serrage. La zone de la chambre de combustion et de la bride annulaire où est réalisée la fixation axiale avec le divergent est ainsi refroidie, ce qui permet de maintenir les parties métalliques présentes dans cette zone à des températures raisonnables. Le circuit de refroidissement peut comprendre en outre une pluralité de conduits axiaux communiquant avec les premier et deuxième canaux annulaires, chaque conduit axial étant présent entre deux organes de serrage adjacents. Dans ce cas, le fluide de refroidissement circule autour des organes de serrage, ce qui permet de maintenir la liaison entre la chambre de combustion et le divergent à des températures relativement basses et d'utiliser des matériaux métalliques réfractaires, tels que l'alliage molybdène TZM, pour les organes de serrage. Selon un aspect particulier de ce circuit de refroidissement, les conduits axiaux communiquant avec les premier et deuxième canaux annulaires sont logés dans des raidisseurs présents sur la face externe de la tuyère.

Selon une autre caractéristique de la tuyère de l'invention, un joint est interposé entre la face interne de la deuxième partie de la bride annulaire et la face externe de la paroi du divergent. Cela permet de renforcer l'étanchéité entre ces deux pièces.

5

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

10

- la figure 1 est une vue schématique d'une tuyère selon un mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique en perspective éclatée de la tuyère de la figure 1 ;

15

- la figure 3 est une vue schématique en coupe montrant la liaison entre la chambre de combustion et le divergent de la tuyère de la figure 1 ;

- la figure 4 est une vue schématique d'une tuyère selon un autre mode de réalisation de l'invention ;

20

- la figure 5 est une vue schématique en perspective éclatée de la tuyère de la figure 4 ;

- les figures 6 et 7 sont des vues schématiques en coupe montrant la liaison entre la chambre de combustion et le divergent de la tuyère de la figure 4.

25

Description détaillée d'un mode de réalisation

Les figures 1 et 2 illustrent une tuyère 10 de moteur-fusée conformément à un mode de réalisation de l'invention. La tuyère 10 d'axe longitudinal ZZ' comprend une chambre de combustion en matériau métallique 14 présentant une extrémité aval 141 et un divergent 16 en matériau composite formée d'une paroi 160 en forme de cône s'étendant entre une extrémité amont 161 et une extrémité aval 162, l'extrémité amont 161 du divergent 16 en matériau composite étant reliée à l'extrémité aval 141 de la chambre de combustion 14. La tuyère 10 comprend en outre une bride annulaire 18 en matériau métallique

35

comprenant une première partie 181 solidaire de la chambre de combustion 16 et une deuxième partie 182 s'étendant au-delà de l'extrémité aval 141 de la chambre de combustion 14 dans la direction de l'axe longitudinal ZZ' de la tuyère 10. L'extrémité amont 161 du divergent 16 en matériau composite est fixée sur la deuxième partie 182 de la bride annulaire 18 par une pluralité d'organes de serrage 20 comprenant chacun une vis de fixation 21 et un écrou 22, chaque vis de fixation 21 traversant la paroi 160 en forme de cône du divergent 16 en matériau composite au niveau de l'extrémité amont 161 de la paroi 160.

Plus précisément, comme illustré sur la figure 3, la première partie 181 de la bride annulaire 18 est fixée sur la face externe 14b de la chambre de combustion par une liaison métal/métal réalisée par exemple par brasage ou par soudage. La deuxième partie 182 de la bride annulaire 18 est fixée à la paroi 160 du divergent 16 par des organes de serrage 20 constitué ici d'une vis 21 et d'un écrou 22. Chaque vis 21 comporte une tête conique 210 qui est logée dans une fraisure 1610 présente sur la face interne 16a de la paroi 160 du divergent 16, la tige 211 de la vis 21 traversant un orifice 1611 présent dans la paroi 160 dans le prolongement de la fraisure 1610 et un orifice 1820 présent dans la deuxième partie 182 de la bride annulaire 18. Un écrou 22 est vissé sur la tige 211 du côté de la face externe 182b de la deuxième partie 182 de la bride annulaire. Comme illustrée sur la figure 3, une rondelle élastique 23 (ou rondelle Belleville) peut être interposée entre l'écrou 22 et la face externe 182b de la deuxième partie 182 de la bride annulaire 18 afin notamment de limiter les contraintes dans le matériau composite de la paroi 160 lors de la dilatation des organes de serrage 20 et de la deuxième partie 182. Un joint 24, par exemple sous forme d'une feuille de graphite, est interposé entre la face interne 182a de la deuxième partie 182 de la bride annulaire 18 et la face externe 16b de la paroi 160 du divergent 16 en regard de la deuxième partie 182.

La deuxième partie 182 de la bride annulaire 18 est en outre fixée à la première partie 181 de la bride annulaire 18 par des organes de serrage 26 de type vis-écrou.

L'extrémité aval 141 de la chambre de combustion comprend en outre un circuit de refroidissement 28 dans lequel un fluide de

refroidissement est destiné à circuler. Le circuit de refroidissement 28 comprend ici un canal annulaire 280 de circulation d'un fluide de refroidissement qui s'étend le long de l'extrémité aval 141 de la chambre de combustion 14 et à proximité des organes de serrage 20.

5 Les figures 4 et 5 illustrent un autre mode de réalisation d'une tuyère selon l'invention qui diffère de la tuyère 10 décrite précédemment notamment en ce que la bride annulaire est réalisée dans le prolongement de l'extrémité aval de la chambre de combustion et en ce que le circuit de refroidissement comporte plusieurs canaux et conduits de circulation d'un
10 fluide de refroidissement qui s'étendent autour des organes de serrage.

Plus précisément, sur les figures 4 et 5, une tuyère 30 de moteur-fusée et d'axe longitudinal ZZ' comprend une chambre de combustion en matériau métallique 34 présentant une extrémité aval 341 et un divergent 36 en matériau composite formée d'une paroi 360 en
15 forme de cône s'étendant entre une extrémité amont 361 et une extrémité aval 362, l'extrémité amont 361 du divergent 36 en matériau composite étant reliée à l'extrémité aval 341 de la chambre de combustion 34. La tuyère 30 comprend en outre une bride annulaire 38 en matériau métallique comprenant une première partie 381 solidaire de la chambre de
20 combustion 16 et une deuxième partie 382 s'étendant au-delà de l'extrémité aval 341 de la chambre de combustion 34 dans la direction de l'axe longitudinal ZZ' de la tuyère 30. Dans le mode de réalisation décrit ici, la bride radiale annulaire 38 est formée intégralement avec la chambre de combustion 34.

25 L'extrémité amont 361 du divergent 36 en matériau composite est fixée sur la deuxième partie 382 de la bride annulaire 38 par une pluralité d'organes de serrage 40 comprenant chacun une vis de fixation 41 et un écrou 42, chaque vis de fixation 41 traversant la paroi 360 en forme de cône du divergent 36 en matériau composite au niveau de
30 l'extrémité amont 361 de la paroi 360.

Plus précisément, comme illustrée sur la figure 6, la deuxième partie 382 de la bride annulaire 38 est fixée à la paroi 360 du divergent 36 par des organes de serrage 40 constitué ici d'une vis 41 et d'un écrou 42. Chaque vis 41 comporte une tête conique 410 qui est logée dans une
35 fraisure 3610 présente sur la face interne 36a de la paroi 360 du divergent

36, la tige 411 de la vis 41 traversant un orifice 3611 présent dans la paroi 360 dans le prolongement de la fraisure 3610 et un orifice 3820 présent dans la deuxième partie 382 de la bride annulaire 38. Un écrou 42 est vissé sur la tige 411 du côté de la face externe 382b de la deuxième partie 382 de la bride annulaire. Comme illustrée sur la figure 6, une rondelle élastique 43 (ou rondelle Belleville) peut être interposée entre l'écrou 42 et la face externe 382b de la deuxième partie 382 de la bride annulaire 38 afin notamment de limiter les contraintes dans le matériau composite de la paroi 360 lors de la dilatation des organes de serrage 40 et de la deuxième partie 382. Un joint 44, par exemple sous forme d'une feuille de graphite, est interposé entre la face interne 382a de la deuxième partie 382 de la bride annulaire 38 et la face externe 36b de la paroi 360 du divergent 36 en regard de la deuxième partie 382.

L'extrémité aval 341 de la chambre de combustion et l'extrémité libre de la bride annulaire 18 comprennent en outre un circuit de refroidissement 48 dans lequel un fluide de refroidissement est destiné à circuler. Le circuit de refroidissement 48 comprend ici un premier canal annulaire 480 de circulation d'un fluide de refroidissement présent au niveau de l'extrémité aval 341 de la chambre de combustion 34 en amont des organes de serrage 40 et un deuxième canal annulaire 481 de circulation d'un fluide de refroidissement qui s'étend le long de l'extrémité libre de la deuxième partie 382 de la bride annulaire 38, le deuxième canal annulaire 382 de circulation étant présent en aval des organes de serrage 40. Le circuit de refroidissement 48 comprend en outre une pluralité de conduits axiaux 482 communiquant avec les premier et deuxième canaux annulaires 480 et 481. Dans l'exemple décrit ici, deux conduits axiaux 482 sont présents entre deux organes de serrages 40 adjacents. Toujours dans l'exemple décrits ici, les conduits axiaux sont ménagés dans des raidisseurs 50 présents sur la face externe de la tuyère 30.

Les divergents 16 et 36 sont de préférence réalisés en matériau composite à matrice céramique (CMC) qui, de façon connue, est un matériau formé d'un renfort en fibres de carbone ou céramique densifié par une matrice au moins partiellement céramique, comme l'un des matériaux composite CMC suivants :

- carbone-carbone/carbure de silicium (C/C-SiC) correspondant à un matériau formé d'un renfort en fibres de carbone et densifié par une matrice comprenant une phase carbone et une phase carbure de silicium,

5 - carbone-carbure de silicium (C/SiC) qui est un matériau formé d'un renfort en fibres de carbone densifié par une matrice en carbure de silicium,

- carbure de silicium-carbure de silicium (SiC/SiC) correspondant à un matériau formé d'un renfort en fibres de carbure de silicium densifié par une matrice en carbure de silicium

10 - matériau CMC de type oxyde/oxyde correspondant à un matériau formé d'un renfort en fibres d'oxyde réfractaire, par exemple des fibres à base d'alumine Al_2O_3 , densifié par une matrice en oxyde réfractaire.

15 Les divergents 16 et 36 peuvent également être réalisés en matériau composite carbone/carbone (C/C) qui, de façon connue, est un matériau formé d'un renfort en fibres de carbone densifié par une matrice en carbone et qui peut éventuellement être muni d'un revêtement comme par exemple un dépôt céramique (exemple SiC).

20 Grâce à l'invention, il n'est plus nécessaire de réaliser une portion de surépaisseur dans le matériau composite du divergent pour la formation d'une bride dans le divergent, ce qui permet de simplifier la fabrication du divergent à une simple paroi fine (« near net shape ») et de réduire, par conséquent, le coût de fabrication du divergent. En effet, grâce à leur forme simple en cône, les préformes destinées à former le

25 divergent peuvent être facilement empilées dans un même four de densification, comme décrit dans les documents US 2004/0071877 et US 2015/0152545, ce qui permet de réduire le coût de fabrication unitaire d'une tuyère.

REVENDICATIONS

1. Tuyère (10) présentant un axe longitudinal (ZZ') comprenant une chambre de combustion en matériau métallique (14) présentant une
5 extrémité aval (141) et un divergent (16) en matériau composite formé d'une paroi (160) en forme de cône s'étendant entre une extrémité amont (161) et une extrémité aval (162), l'extrémité amont (161) du divergent en matériau composite étant reliée à l'extrémité aval (141) de la chambre de combustion,
10 caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une bride annulaire (18) en matériau métallique comprenant une première partie (181) solidaire de la chambre de combustion (14) et une deuxième partie (182) s'étendant au-delà de l'extrémité aval (141) de la chambre de combustion (14) dans la direction de l'axe longitudinal de la tuyère (10) et en ce que l'extrémité amont (161) du divergent en matériau composite est
15 fixé sur la deuxième partie (182) de la bride annulaire (18) par une pluralité d'organes de serrage (20) comprenant chacun une vis de fixation (21), chaque vis de fixation traversant la paroi (160) en forme de cône du divergent (16) en matériau composite au niveau de l'extrémité amont
20 (161) de ladite paroi.
2. Tuyère selon la revendication 1, dans laquelle la chambre de combustion (14) comprend un circuit de refroidissement (28) dans lequel un fluide de refroidissement est destiné à circuler, le circuit de
25 refroidissement comprenant au moins un premier canal annulaire (280) de circulation d'un fluide de refroidissement s'étendant le long de l'extrémité aval (141) de la chambre de combustion (14) et à proximité des organes de serrage (20).
3. Tuyère selon la revendication 2, dans laquelle la chambre de combustion (34) comprend un circuit de refroidissement (48) dans lequel le premier canal annulaire (480) de circulation d'un fluide de refroidissement est présent en amont des organes de serrage (40) et dans laquelle le circuit de refroidissement comprend un deuxième canal
30 annulaire (481) de circulation d'un fluide de refroidissement s'étendant le

long de l'extrémité libre de la deuxième partie (182) de la bride annulaire (18), ledit deuxième canal annulaire de circulation étant présent en aval des organes de serrage (40).

5 4. Tuyère selon la revendication 3, dans laquelle le circuit de refroidissement (48) comprend une pluralité de conduits axiaux (482) communiquant avec les premier et deuxième canaux annulaires (480, 481), chaque conduit axial (482) étant présent entre deux organes de serrage adjacents (40).

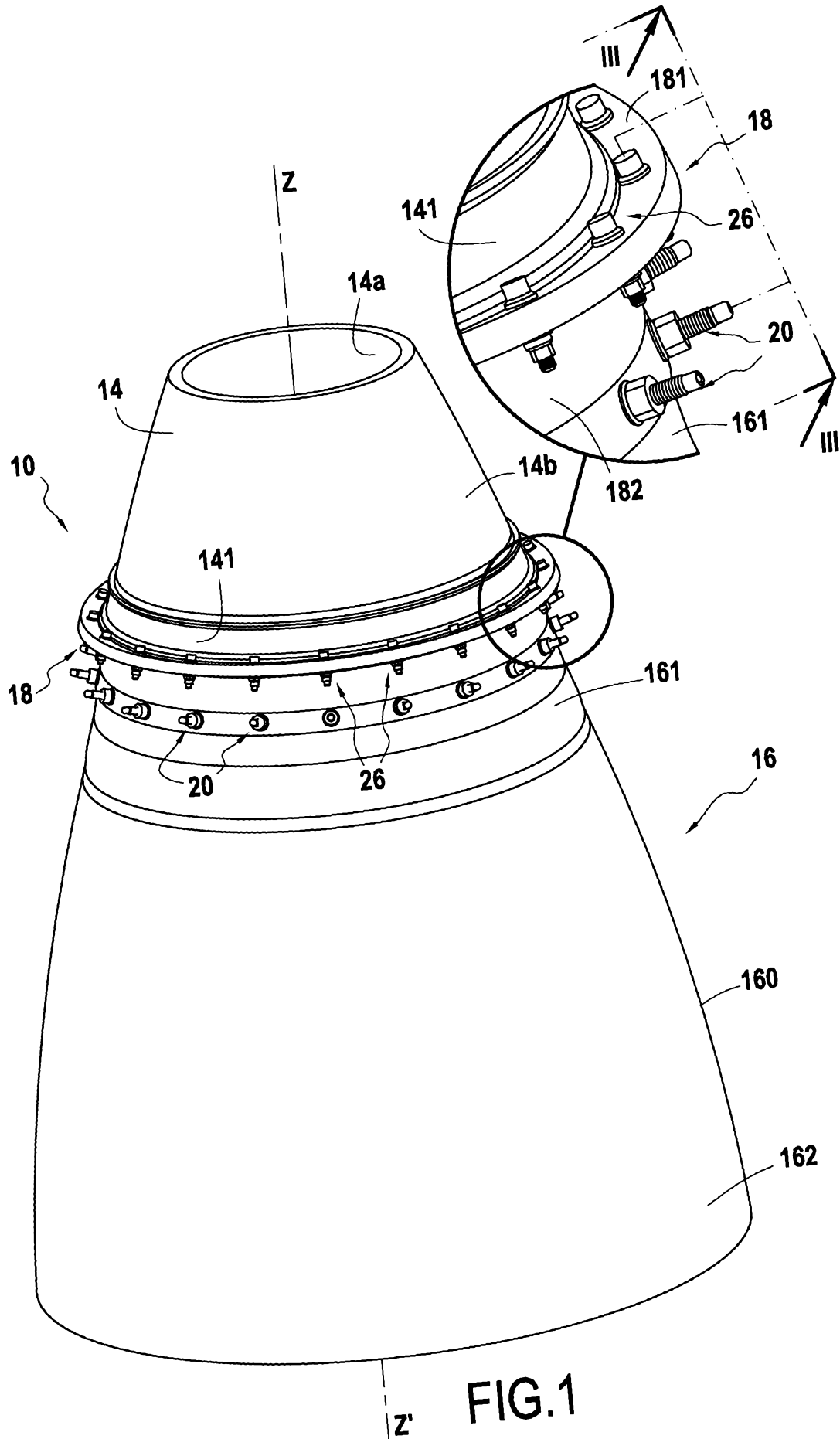
10

5. Tuyère selon la revendication 4, dans laquelle une pluralité de raidisseurs (50) sont présents sur la face externe de la tuyère, les conduits axiaux (482) communiquant avec les premier et deuxième canaux annulaires étant logés dans les raidisseurs (50).

15

6. Tuyère selon l'une quelconque des revendication 1 à 5, dans laquelle un joint (24) est interposé entre la face interne de la deuxième partie (182) de la bride annulaire (18) et la face externe (16b) de la paroi (160) du divergent.

1/6



2/6

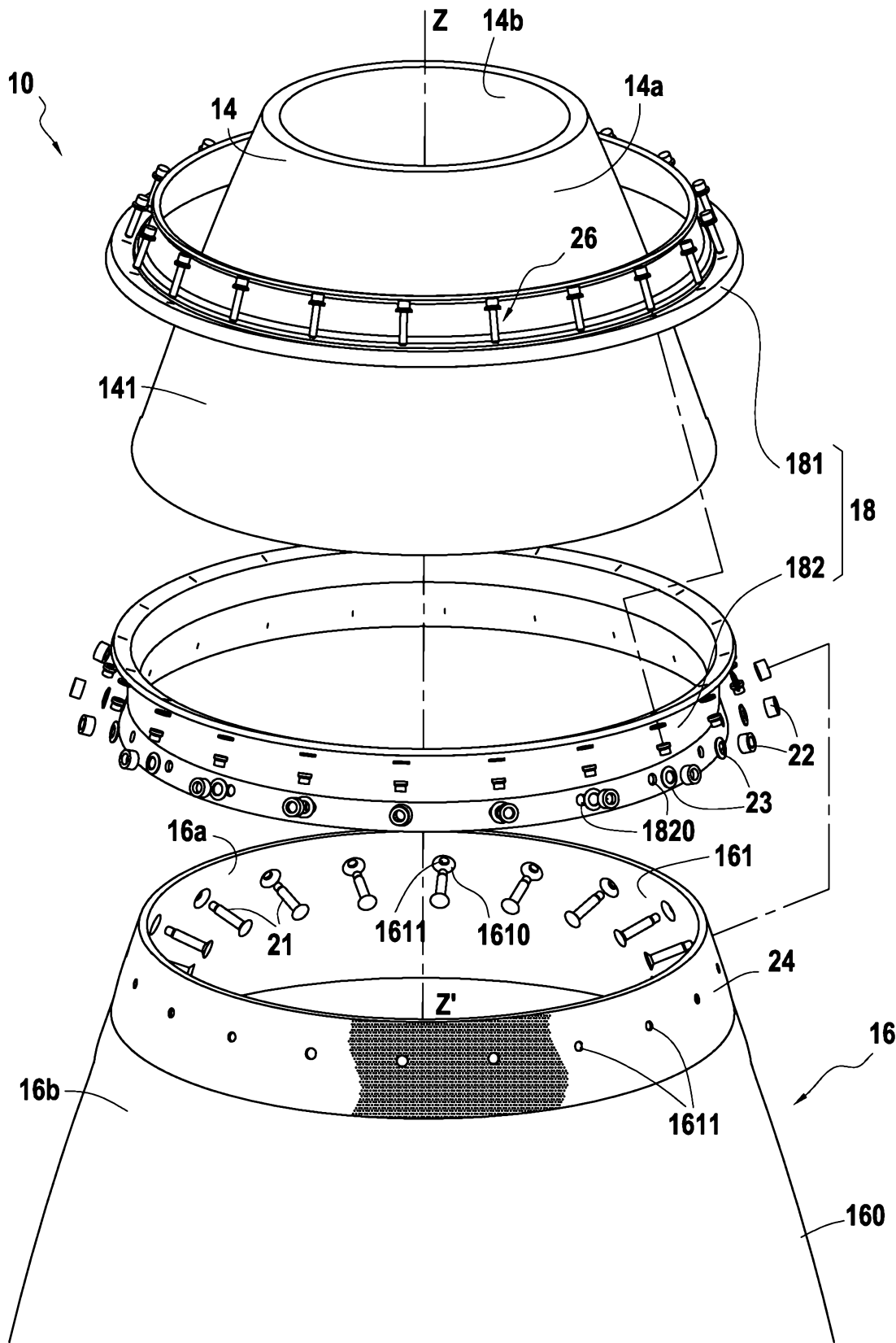


FIG.2

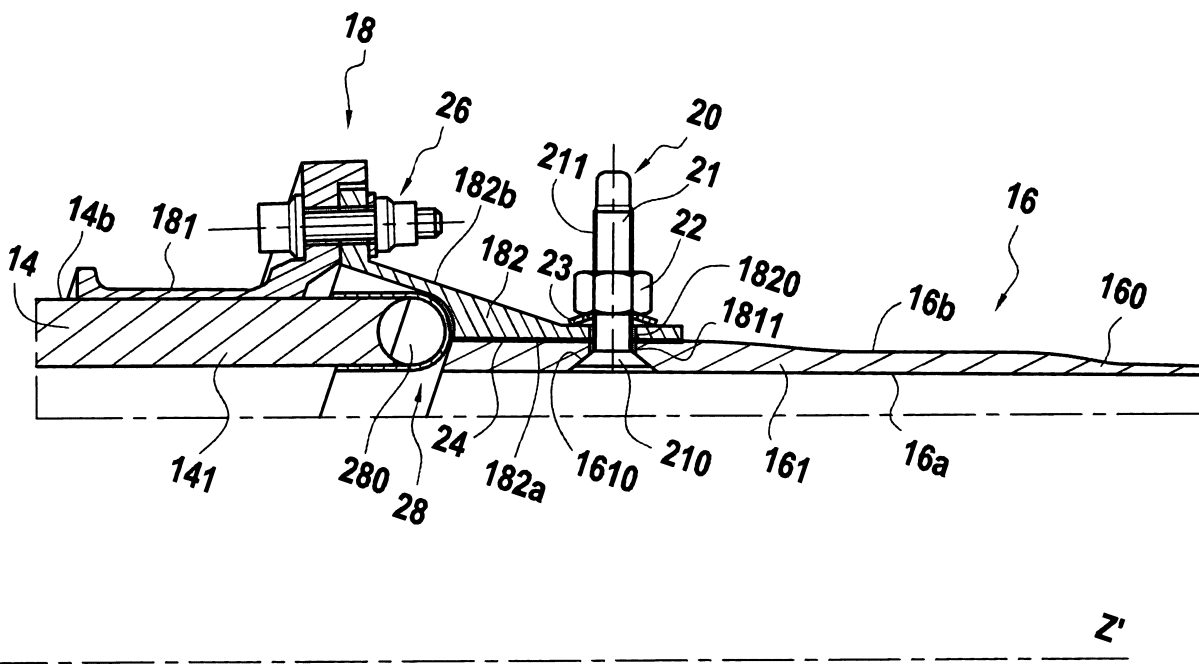
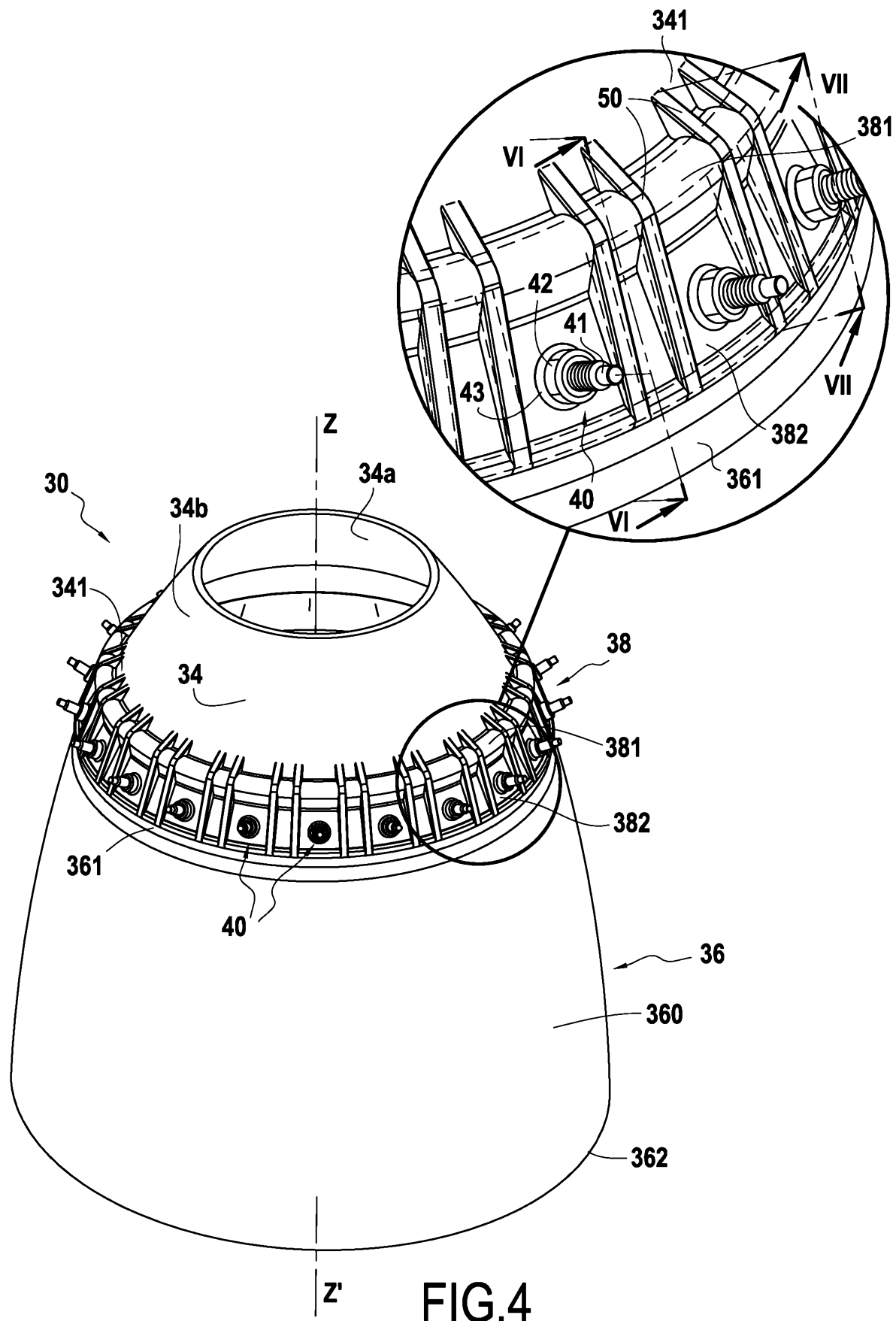


FIG. 3



5/6

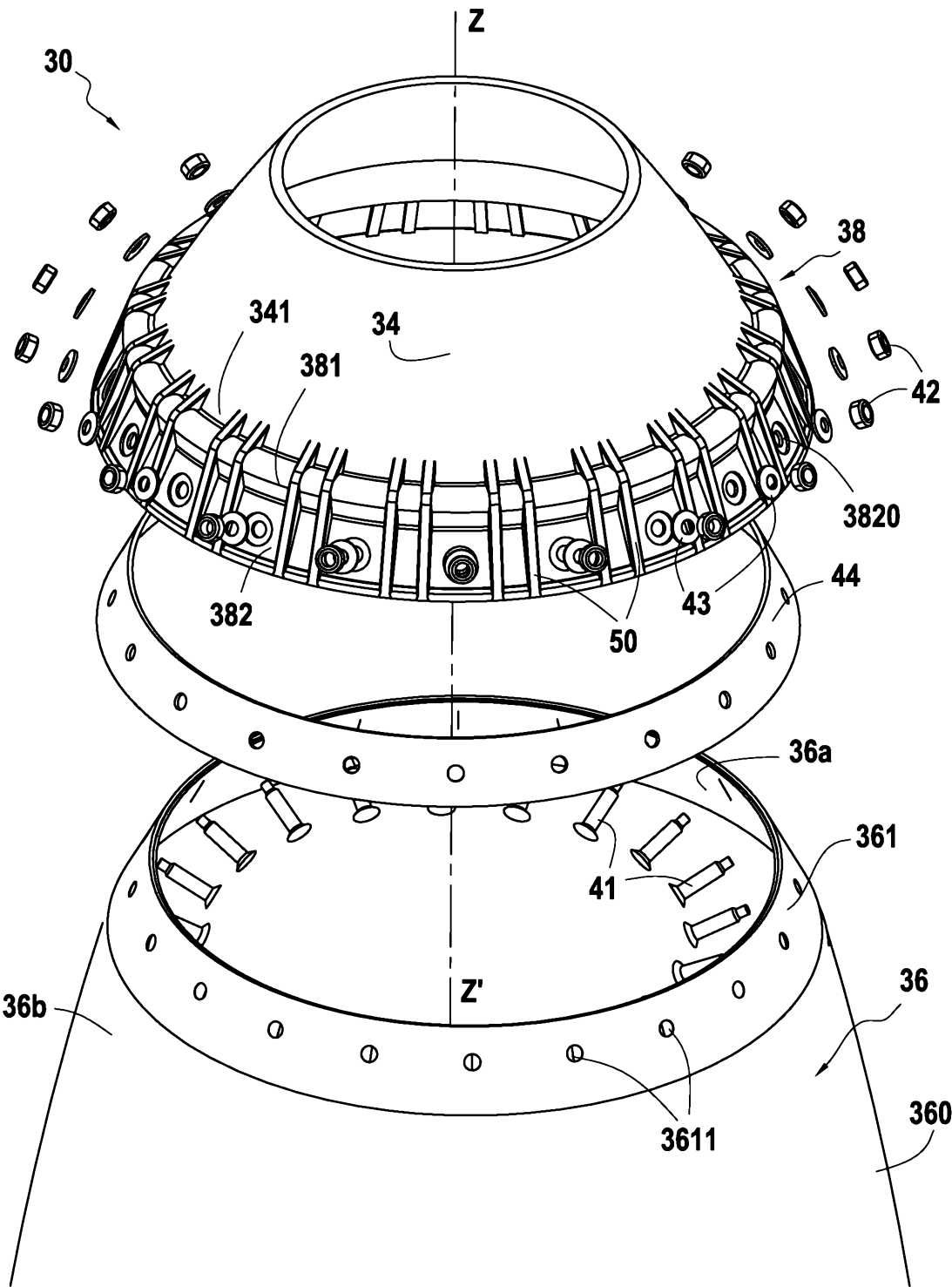


FIG.5

6/6

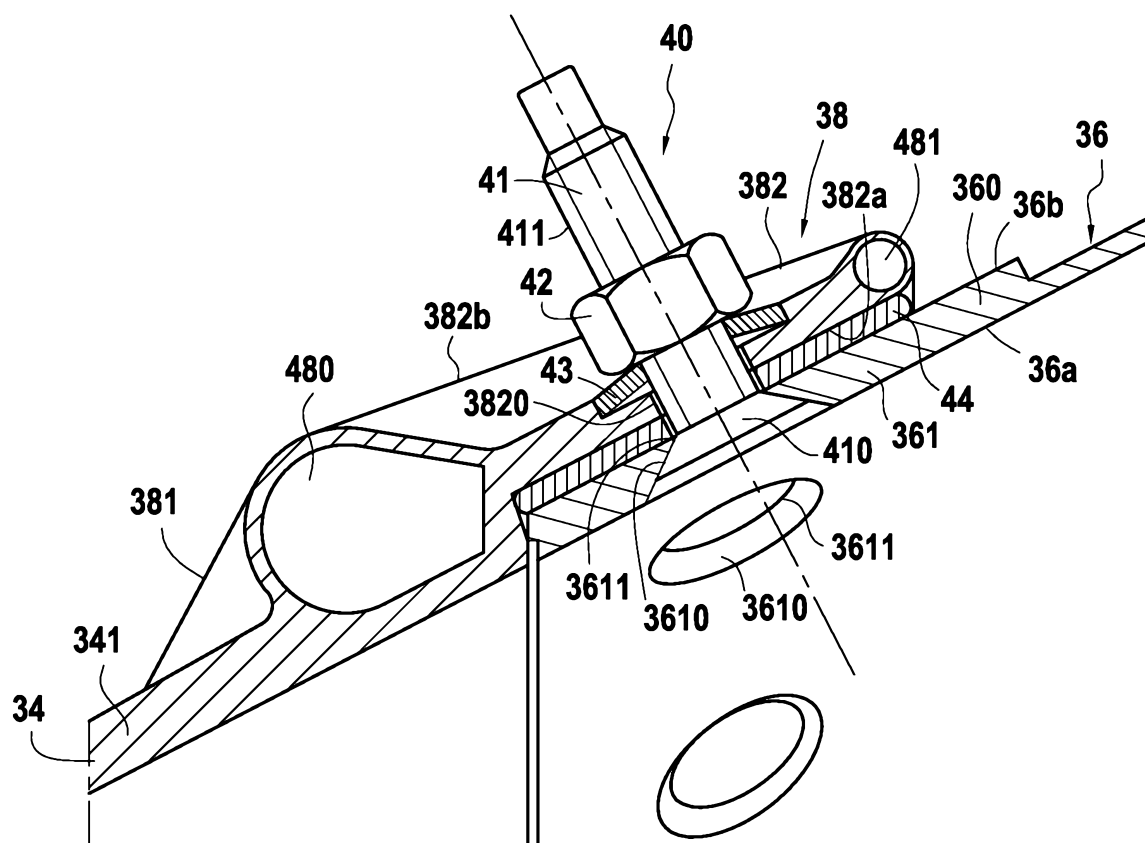


FIG.6

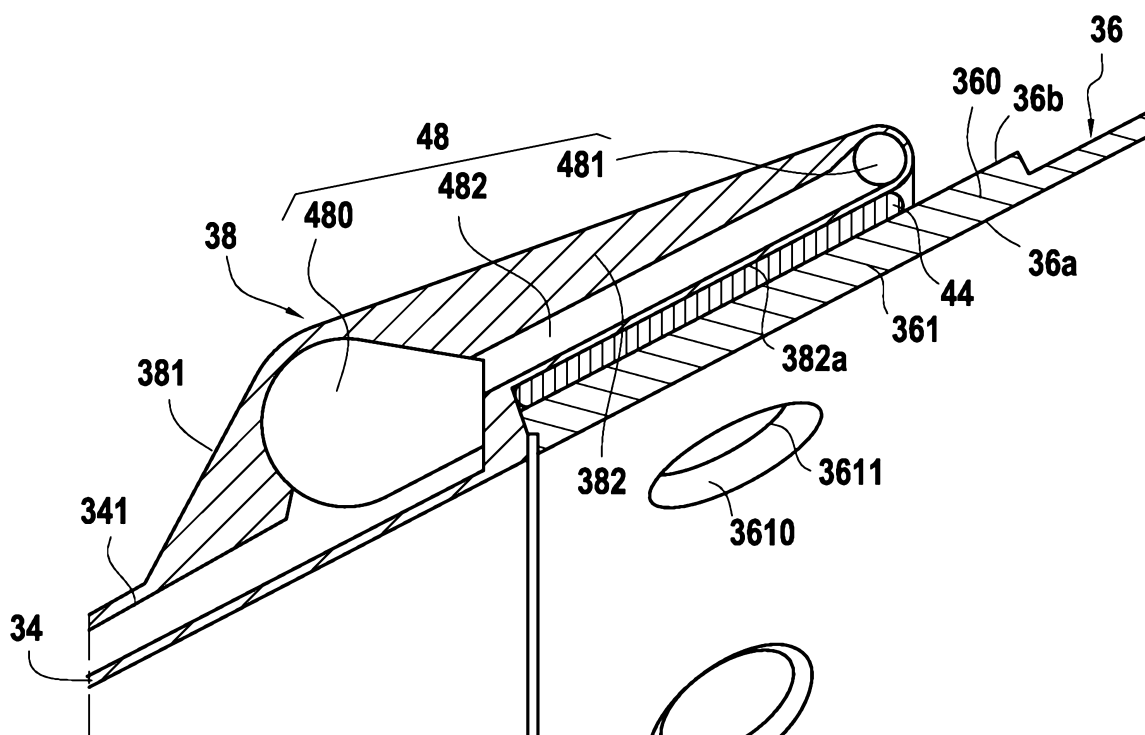


FIG.7

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- ☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- ☒ Le demandeur a maintenu les revendications.
- ☐ Le demandeur a modifié les revendications.
- ☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- ☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- ☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- ☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2003/136128 A1 (GROEBER JOSEF [DE] ET AL)
24 juillet 2003 (2003-07-24)

EP 2 489 866 A2 (ASTRIUM GMBH [DE])
22 août 2012 (2012-08-22)

WO 2015/055924 A1 (SNECMA [FR])
23 avril 2015 (2015-04-23)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT