

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 987 287

②1 N° d'enregistrement national : 12 00577

⑤1 Int Cl⁸ : B 21 D 22/18 (2013.01)

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 28.02.12.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 30.08.13 Bulletin 13/35.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : AIRCELLE Société anonyme — FR.

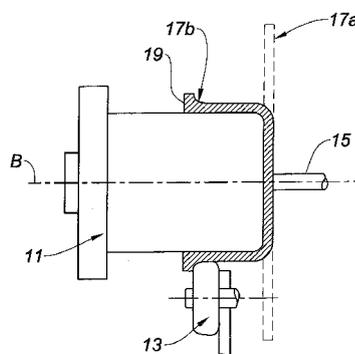
⑦2 Inventeur(s) : BIENVENU PHILIPPE, DUPUIS
PIERRE MARCEL, MALOT HELENE et CANEQUE
FRANCISO.

⑦3 Titulaire(s) : AIRCELLE Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET GERMAIN ET MAUREAU.

⑤4 PROCÉDE DE FABRICATION D'UNE PIÈCE MÉTALLIQUE À SYMÉTRIE DE RÉVOLUTION, NOTAMMENT
POUR TURBOREACTEUR D'AÉRONEF.

⑤7 Ce procédé de fabrication d'une pièce métallique à symétrie de révolution telle qu'une partie avant (5) de cône d'éjection des gaz chauds expulsés par un turboréacteur d'aéronef, comprend une étape de fluotournage d'une ébauche métallique (17a), permettant d'obtenir une préforme (17b), suivie d'une étape d'hydroformage de cette préforme.



FR 2 987 287 - A1



La présente demande de brevet se rapporte à un procédé de fabrication d'une pièce métallique à symétrie de révolution.

Ce procédé trouve son application notamment dans le domaine de la fabrication de pièces pour l'aéronautique, et plus particulièrement de cônes d'éjection des gaz pour turboréacteur d'aéronef.

Comme cela est connu en soi, il convient en général de prévoir un cône d'éjection à l'arrière d'un turboréacteur d'aéronef, afin d'une part d'optimiser l'écoulement des gaz chauds expulsés par le turboréacteur, et d'autre part d'absorber au moins une partie du bruit engendré par l'interaction de ces gaz chauds avec l'air ambiant et avec le flux d'air froid expulsé par la soufflante du turboréacteur.

Un tel cône d'éjection classique 1 est représenté à la figure 1 ci-annexée, sur laquelle l'amont et l'aval (par rapport au sens d'écoulement des gaz d'échappement du turboréacteur) sont situés respectivement à gauche et à droite de la figure).

Ce cône est destiné à être positionné en aval de la turbine du turboréacteur, de manière concentrique à une virole, ou buse 3, elle-même fixée sur le bord aval de la chambre de combustion du turboréacteur.

Plus précisément, le cône d'éjection 1 comprend, à proprement parler, une partie avant de cône 5 (souvent désignée par les termes anglo-saxons « front plug »), de forme sensiblement cylindrique, et une partie arrière de cône 7 (souvent désignée par les termes anglo-saxons « rear plug »), de forme conique.

Ces deux parties du cône d'éjection peuvent typiquement être formées par des tôles en alliage métallique de type Inconel 625 ou titane B21s, raidies par des raidisseurs concentriques 9a, 9b, 9c, 9d.

La partie avant 5 peut être notamment acoustique ou monolithique raidie. Dans le cas où la partie avant 5 est monolithique raidie, cela signifie que la structure est constituée d'une unique tôle renforcée par des raidisseurs.

La partie avant 5 et la partie arrière 7 du cône d'éjection pourront notamment être réalisées à partir de tôles en alliage métallique de type Inconel 625 et être assemblées par un système de jonction par bride notée 9b pour la partie bride arrière de la partie avant de cône 5 et 9c pour la partie bride avant de cône 7.

La partie avant 5 comprend en outre une bride de liaison amont 9a destinée à permettre son rattachement à l'arrière du turboréacteur.

Dans le cas où la partie avant 5 est acoustique, elle comprend au moins une structure d'atténuation acoustique périphérique de type sandwich comprenant au moins un résonateur, notamment de type nid d'abeille, recouvert d'une peau externe perforée et d'une peau interne pleine. La peau externe constitue par ailleurs une surface externe (tôle) de la partie avant de cône 5.

La partie arrière de cône 7 est monolithique raidie par des raidisseurs 9d.

Comme cela est visible sur la figure 1, la forme de la partie avant de cône 5 est en général complexe : cette partie avant de cône présente en effet un diamètre qui peut varier de manière non monotone, en fonction de la position sur l'axe de révolution A de la pièce.

Classiquement, cette partie avant de cône 5 est formée par assemblage et soudage de deux moitiés symétriques, les deux lignes de soudure étant donc disposées de manière symétrique dans le plan de l'axe A.

La réalisation de telles lignes de soudure est délicate, et nécessite des contrôles très minutieux.

Ces lignes de soudure constituent toujours des points faibles de la structure, et peuvent en outre altérer la qualité aérodynamique de la surface extérieure de la partie avant de cône 5.

Ces inconvénients deviennent particulièrement critiques dans les cas où l'on envisage de faire tourner le cône d'éjection 5, 7 autour de son axe A, en même temps que les parties tournantes du turboréacteur situé en amont de ce cône, dans le but notamment d'améliorer la qualité de l'écoulement des gaz chauds provenant du turboréacteur, afin de réduire la consommation de carburant.

Dans un tel cas de cône d'éjection 5, 7 tournant, la présence de lignes de soudure sur la partie avant de cône 5 ne respecteraient pas les spécifications des machines tournantes qui stipulent que la structure ne doit pas se fragmenter sous l'effet des chargements ou de potentiels impacts, ce qui serait catastrophique pour le fonctionnement de l'ensemble propulsif.

Il existe donc un réel besoin pour un procédé de fabrication d'une pièce métallique à symétrie de révolution telle qu'une partie avant de cône d'éjection des gaz chauds expulsés par un turboréacteur d'aéronef, qui permette de s'affranchir de toute soudure.

On atteint notamment ce but de l'invention avec un procédé de fabrication d'une pièce métallique à symétrie de révolution, telle qu'une partie avant de cône d'éjection des gaz chauds expulsés par un turboréacteur d'aéronef, comprenant une étape de fluotournage d'une ébauche métallique, permettant d'obtenir une préforme, suivie d'une étape d'hydroformage de cette préforme.

L'étape de fluotournage de l'ébauche métallique permet d'obtenir une préforme à symétrie de révolution, et l'étape d'hydroformage permet de conférer ensuite à cette préforme toute forme complexe souhaitée, et notamment des formes telles que celles représentées à la figure 1, et ceci sans qu'il soit nécessaire de réaliser aucun soudage.

On peut ainsi réaliser de manière simple, fiable et reproductible, des pièces métalliques de grandes dimensions à symétrie de révolution, qui permettent de surmonter les inconvénients mentionnés précédemment.

Suivant d'autres caractéristiques optionnelles du procédé selon l'invention, prises seules ou en combinaison :

- on part d'une ébauche se présentant sous la forme d'une tôle plane de préférence carrée ;
- on part d'une ébauche se présentant sous la forme d'un brut de laminage circulaire ;
- on fluotourne ladite ébauche de manière à obtenir une préforme sensiblement cylindrique ;
- on fluotourne ladite ébauche de manière à obtenir une préforme sensiblement conique ;
- on vient rapporter par soudage au moins une bride circulaire de fixation sur la pièce issue de l'étape d'hydroformage ;
- on réalise par usinage au moins une bride circulaire de fixation sur la pièce issue de l'étape de fluotournage ou d'hydroformage.

La présente invention se rapporte également à une pièce obtenue par ce procédé.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description qui va suivre, et à l'examen des figures ci-annexées, dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe axiale et en perspective d'une partie arrière de turboréacteur d'aéronef, comprenant notamment un cône d'éjection des gaz tel que décrit plus haut,

- la figure 2 représente, en coupe axiale et de manière schématique, une installation de fluotournage permettant de mettre en œuvre un premier mode de réalisation du procédé selon l'invention,
- 5 - la figure 3 est une vue analogue à celle de la figure 2 d'une autre installation de fluotournage, permettant la mise en œuvre d'un deuxième mode de réalisation du procédé selon l'invention,
- la figure 4 est une vue analogue aux deux précédentes d'encore une autre installation de fluotournage, permettant la mise en œuvre d'un troisième mode de réalisation du procédé selon l'invention, permettant l'intégration d'une bride par exemple ;
- 10 - la figure 5 représente, en vue en coupe axiale, une installation d'hydroformage nécessaire à la mise en œuvre du procédé selon l'invention,
- 15 - la figure 6 représente la section d'une autre forme de moule+ d'hydroformage.

Sur l'ensemble de ces figures, des références identiques ou analogues désignent des organes ou ensembles d'organes identiques ou analogues.

20 On se reporte à présent à la figure 2 sur laquelle on peut voir une première installation de fluotournage.

Cette installation comporte un mandrin 11 pouvant tourner à grande vitesse autour d'un axe B, ainsi qu'une ou plusieurs molettes 13 pouvant se déplacer selon la direction de l'axe B le long d'une ou plusieurs génératrices du mandrin 11.

Un poussoir 15 centré sur l'axe B permet de plaquer une tôle métallique 17a de forme de préférence carrée contre l'extrémité du mandrin 11, de sorte que la rotation de ce mandrin autour de son axe B entraîne également la rotation de cette tôle 17a autour de ce même axe.

30 Sous l'effet du déplacement de la molette 13 selon la direction de l'axe B, la tôle 17a passe de sa position en pointillés à sa position représentée en traits pleins 17b, dans laquelle elle épouse la forme du mandrin 11.

La pression exercée par la molette 13 sur la tôle 17a est très importante : jusqu'à 80 tonnes, permettant de rabattre cette tôle sur le mandrin

35 11.

Pour l'application décrite précédemment, à savoir l'obtention d'un cône d'éjection de gaz de turboréacteur, la tôle 17a peut être fabriquée dans un alliage métallique tel que l'inconel 625.

La tôle 17a représentée en pointillés à la figure 2, c'est-à-dire avant l'opération de fluotournage, est fréquemment appelée ébauche, tandis que la pièce 17b issue du fluotournage est fréquemment appelée préforme.

Comme cela est connu en soi, le fluotournage peut être réalisé à froid ou à chaud.

Ce premier mode de réalisation, permettant d'obtenir une préforme sensiblement cylindrique, convient notamment pour la fabrication de la partie avant de cône 5, étant noté qu'il suffira par la suite de découper le fond de la pièce cylindrique ainsi obtenue, par exemple par découpage laser.

Le mode de réalisation de la figure 3 se distingue du précédent en ceci que le mandrin rotatif 11 présente une forme sensiblement conique, permettant donc, après déplacement de la molette 13 selon la direction d'une génératrice de ce mandrin, d'obtenir une préforme 17b sensiblement conique.

Ce deuxième mode de réalisation convient notamment pour la fabrication de la partie arrière de cône 7.

Dans le mode de réalisation de la figure 4, on ne part plus d'une tôle métallique, mais d'un cylindre brut de laminage 21 que l'on vient enfiler sur le mandrin rotatif 11, et dont on réduit et adapte l'épaisseur par déplacement de la molette 13. Ce mode de réalisation permet d'intégrer directement la bride avant 9a par exemple.

Chacun des trois modes de réalisation précédents permet donc d'obtenir une préforme, c'est-à-dire une pièce intermédiaire à laquelle on va appliquer une autre étape de déformation.

Cette autre étape consiste en une opération d'hydroformage de la préforme.

L'hydroformage consiste à plaquer une pièce métallique contre une matrice de formage, au moyen d'une pression de liquide très élevée (typiquement 10 bars pour une épaisseur de 0,5 à 1 mm).

Dans l'exemple représenté, on supposera que la préforme résultant de l'opération précédente de fluotournage, est sensiblement cylindrique.

Sur la moitié droite de la figure 5, cette préforme 17b est représentée juste avant l'opération d'hydroformage, alors que sur la moitié

gauche de cette figure 5, on peut voir la pièce finale 17c obtenue à la suite de cette opération d'hydroformage.

En pratique, on place la pièce fluotournée cylindrique (préforme 17b) dans un moule 25 définissant une cavité 27 dont la paroi interne 29 présente une forme correspondant à la forme que l'on souhaite conférer à la pièce finale 17c.

Le moule 25 est lui-même formé d'un empilement de pièces annulaires 25a à 25f fixées les unes aux autres par des vis traversantes (non représentées).

10 Puis on introduit à l'intérieur de la préforme 17b un ensemble de mise en pression comprenant :

- une pièce tubulaire 31 munie à sa périphérie d'un orifice 33,
- un fond 33,
- un couvercle 35, et

15 - une vessie souple 37 s'étendant autour de la pièce tubulaire 31, fixée au fond 33 et au couvercle 35.

La fixation de la vessie souple 37 au fond 33 et au couvercle 35 peut être réalisée par pincement des extrémités 37a, 37b de cette vessie d'une part entre un premier flasque 33a et un premier élément annulaire 33b formant le fond 33, et d'autre part entre un deuxième flasque 35a et un deuxième élément annulaire 35b formant le couvercle 35.

Par une ouverture 39 traversant le flasque 35a on introduit un liquide tel que de l'eau.

25 Ce liquide remplit la cavité 41 définie par la pièce tubulaire 31, et par là-même la vessie souple 37, grâce à l'orifice 33.

On met ensuite ce liquide sous pression, ce qui a pour effet de plaquer la préforme 17b contre la paroi interne 29 du moule 25. On notera que lors de cette opération de déformation, la vessie 37 remplit une fonction d'étanchéité, permettant d'éviter toute fuite du liquide de la cavité 41 vers l'extérieur de l'installation.

30 On obtient ainsi finalement la pièce 17c, parfaitement plaquée contre la paroi 29.

A l'issue de l'opération d'hydroformage avec l'appareil représenté à la figure 5, on vide la cavité 41 du liquide sous pression, et on extrait l'ensemble de mise sous pression de l'intérieur de la pièce 17c.

On sépare ensuite les différents éléments annulaires 25a à 25f formant le moule 25, de manière à pouvoir récupérer la pièce hydroformée 17c.

Comme on peut le comprendre à la lumière de ce qui précède, cette opération d'hydroformage postérieure au fluotournage permet d'obtenir
5 des pièces notamment à symétrie de révolution, de forme tout à fait quelconque.

Ces formes ne peuvent être obtenues par d'autres procédés de déformation tels qu'un simple fluotournage ou un emboutissage.

On peut ainsi obtenir notamment une partie avant de cône 5 telle
10 que représentée à la figure 1, présentant une section axiale complexe, dont le diamètre ne varie pas de manière monotone.

On comprend donc qu'en combinant les deux procédés de déformation exposés ci-dessus (fluotournage puis hydroformage), on peut obtenir de manière relativement simple et parfaitement reproductible, des
15 pièces à symétrie de révolution, notamment pour les cônes d'éjection des turboréacteurs d'aéronef.

Ces pièces ne comportent aucune ligne de soudure, ce qui leur confère une extrême fiabilité ainsi qu'une répartition des masses à parfaite symétrie de révolution : ceci est particulièrement utile lorsque l'on envisage un
20 cône d'éjection rotatif, dans lequel on cherche à supprimer tout risque de fragmentation de la pièce.

Concernant les brides 9a et 9b fixées aux deux extrémités de la partie avant de cône 5, on peut les réaliser par soudage de pièces annulaires sur la pièce 17c obtenue par le procédé qui vient d'être décrit, ou bien par
25 fixation de telles pièces annulaires au moyen de vis ou de rivets.

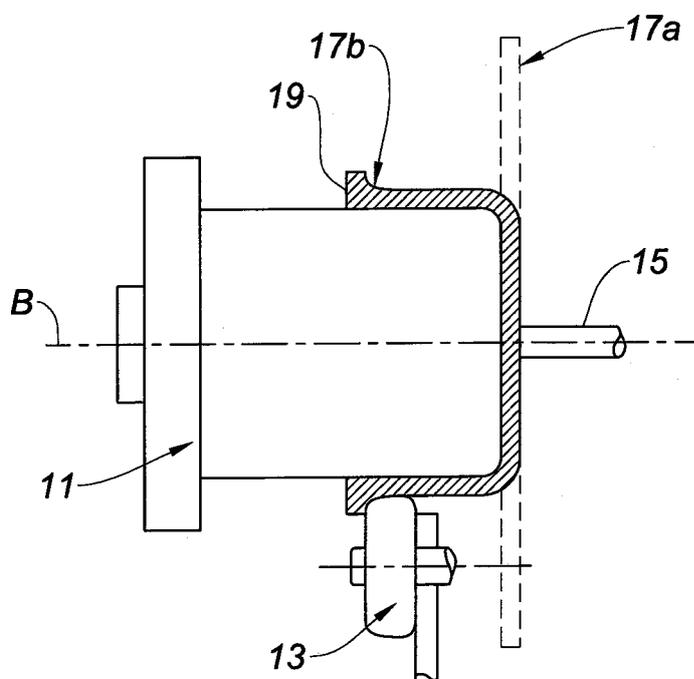
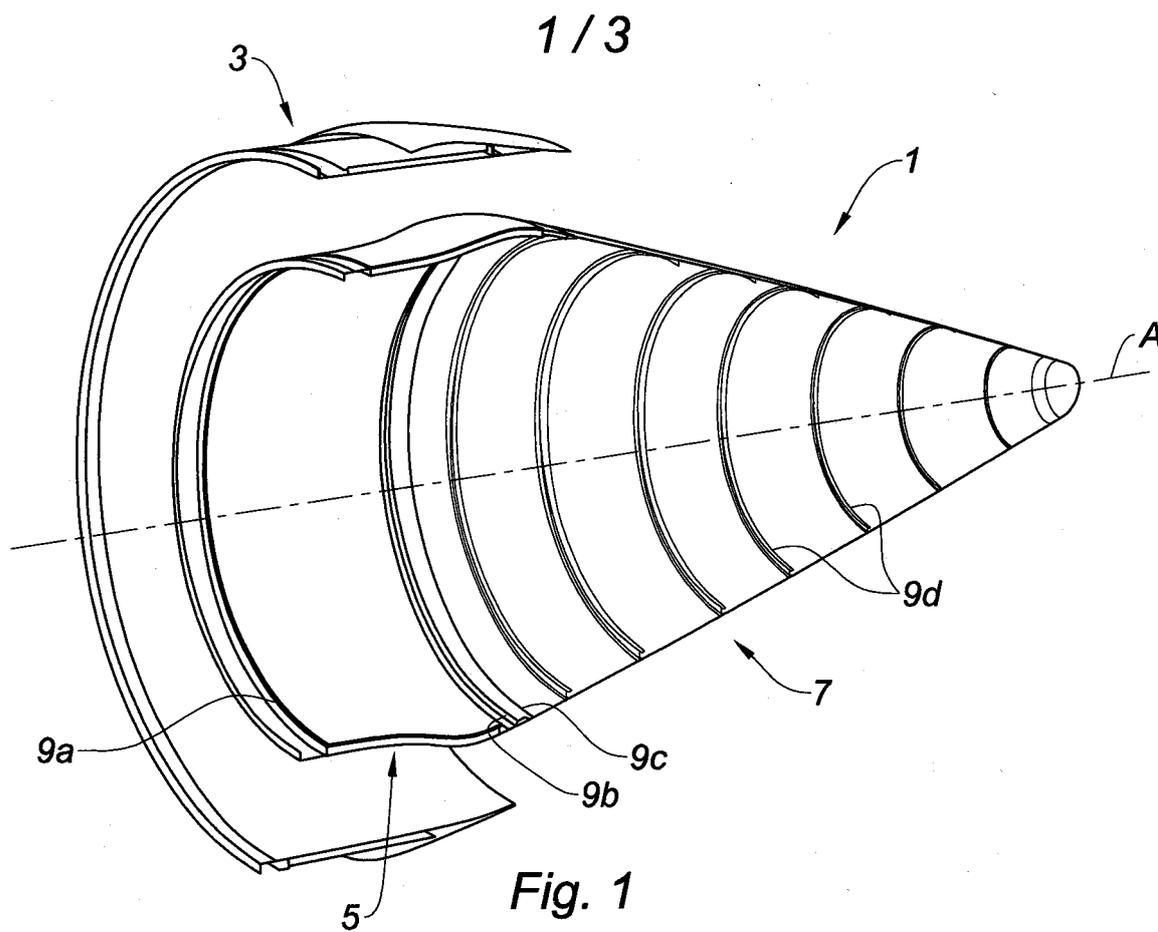
Selon une autre alternative possible, on peut réaliser ces deux brides 9a et 9b par usinage des deux bords de la pièce 17c, sur lesquels on aura pris soin de prévoir une surépaisseur de matière, tel que représenté à la
figure 4 (référence 19).

Bien entendu, toute forme de moule peut convenir : on a
30 représenté à la figure 6 un autre exemple de forme de moule 25, dont la paroi intérieure 29 présente un autre exemple de forme complexe à conférer à la pièce 17c.

La présente invention n'est nullement limitée aux modes de
35 réalisation décrits et représentés, fournis à titre de simples exemples.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une pièce métallique à symétrie de révolution telle qu'une partie avant (5) de cône d'éjection des gaz chauds expulsés par un turboréacteur d'aéronef, comprenant une étape de fluotournage d'une ébauche métallique (17a ; 21), permettant d'obtenir une préforme (17b), suivie d'une étape d'hydroformage de cette préforme.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on part d'une ébauche (17a) se présentant sous la forme d'une tôle plane de préférence carrée.
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on part on part d'une ébauche (17a) se présentant sous la forme d'un brut de laminage circulaire (21).
4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel on fluotourne ladite ébauche (17a) de manière à obtenir une préforme (17b) sensiblement cylindrique.
5. Procédé selon la revendication 2, dans lequel on fluotourne ladite ébauche (17a) de manière à obtenir une préforme (17b) sensiblement conique.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on vient rapporter par soudage au moins une bride circulaire (9a, 9b) de fixation sur la pièce (17c) issue de l'étape d'hydroformage.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel on réalise par usinage au moins une bride circulaire (9a, 9b) de fixation sur la pièce issue de l'étape de fluotournage ou d'hydroformage.
8. Pièce obtenue par un procédé conforme à l'une quelconque des revendications précédentes.



2 / 3

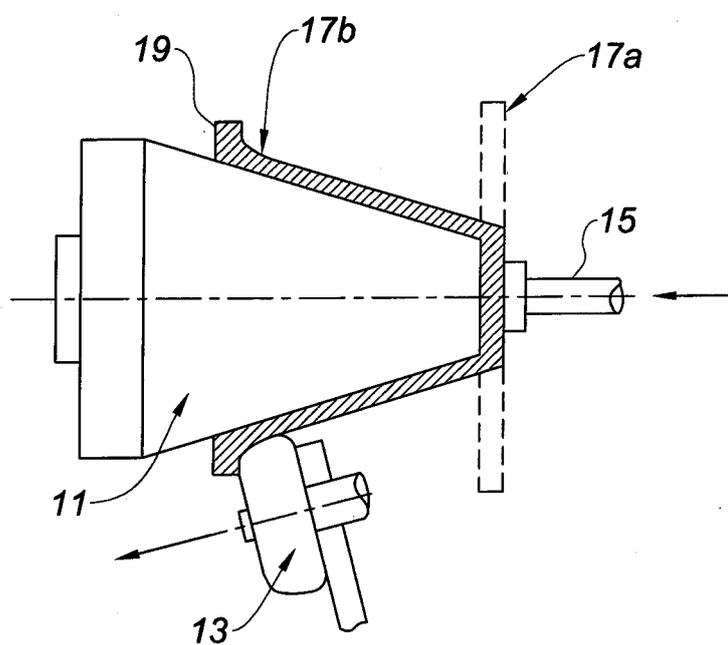


Fig. 3

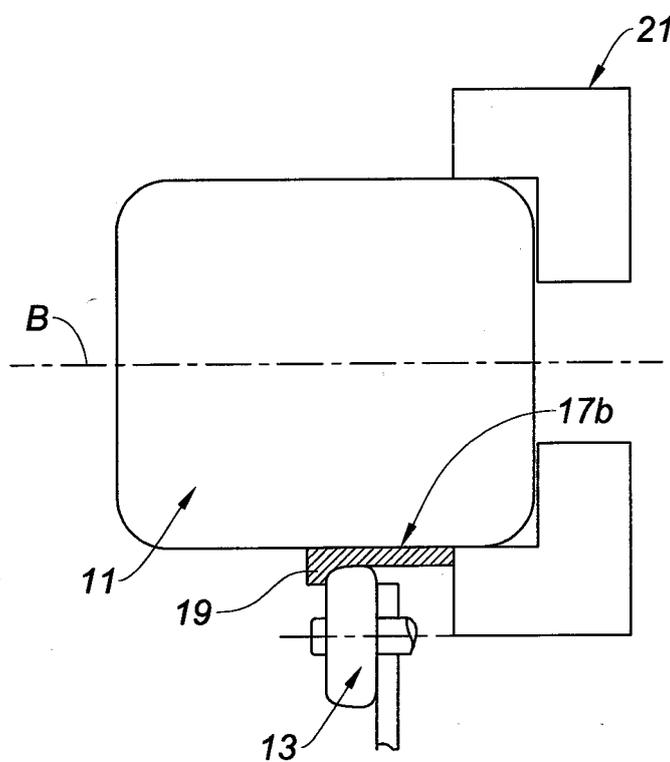


Fig. 4

3 / 3

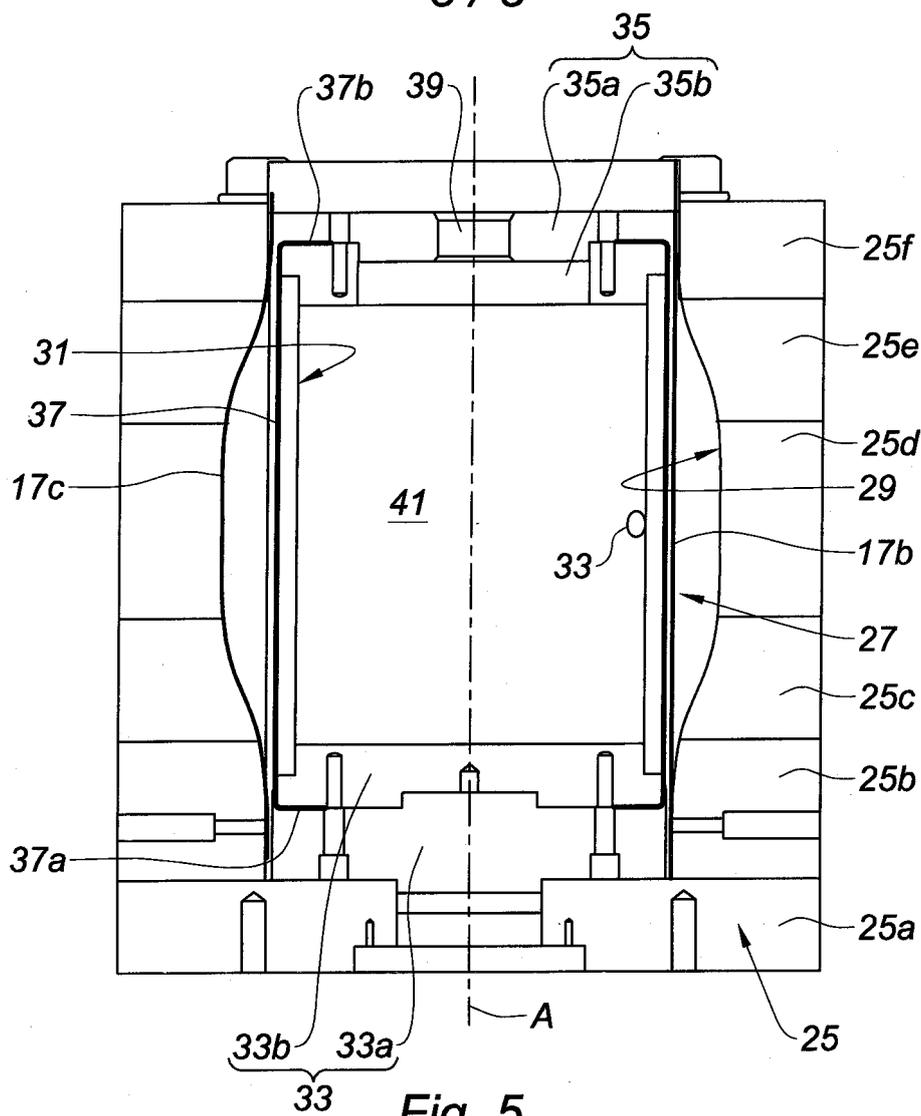


Fig. 5

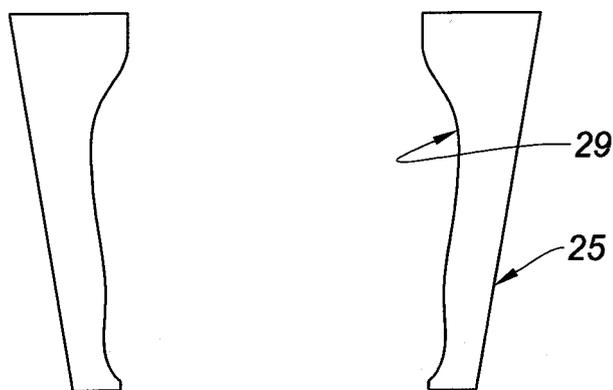


Fig. 6



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 761354
FR 1200577

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 101 48 451 A1 (LEICO WERKZEUGMASCHB GMBH & CO [DE]) 8 mai 2002 (2002-05-08) * le document en entier * -----	1-8	B21D22/18
X	JP 2011 218427 A (OF JAPANESE AEROSPACE CO INC SOC; JAPAN AIRCRAFT MFG CO) 4 novembre 2011 (2011-11-04) * le document en entier * -----	1-8	
A	FR 2 949 820 A1 (AIRCELLE SA [FR]) 11 mars 2011 (2011-03-11) * le document en entier * -----	1-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B64D F02K B21D B23P
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		15 novembre 2012	Vinci, Vincenzo
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1200577 FA 761354**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **15-11-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10148451	A1	08-05-2002	AUCUN	

JP 2011218427	A	04-11-2011	AUCUN	

FR 2949820	A1	11-03-2011	CA 2770257 A1	10-03-2011
			CN 102483012 A	30-05-2012
			EP 2473727 A1	11-07-2012
			FR 2949820 A1	11-03-2011
			US 2012160933 A1	28-06-2012
			WO 2011027072 A1	10-03-2011
