



**WO 2015/158983 A1** 

---

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))

## **ASSEMBLAGE RIVETÉ ET PROCÉDÉ DE FABRICATION ASSOCIÉ**

### DOMAINE DE L'INVENTION

Le présent exposé concerne un assemblage riveté, et plus  
5 particulièrement un assemblage comprenant une âme et au moins une  
première feuille maintenue d'un côté de l'âme par un rivet.

### ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

La demande de brevet publiée FR 2256687 décrit un assemblage  
riveté composé d'une structure légère comprise entre deux parois fines. Le  
10 rivet possède une partie intermédiaire tronconique, destinée à venir au  
contact de la structure légère, ainsi que deux extrémités cylindriques  
destinées à venir au contact essentiellement des parois fines. Chaque  
extrémité est dotée d'une butée saillante élargie pour maintenir en  
sandwich l'assemblage composé de la structure légère et des deux parois.

15 Cependant, les butées élargies d'un tel rivet ont une taille  
encombrante qui ne peut être réduite sans compromettre les  
caractéristiques mécaniques du rivet. Il existe donc un besoin pour un  
nouveau type d'assemblage riveté.

### PRÉSENTATION DE L'INVENTION

20 A cet effet, le présent exposé concerne un assemblage comprenant  
une âme et au moins une première feuille maintenue d'un côté de l'âme  
par un rivet, le rivet ayant deux extrémités et au moins une première de  
ces extrémités ayant une forme évasée qui s'étend au moins sur toute  
l'épaisseur de la première feuille.

25 L'âme peut être composée d'un matériau homogène ou d'un  
matériau hétérogène. L'âme peut être faite d'une ou de plusieurs couches.  
La première feuille est un matériau globalement fin dans une direction de  
l'espace par rapport à ses dimensions dans les deux autres directions  
(orthogonales) de l'espace. La direction dans laquelle la feuille est fine est  
30 appelée épaisseur de la feuille. La première feuille peut être plane ou non.  
La première feuille peut être d'épaisseur constante ou non.

Le rivet est généralement inséré dans l'assemblage sensiblement perpendiculairement à la première feuille. Un axe principal du rivet peut s'étendre sensiblement perpendiculairement à la première feuille ou sensiblement parallèlement à l'épaisseur de la première feuille. Dans la  
5 suite, les directions axiales, radiales et tangentielles (ou circonférentielle), sauf mention contraire, seront définies par rapport à l'axe principal du rivet.

Une forme évasée est une forme progressivement élargie. Une forme évasée est telle que le contour de la forme s'écarte  
10 progressivement d'un axe au fur et à mesure que l'on avance dans un sens de l'axe. La forme évasée peut être quelconque tant qu'elle respecte la propriété précédente. Selon un mode de réalisation particulier, la forme évasée peut être conique ou analogue. Selon des variantes, elle peut s'évaser de manière concave ou convexe. Lorsqu'elle s'évase de manière  
15 concave, la forme peut comprendre une partie courbe en creux, laissant l'espace autour convexe (et inversement).

La forme évasée peut s'étendre sur l'intégralité de la première extrémité. En d'autres termes, la limite de la première extrémité par rapport au reste du rivet peut être définie à l'endroit où le rivet ne s'évase  
20 plus.

La forme évasée s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la première feuille. Elle peut s'étendre également le long d'une partie de l'âme. Elle peut s'étendre également vers l'extérieur de l'assemblage.

Le rivet peut être un rivet classique, un rivet aveugle (aussi appelé  
25 « rivet pop ») ou toute sorte de rivet.

Les parois de la première extrémité en contact avec la première feuille servent de surface d'appui. Leur forme évasée sur toute l'épaisseur de la première feuille permet d'augmenter la surface d'appui, ce qui assure un maintien amélioré et une bonne tenue de l'assemblage,  
30 notamment une bonne résistance à l'arrachement. Ainsi, grâce à un tel

assemblage, la forme de la première extrémité maintient efficacement la feuille sur l'âme sans qu'il soit nécessaire de prévoir une première extrémité de dimensions importantes.

5 Dans certains modes de réalisation, l'assemblage comprend une deuxième feuille et le rivet maintient la deuxième feuille d'un côté de l'âme opposé au côté de la première feuille. Dans ces modes de réalisation, l'âme est prise en sandwich entre la première et la deuxième feuille.

10 Dans certains modes de réalisation, le rivet comporte une deuxième extrémité ayant une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la deuxième feuille. Ainsi, dans ces modes de réalisation, l'assemblage comprend l'âme et les deux feuilles maintenues de part et d'autre de l'âme par le rivet et ses deux extrémités, les extrémités du rivet ayant chacune une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur d'une des feuilles.

15 Dans certains modes de réalisation, les première et deuxième feuilles sont deux parties d'une même pièce creuse dans laquelle vient se loger l'âme. Par exemple, la pièce creuse peut être une pièce de section transversale en « U », comme un bord de pièce profilée, notamment un bord de pièce profilée tournante ou statique de turbomachine.

20 Dans certains modes de réalisation, une des extrémités du rivet comprend une rondelle. La rondelle peut être agencée en périphérie de l'extrémité, c'est-à-dire selon une circonférence de l'extrémité par rapport à l'axe principal du rivet. La rondelle définit ainsi l'enveloppe périphérique (radialement externe) de l'extrémité. Ainsi, lorsque l'extrémité comprend  
25 une rondelle, la rondelle a une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la feuille.

La rondelle est une pièce formant l'interface du rivet avec la feuille. Elle sert à protéger la feuille lors de l'installation du rivet et à accommoder la variabilité de forme du rivet liée, par exemple, à la déformation du rivet  
30 lors de sa mise en place. La rondelle permet en outre de mieux répartir les

efforts subis par l'extrémité. La rondelle peut être faite du même matériau que la feuille avec laquelle elle est en contact.

Dans certains modes de réalisation, la rondelle est de forme interne conique ayant un angle au sommet compris entre 60 et 120°, de  
5 préférence sensiblement égal à 90°. La forme interne de la rondelle désigne la forme radialement interne, c'est-à-dire la forme de la partie de la rondelle qui est la plus proche de l'axe principal du rivet. Cette forme peut correspondre à la forme axialement extérieure par rapport à l'assemblage, c'est-à-dire à la forme de la partie de la rondelle qui est la  
10 plus éloignée de l'âme.

L'axe du cône interne de la rondelle peut être l'axe principal du rivet. En variante ou en complément, l'axe du cône interne de la rondelle peut être une perpendiculaire à la surface extérieure de la feuille avec laquelle la rondelle est en contact.

15 Le cône interne de la rondelle est donc suffisamment ouvert pour ne pas laisser échapper la rondelle et suffisamment fermé pour s'assurer que l'extrémité du rivet remplisse bien l'espace laissé par le cône.

Dans certains modes de réalisation, au moins l'une des extrémités du rivet est de forme périphérique conique ayant un angle au sommet  
20 compris entre 60° et 130°, de préférence supérieur à 90°, de préférence inférieur à 120°, de préférence sensiblement égal à 120°. La forme périphérique de l'extrémité désigne la forme radialement externe, c'est-à-dire la forme de la partie de l'extrémité qui est la plus éloignée de l'axe principal du rivet. Cette forme peut correspondre à la forme axialement  
25 intérieure par rapport à l'assemblage, c'est-à-dire à la forme de la partie de l'extrémité qui est la plus proche de l'âme.

L'axe du cône périphérique de l'extrémité peut être l'axe principal du rivet. En variante ou en complément, l'axe du cône périphérique de l'extrémité peut être une perpendiculaire à la surface extérieure de la  
30 feuille.

Lorsque l'extrémité comprend une rondelle, ces caractéristiques s'appliquent à la forme externe de la rondelle.

Cette plage d'angles est particulièrement avantageuse pour assurer un bon transfert des efforts vers l'assemblage et obtenir une surface d'appui importante entre l'extrémité et la feuille.

Dans certains modes de réalisation, la surface extérieure de la première extrémité est de niveau avec la surface extérieure de la première feuille. Dans certains modes de réalisation, la première extrémité affleure à la surface extérieure de la première feuille. La rivure ne perturbe ainsi aucunement les caractéristiques aérodynamiques de l'assemblage.

La surface extérieure de la première feuille est la surface de la première feuille qui est opposée à la surface de la première feuille en contact avec l'âme. La surface extérieure de la première feuille est donc la surface de la première feuille la plus éloignée de l'âme. Le terme extérieur est ici à entendre en référence à la direction axiale du rivet. De manière similaire, la surface extérieure de la première extrémité est la surface de la première extrémité la plus éloignée de l'âme. Les surfaces extérieures de la première extrémité et de la première feuille donnent sur l'extérieur de l'assemblage.

Dans ces modes de réalisation, la surface extérieure de la première extrémité et la surface extérieure de la première feuille sont de niveau dans les deux sens de la direction axiale, ce qui signifie que la surface extérieure de la première extrémité n'est ni en saillie ni en retrait par rapport à la surface extérieure de la première feuille. Ainsi, la première extrémité ne constitue ni un obstacle à la circulation d'un fluide le long de l'assemblage, ni une zone de création de turbulences.

Dans certains modes de réalisation, alternativement ou en complément, la surface extérieure de la deuxième extrémité est de niveau avec la surface extérieure de la deuxième feuille.

Dans certains modes de réalisation, l'assemblage comprend une douille placée autour d'une partie intermédiaire du rivet. La partie intermédiaire du rivet est la partie située entre les extrémités du rivet. La partie intermédiaire peut comprendre, par exemple, une portion  
5 cylindrique (fût). La douille vise à protéger l'assemblage des efforts radiaux qui peuvent s'exercer pendant le rivetage et/ou pendant la vie de l'assemblage, en fonction de ses sollicitations mécaniques. La douille permet également de mieux maîtriser le gonflement du rivet et son état final dans le cas d'une âme souple, ductile ou encore fragile. Dans certains  
10 modes de réalisation, la douille peut être une pièce indépendante. Dans certains autres modes de réalisation, la douille peut être faite d'une seule pièce avec la rondelle. Dans certains modes de réalisation, la douille peut être placée entre la partie intermédiaire du rivet et l'âme.

Dans certains modes de réalisation, le rivet est sensiblement à  
15 symétrie de révolution autour de l'axe principal du rivet et la hauteur d'au moins une des formes évasées est environ égale à la moitié d'un diamètre de la partie intermédiaire. La hauteur est mesurée le long de l'axe principal du rivet, tandis que les diamètres sont mesurés perpendiculairement à cet axe principal. Grâce à une telle caractéristique,  
20 l'assemblage est suffisamment maintenu par le rivet même lorsque celui-ci est fortement sollicité en traction.

Dans certains modes de réalisation, le diamètre de la partie intermédiaire est mesuré à la base de la première extrémité. Dans d'autres modes de réalisation, le diamètre de la partie intermédiaire est un  
25 diamètre moyen de la partie intermédiaire.

Dans certains modes de réalisation, le rapport d'un plus grand diamètre des extrémités sur le diamètre moyen de la partie intermédiaire est compris entre 1,5 et 2, de préférence entre 1,6 et 1,7, de préférence environ égal à 1,6. Une telle caractéristique améliore la résistance à  
30 l'arrachement de l'assemblage et la résistance du rivet à la traction.



Le présent exposé concerne également une pièce tournante ou statique de turbomachine, en particulier une pièce profilée, comprenant un assemblage tel que précédemment décrit.

Le présent exposé concerne également un procédé de fabrication d'un assemblage tel que précédemment décrit, comprenant les étapes  
5 suivantes :

- fournir une âme et une première feuille ;
- disposer la première feuille d'un côté de l'âme ;
- riveter ensemble l'âme et la première feuille.

10 Dans certains modes de réalisation, avant l'étape de rivetage, on fournit une deuxième feuille et on la dispose d'un côté de l'âme opposé au côté de la première feuille. On rivète ensuite, à l'étape de rivetage, l'âme et les deux feuilles. Les deux feuilles peuvent être maintenues sur l'âme par des rivets différents ou par au moins un rivet commun.

15 Dans certains modes de réalisation, entre l'étape de disposition et l'étape de rivetage, on ménage au moins un premier trou ayant une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la première feuille. On réalise ainsi un premier trou évasé. La première extrémité du rivet peut être formée de façon à coopérer, à l'étape de rivetage, avec ce  
20 premier trou évasé. Le premier trou évasé peut être un trou borgne ou un trou traversant.

Dans certains cas, il n'est pas nécessaire de former un trou préalablement à l'étape de rivetage. En effet, selon les matériaux employés pour l'âme et la/les feuille(s), l'enfoncement du rivet dans  
25 l'assemblage peut être suffisant pour formater au moins en partie l'assemblage et y ménager au moins en partie le logement du rivet, notamment le premier trou évasé. Dans d'autres cas, le fait de prévoir le premier trou évasé avant enfoncement du rivet permet de ménager la matière constituant l'âme et la première feuille et de limiter les risques  
30 d'endommagement de l'assemblage.

Dans certains modes de réalisation, entre l'étape de disposition et l'étape de rivetage, on ménage au moins un deuxième trou ayant une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la deuxième feuille. Le deuxième trou peut être un trou borgne ou un trou traversant.

5 Ainsi, on peut prévoir des premier et deuxième trous évasés en vis-à-vis, l'un de chaque côté de l'assemblage. Ces premier et deuxième trous peuvent communiquer par un espace de forme quelconque, notamment cylindrique. Il est possible de ménager l'espace de communication en premier lieu puis de fraiser ses extrémités de manière à leur donner une  
10 forme évasée, ou au contraire de commencer par créer deux trous évasés en vis-à-vis et de ménager ensuite un espace faisant communiquer les deux trous évasés.

Dans certains modes de réalisation, le rivet a une première extrémité évasée (parfois appelée tête), et à l'étape de rivetage, on aplatit  
15 l'extrémité du rivet opposée à la première extrémité évasée, ce par quoi on crée la forme évasée de la deuxième extrémité.

Dans certains modes de réalisation, après l'étape de rivetage, on arase l'assemblage de manière à ce que la surface extérieure de la première (respectivement deuxième) extrémité évasée soit de niveau avec  
20 la surface extérieure de la première (respectivement deuxième) feuille.

Dans certains modes de réalisation, le procédé est réalisé à froid, notamment à une température inférieure à 120°C. Le procédé ne comporte donc aucune étape de chauffage qui risquerait, selon les matériaux utilisés, d'endommager les feuilles ou l'âme. En particulier, une  
25 âme en matériau composite n'est pas altérée par un tel procédé à froid.

Dans certains modes de réalisation, à l'étape de disposition, on fixe la première feuille à l'âme, notamment par collage. Une telle étape renforce la cohésion de l'assemblage et empêche le mouvement relatif de la première feuille par rapport à l'âme pendant le rivetage. Dans certains

modes de réalisation, à l'étape de disposition, on fixe la deuxième feuille à l'âme, notamment par collage.

Dans certains modes de réalisation, à l'étape de rivetage, on intercale une rondelle entre le rivet et au moins une des feuilles.

## 5 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée qui suit, de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs. Cette description se réfère aux dessins annexés, sur lesquels :

10 - les figures 1A, 1B, 1C, 1D et 1E représentent des vues successives, en coupe partielle, de la fabrication d'un assemblage selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 représente une vue en coupe, en cours de fabrication, d'un assemblage selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;

15 - la figure 3 représente une vue en coupe de l'assemblage de la figure 2, à la fin de la fabrication.

## DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

Un procédé de fabrication d'un assemblage riveté 10 selon un premier mode de réalisation va maintenant être décrit en référence aux  
20 figures 1A, 1B, 1C, 1D et 1E.

Comme illustré sur la figure 1A, on fournit une âme 13 et une première feuille 11 et on dispose la première feuille 11 d'un côté de l'âme 13. La première feuille 11 et l'âme 13 sont directement l'une contre l'autre. L'âme est ici homogène, mais il peut s'agir d'un matériau  
25 hétérogène ou en plusieurs couches.

Ainsi que le montre la figure 1B, on ménage un trou 14 dans l'assemblage 10 en cours de fabrication. Le trou est en l'espèce un trou traversant 14 d'axe sensiblement perpendiculaire (c'est-à-dire perpendiculaire à 10° près, voire à 5° près) à la surface extérieure de la

première feuille 11. Le trou peut être cylindrique. Par exemple, le trou est un cylindre de révolution.

Dans le présent mode de réalisation, le trou 14 comporte une portion évasée 14a (ou trou évasé 14a). La portion évasée 14a désigne  
5 une portion strictement évasée, c'est-à-dire dont la section perpendiculairement à l'axe d'évasement est une fonction strictement monotone, notamment strictement croissante, de l'abscisse sur l'axe. Le trou 14 ainsi créé permet l'introduction d'un rivet 20, comme illustré à la figure 1C. L'axe principal X du rivet coïncide avec l'axe du trou.

10 Dans d'autres modes de réalisation, lorsque la première feuille est relativement souple, il est possible de ne pas prévoir de trou évasé 14a ; l'enfoncement du rivet permet à lui seul de déformer la première feuille (voire une partie de l'âme) de manière à ce qu'elle épouse la forme du rivet, notamment la forme de sa première extrémité.

15 Une fois le rivet 20 inséré dans l'assemblage 10, il est possible de procéder au rivetage proprement dit, c'est-à-dire de procéder à la déformation du rivet 20 qui empêche son retrait et lui permet d'assurer son rôle de maintien. Par exemple, on peut déformer une première extrémité 21 du rivet selon une technique connue par l'homme du métier,  
20 par exemple une technique similaire à celle décrite dans la demande de brevet FR 2256687 précitée et symbolisée, sur la figure 1C, par les efforts F antagonistes appliqués de part et d'autre du rivet 20. La figure 1D représente le résultat de la déformation.

Comme on peut le voir sur la figure 1D, la première extrémité 21 a  
25 été déformée par les efforts F jusqu'à occuper l'espace laissé par le trou évasé 14a. La première extrémité 21 possède ainsi une forme évasée. La forme évasée s'évase par rapport à l'axe principal X. Le diamètre de la première extrémité 21 perpendiculairement à l'axe principal X augmente en fonction de l'abscisse le long de l'axe principal X. En outre, comme on  
30 peut le voir sur la figure 1D, la forme évasée de la première extrémité 21

s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la première feuille 11. La forme évasée de la première extrémité 21 est ici complémentaire de celle du trou évasé 14a. En outre, du fait de l'excès de matière prévu sur le rivet 20, la première extrémité 21 dépasse de la première feuille 11.

5 Suite au rivetage, la première feuille 11 et l'âme 13 sont prises en sandwich entre les deux extrémités du rivet 20. De cette façon, l'assemblage 10 comporte l'âme 13 et la première feuille 11, maintenue d'un côté de l'âme 13 par le rivet 20, la première extrémité 21 du rivet 20 ayant une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la  
10 première feuille 11.

On soumet ensuite l'assemblage 10 à une étape d'usinage pour enlever, le cas échéant, la matière en excès de la première extrémité 21. Plus précisément, on arase l'assemblage au moins au niveau de la première extrémité 21 si celle-ci dépasse de la première feuille. Le résultat  
15 obtenu est représenté sur la figure 1E. La surface extérieure de la première extrémité 21 est de niveau avec la surface extérieure de la première feuille 11.

Les figures 2 à 3 présentent un assemblage 110 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Sur la figure 2 est illustrée une âme  
20 113. L'âme 113 peut être en matériau composite, notamment en fibres imprégnées de résine, notamment d'une résine thermodurcissable. Une première feuille 111 est fixée par une couche de colle 115 d'un côté de l'âme 113. D'un côté opposé à la première feuille 111, une deuxième feuille 112 est fixée par une couche de colle 116 à l'âme 113. La première  
25 feuille 111 et/ou la deuxième feuille 112 est par exemple un clinquant métallique. En particulier, la première et/ou la deuxième feuille 111, 112 peut être en alliage de titane, par exemple en TA6V (désignation européenne Ti-6Al-4V, norme UNS R56400). Dans le présent mode de réalisation, les feuilles ont une épaisseur comprise entre 0,3 mm et  
30 1,5 mm, en particulier supérieure à 0,5 mm, en particulier inférieure à

0,8 mm. En particulier, l'âme 113 et la (les) feuille(s) 111 et/ou 112 peuvent former une partie d'une pièce profilée tournante ou statique d'une turbomachine.

Dans l'assemblage 110, on a ménagé un premier trou 114a ayant  
5 une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la première feuille 111. On a également ménagé un deuxième trou 114c ayant une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la deuxième feuille 112. Les deux trous évasés 114a, 114c communiquent par un espace 114b. L'espace 114b est ici de forme sensiblement  
10 cylindrique. En l'espèce, le premier trou 114a est conique. L'axe du cône du premier trou 114a est l'axe principal X, perpendiculaire à la deuxième feuille 112. Le deuxième trou 114c est conique. L'axe du cône du deuxième trou 114c est l'axe principal X. Ainsi, dans ce mode de réalisation, bien que les deux feuilles 111, 112 ne soient pas strictement  
15 parallèles, les premier et deuxième trous évasés 114a, 114c sont évasés par rapport au même axe.

Un rivet 120 est ensuite inséré par le premier trou évasé 114a, ce par quoi l'on obtient l'assemblage 110 tel que représenté sur la figure 2. Devant être déformé, le rivet 120 est avantageusement dans un matériau  
20 ductile. Dans le présent mode de réalisation, le rivet 120 peut être en titane pur, en particulier en T40 (norme UNS R50400).

Le rivet 120 comprend une première extrémité 121 et une deuxième extrémité 122. La première extrémité 121 est adaptée pour coopérer avec le premier trou 114a. La deuxième extrémité 122 est  
25 destinée à coopérer avec le deuxième trou 114c.

La deuxième extrémité 122 du rivet 120 comprend une rondelle 122a. Dans le présent mode de réalisation, la rondelle 122a fait partie d'un manchon 124 qui sera décrit ultérieurement. La rondelle 122a est intercalée entre le rivet 120 et la deuxième feuille 122. La rondelle 122a  
30 peut être faite du même matériau que la deuxième feuille 122 sur laquelle

elle repose, en particulier en TA6V. Dans l'exemple représenté, la rondelle 122a présente une forme périphérique (radialement extérieure) conique. La forme périphérique de la rondelle 122a épouse la forme du deuxième trou évasé 114c dans lequel elle vient se loger. La forme périphérique de la rondelle 122a, qui est destinée à devenir la forme périphérique de l'extrémité 122, est un cône de révolution d'axe principal X et d'angle au sommet t2. L'angle t2 est compris entre 60 et 130°. L'angle t2 vaut par exemple environ 120°.

Par ailleurs, dans l'exemple représenté, la rondelle 122a a une forme interne 122b (radialement intérieure) conique. La forme interne 122b de la rondelle 122a est destinée à accueillir la matière formant la deuxième extrémité 122 du rivet après déformation de ladite deuxième extrémité 122. La forme interne de la rondelle 122a est un cône de révolution d'axe principal X et d'angle au sommet t1. L'angle t1 est compris entre 60 et 120°. L'angle t1 vaut par exemple environ 90°. Ainsi, dans l'exemple représenté, la rondelle 122a est biconique d'axe principal X.

Comme indiqué précédemment, la rondelle 122a est formée par une partie du manchon 124. Le manchon 124 comprend également une douille 125. La rondelle 122a et la douille 125 sont ici deux parties d'une seule et même pièce, mais pourraient former deux pièces indépendantes.

La douille 125 est placée autour d'une partie intermédiaire 123 du rivet 120. La partie intermédiaire 123 est située entre les deux extrémités 121, 122 du rivet 120. La douille 125 peut être disposée entre l'âme 113 et le rivet 120, plus précisément entre l'âme 113 et la partie intermédiaire 123. La douille 125 protège l'âme 113 des efforts radiaux pouvant être exercés par le rivet 120 et notamment sa partie intermédiaire 123. La douille 125 garantit la forme finale de la partie intermédiaire 123 en limitant son expansion radiale.

La première extrémité 121 du rivet est par exemple de forme conique. Le cône est ici un cône d'axe l'axe principal X et d'angle au sommet t3. L'angle t3 est compris entre 60 et 130°. Dans l'exemple représenté, l'angle t3 vaut environ 120°. Bien que les angles t2 et t3  
5 soient ici égaux, ils peuvent être différents dans d'autres modes de réalisation.

A partir de la configuration représentée sur la figure 2, on procède au rivetage en déformant la deuxième extrémité 122 du rivet tout en maintenant la première extrémité 121, selon une méthode connue par  
10 l'homme du métier. L'homme du métier, selon ses connaissances, dimensionne la longueur et le diamètre du rivet 120 pour qu'il soit suffisamment court pour ne pas flamber au cours du rivetage et suffisamment long pour former une deuxième extrémité 122 de dimension suffisante, c'est-à-dire pour remplir le deuxième trou évasé 114c (compte  
15 tenu, le cas échéant, de la forme interne 122b de la rondelle 122a) et arriver au moins à niveau de la surface extérieure de la deuxième feuille 112. Par exemple, le diamètre du rivet 120 peut être compris entre 2,4 mm et 3,6 mm pour des épaisseurs totales de l'assemblage 110 variant entre quelques millimètres et 11,5 mm.

20 Après rivetage, on arase l'assemblage 110 de manière à ce que la surface extérieure de la première extrémité 121 soit de niveau avec la surface extérieure de la première feuille 111. On arase également l'assemblage 110 de manière à ce que la surface extérieure de la deuxième extrémité 122 soit de niveau avec la surface extérieure de la  
25 deuxième feuille 112. On obtient ainsi un assemblage 110 tel que représenté sur la figure 3. Dans certains modes de réalisation, la première extrémité du rivet peut être directement formée pour que sa surface extérieure soit de niveau avec la surface extérieure de la première feuille 11, de sorte qu'une reprise de profil, par exemple par arasement, n'est  
30 pas nécessaire. A l'inverse, dans ce deuxième mode de réalisation, la



reprise de profil prévue permet d'imposer des contraintes moins strictes sur les dimensions initiales du rivet 120 et sur son ajustement dans l'assemblage 110 avant déformation.

Comme illustré par la figure 3, l'assemblage 110 comprend les deux  
5 feuilles 111, 112 maintenues de part et d'autre de l'âme 113 par le rivet 120, les extrémités 121, 122 du rivet ayant chacune une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur d'une des feuilles. Ainsi, le rivetage vient en complément du collage pour maintenir l'assemblage 110.

Dans l'exemple représenté, la forme évasée des extrémités dépasse  
10 au-delà des feuilles 111, 112. Elle peut s'étendre le long d'une partie de l'âme 113.

Comme on peut le voir sur la figure 3, la partie intermédiaire 123  
du rivet a un diamètre relativement faible pour ne pas endommager la structure de l'âme 113. La bonne tenue de l'assemblage 110 à  
15 l'arrachement est essentiellement assurée par la forme évasée des extrémités 121, 122, qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur d'une des feuilles 111, 112. Le caractère affleurant des surfaces extérieures des première et deuxième extrémités 121, 122 est particulièrement avantageux dans le cas d'une pièce soumise à un flux aérodynamique de  
20 part et d'autre de l'assemblage riveté 110.

Pour une âme 113 en matériau composite, comme c'est le cas dans le deuxième mode de réalisation, le gonflement dû aux sollicitations mécaniques et/ou thermiques du matériau peut dilater l'âme 113 de manière anisotrope. En particulier, dans le cas de fibres imprégnées de  
25 résine, les fibres s'étendant perpendiculairement à l'épaisseur de l'âme, le gonflement axial (dans la direction de l'axe X) est environ dix fois supérieur au gonflement transversal (perpendiculairement à l'axe X) ; en outre, le gonflement transversal des fibres est environ quatre fois supérieur au gonflement du rivet métallique 120 dans la même direction.  
30 Il s'ensuit une mise en traction axiale du rivet 120 sous des contraintes

pouvant dépasser la centaine de mégaPascal (MPa). La forme évasée proposée pour les extrémités 121, 122 du rivet permet de faire porter les efforts de manière progressive sur la structure et de renvoyer les efforts au maximum sur les feuilles 111, 112.

- 5 Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, des modifications peuvent être apportées à ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés/mentionnés
- 10 peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

## REVENDEICATIONS

1. Assemblage (10, 110) comprenant une âme (13, 113), au moins une première feuille (11, 111) maintenue d'un côté de l'âme par un rivet  
5 (20, 120) et une deuxième feuille (112) maintenue par le rivet (20, 120) d'un côté de l'âme opposé au côté de la première feuille (11, 111), le rivet (20, 120) ayant deux extrémités (21, 121, 122) et au moins une première de ces extrémités (21, 121) ayant une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la première feuille (11, 111), une deuxième de ces  
10 extrémités (122) ayant une forme évasée qui s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la deuxième feuille (112).
2. Assemblage selon la revendication 1, dans lequel une des extrémités (122) du rivet comprend une rondelle (122a).  
15
3. Assemblage selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première extrémité (121, 122) est de forme extérieure conique ayant un angle au sommet ( $t_2$ ,  $t_3$ ) compris entre 60 et 130°.
- 20 4. Assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la surface extérieure de la première extrémité (21, 121, 122) est de niveau avec la surface extérieure de la première feuille (11, 111, 112).
5. Assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,  
25 comprenant une douille (125) placée autour d'une partie intermédiaire (123) du rivet, entre les extrémités (121, 122) de celui-ci.
6. Pièce, en particulier pièce profilée, tournante ou statique de turbomachine, comprenant un assemblage selon l'une quelconque des  
30 revendications 1 à 5.

7. Procédé de fabrication d'un assemblage (10, 110) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant les étapes suivantes :
- fournir une âme (13, 113), une première feuille (11, 111) et une  
5 deuxième feuille (112) ;
  - disposer la première feuille (11, 111) d'un côté de l'âme (13, 113) ;
  - disposer la deuxième feuille (112) d'un côté de l'âme opposé au côté de la première feuille (11, 111) ;
  - riveter ensemble l'âme (13, 113), la première feuille (11, 111) et la  
10 deuxième feuille (112).
8. Procédé de fabrication selon la revendication 7, dans lequel, entre l'étape de disposition et l'étape de rivetage, est ménagé au moins un premier trou (14, 114) ayant une forme évasée (14a, 114a, 114c) qui  
15 s'étend au moins sur toute l'épaisseur de la première feuille (111, 112).
9. Procédé de fabrication selon la revendication 7 ou 8, dans lequel après l'étape de rivetage, l'assemblage (110) est arasé de manière à ce que la surface extérieure de la première extrémité (121, 122) soit de  
20 niveau avec la surface extérieure de la première feuille (111, 112).
10. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel, à l'étape de disposition, la première feuille (111, 112) est fixée à l'âme (113), notamment par collage (115, 116).  
25
11. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, dans lequel, à l'étape de rivetage, une rondelle (122a) est intercalée entre le rivet et la deuxième feuille (112).

1/2

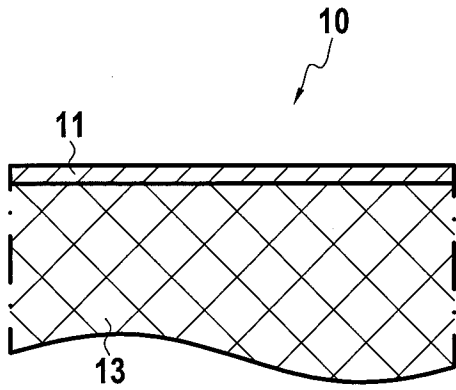


FIG. 1A

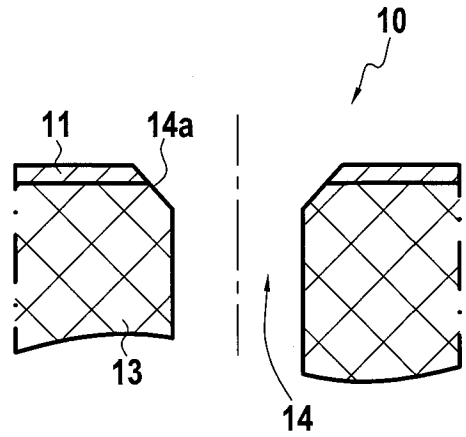


FIG. 1B

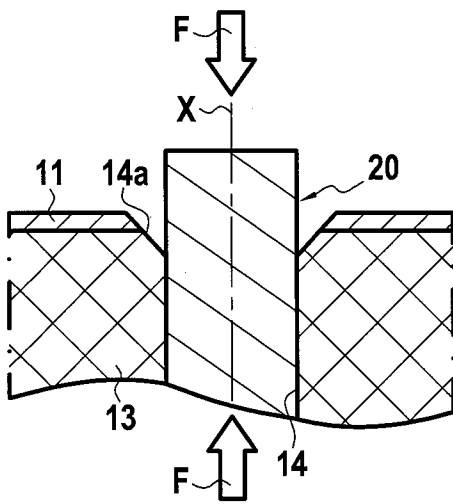


FIG. 1C

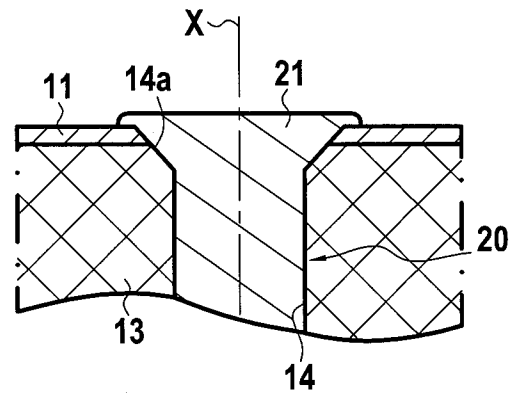


FIG. 1D

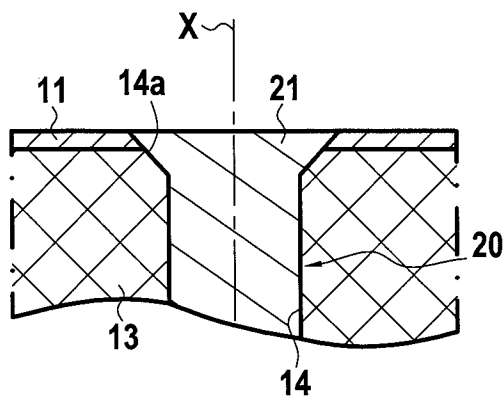


FIG. 1E



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2015/050911

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F16B5/01 F16B5/04  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F16B  
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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 724 614 A (BENDER J) 3 April 1973 (1973-04-03) column 1, line 56 - column 3, line 8; figure 2	1-11
A	US 5 437 750 A (RINSE OFFRINGA ARNT [NL] ET AL) 1 August 1995 (1995-08-01) column 3, line 56 - column 6, line 10; figures 1-5	1-11
A	GB 767 547 A (CHANTIER ET ATELIERS DE SAINT) 6 February 1957 (1957-02-06) the whole document	1-11
A	FR 2 256 687 A5 (SNECMA [FR]) 25 July 1975 (1975-07-25) page 2, line 23 - page 4, line 38; figures 1-6	1-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  24 June 2015	Date of mailing of the international search report  03/07/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Comel, Ezio

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/050911

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3724614	A	03-04-1973	JP S5623048 B1 28-05-1981
			US 3724614 A 03-04-1973
-----			
US 5437750	A	01-08-1995	DE 69503284 D1 13-08-1998
			DE 69503284 T2 03-12-1998
			EP 0676272 A2 11-10-1995
			US 5437750 A 01-08-1995
-----			
GB 767547	A	06-02-1957	FR 1084537 A 20-01-1955
			GB 767547 A 06-02-1957
-----			
FR 2256687	A5	25-07-1975	DE 2459608 A1 21-08-1975
			FR 2256687 A5 25-07-1975
-----			



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/050911

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F16B5/01 F16B5/04 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) F16B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 3 724 614 A (BENDER J) 3 avril 1973 (1973-04-03) colonne 1, ligne 56 - colonne 3, ligne 8; figure 2 -----	1-11
A	US 5 437 750 A (RINSE OFFRINGA ARNT [NL] ET AL) 1 août 1995 (1995-08-01) colonne 3, ligne 56 - colonne 6, ligne 10; figures 1-5 -----	1-11
A	GB 767 547 A (CHANTIER ET ATELIERS DE SAINT) 6 février 1957 (1957-02-06) le document en entier -----	1-11
A	FR 2 256 687 A5 (SNECMA [FR]) 25 juillet 1975 (1975-07-25) page 2, ligne 23 - page 4, ligne 38; figures 1-6 -----	1-11
<input 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 24 juin 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 03/07/2015
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 Comel, Ezio

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/050911

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 3724614	A	03-04-1973	JP	S5623048 B1	28-05-1981
			US	3724614 A	03-04-1973
-----					
US 5437750	A	01-08-1995	DE	69503284 D1	13-08-1998
			DE	69503284 T2	03-12-1998
			EP	0676272 A2	11-10-1995
			US	5437750 A	01-08-1995
-----					
GB 767547	A	06-02-1957	FR	1084537 A	20-01-1955
			GB	767547 A	06-02-1957
-----					
FR 2256687	A5	25-07-1975	DE	2459608 A1	21-08-1975
			FR	2256687 A5	25-07-1975
-----					