

**(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE**

(41) Date de publication : 27/03/2018

(21) Numéro de demande : BE2016/5670

(22) Date de dépôt : 31/08/2016

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : B22F 3/02, B22F 3/00, B30B 15/34, B30B 15/02, B22F 5/00, F01D 11/12, B22F 3/12

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.  
4041, HERSTAL (MILMORT)  
Belgique

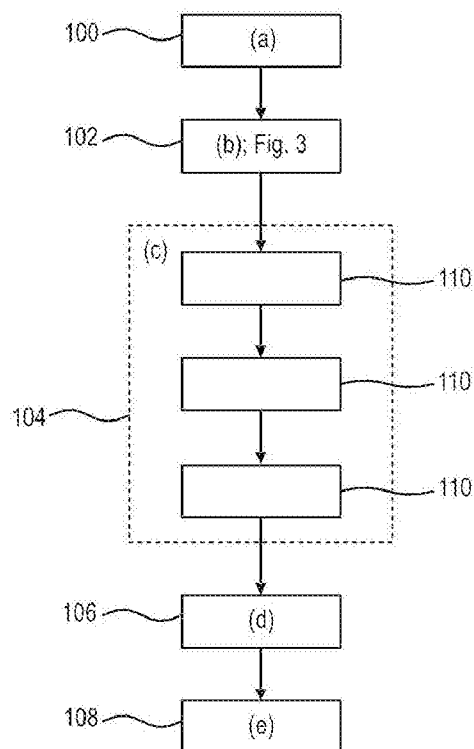
(72) Inventeur(s) :

DETRY Brigitte  
5000 NAMUR  
Belgique

**(54) PROCEDE DE REALISATION D'UN JOINT ABRADABLE DE TURBOMACHINE**

(57) L'invention propose un procédé de réalisation d'un joint abradable pour turbomachine, tel un joint de compresseur basse pression de turboréacteur. Le procédé comprend les étapes suivantes réalisées comme suit : (a) préchauffage (100) d'un moule métallique dans un four ; (b) remplissage (102) du moule chaud avec un mélange poudreux à base aluminium ; (c) dégazage (104) du mélange dans le moule ; (d) compactage (106) à température ambiante du mélange dans le moule toujours chaud, de manière à solidifier le mélange dans le moule. Le joint abradable est ainsi produit en segments angulaires formant des tuiles. Les segments angulaires sont ensuite collés dans un carter composite de la turbomachine.

FIG. 4



## Description

### PROCEDE DE REALISATION D'UN JOINT ABRADABLE DE TURBOMACHINE

#### Domaine technique

- 5 L'invention concerne la réalisation de joints abrasables pour une turbomachine. L'invention a également trait à un procédé de fabrication d'une turbomachine, notamment d'un turboréacteur d'avion ou d'un turbopropulseur d'aéronef, avec un joint abrasable.

#### Technique antérieure

- 10 Il est connu d'utiliser un matériau abrasable, également appelé matériau fiable, afin d'assurer une étanchéité dynamique dans une turbomachine, en particulier dans un compresseur de turboréacteur d'avion. Un tel matériau forme la surface interne d'un carter externe qu'il tapisse, et s'effrite en cas de contact avec des extrémités d'aubes rotoriques. Ce matériau abrasable est adapté pour  
15 limiter l'usure des extrémités des aubes malgré leur vitesse de rotation, vitesse de rotation pouvant dépasser les 8000 tr/minutes. En outre, la vitesse relative entre une extrémité d'aube rotorique et son joint d'étanchéité s'approche de la vitesse du son.

- Ainsi, il est possible de concevoir un compresseur tout en réduisant le jeu  
20 mécanique entre les extrémités d'aubes rotoriques et la surface interne du carter. L'optimisation peut également prendre en compte la dilatation, la force centrifuge ; et certains aléas de fonctionnement comme les ingestions et les phénomènes de pompage. Un matériau abrasable formant un revêtement de carter comprend généralement de l'aluminium, de la silice, du polyester. Le  
25 procédé de réalisation du joint permet d'optimiser le comportement et les performances du joint. Une application à une virole interne coopérant avec des lécettes reste également dans le domaine du possible.

- Il est à noter que l'expression de langue anglaise « abrasable » est  
30 communément utilisée pour désigner un matériau friable apte à assurer une certaine étanchéité avec une surface mobile par rapport à ce matériau. Ce

matériau peut présenter diverses compositions, structures et formes. A titre d'exemple, une virole externe de compresseur de turbomachine axiale, pourvue d'une couche de ce matériau permet d'assurer une étanchéité tournante avec les extrémités des aubes rotoriques dudit compresseur. Cela permet de

5 conserver l'intégrité de l'ensemble et ce malgré les déformations, mêmes légères, inhérentes à la turbomachine, notamment des déformations en élongation des aubes ou de leur support en raison des forces centrifuges. En réduisant au mieux le jeu entre les aubes mobiles et le carter de la veine fluide, on augmente ainsi l'efficacité et le rendement du turboréacteur.

10 Le document FR 2 993 577 A1 divulgue un procédé de réalisation d'un revêtement abradable résistant à la corrosion. Le revêtement forme une portion d'usure collée à la structure d'une turbomachine. Le revêtement comporte une matrice à base polyester et une charge d'alliage d'aluminium. Le revêtement est produit en plaques par moulage à chaud. Or, la résistance des plaques en

15 question reste limitée.

## Résumé de l'invention

### Problème technique

L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par

20 l'art antérieur. Plus précisément, l'invention a pour objectif d'améliorer la qualité d'un joint abradable de turbomachine. L'invention a également pour objectif d'augmenter la résistance du joint abradable.

### Solution technique

25 L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'un joint abradable dans un moule, notamment d'un joint abradable pour turbomachine, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes : (a) préchauffage du moule ; puis (b) remplissage du moule avec un mélange, notamment un mélange poudreux ; (d) compactage du mélange dans le moule de sorte à solidifier le

30 mélange dans le moule.

Selon un mode avantageux de l'invention, à l'étape (a) préchauffage, la surface interne de la cavité du moule destinée à recevoir le mélange est recouverte d'une feuille d'aluminium.

5 Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (a) préchauffage du moule comprend le chauffage du moule au moins à 300°C, ou au moins à 400°C, ou au moins à 500°C.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (a) préchauffage du moule comprend le chauffage du moule pendant au moins 2 heures, ou au moins 3 heures.

10 Selon un mode avantageux de l'invention, à l'étape (b) remplissage le mélange comprend une charge, et une matrice dont la masse représente entre 5% et 50% de la masse du mélange.

Selon un mode avantageux de l'invention, la charge comprend entre 20% et 45% massique de nickel.

15 Selon un mode avantageux de l'invention, la charge comprend entre 5% et 20% massique de silicium.

Selon un mode avantageux de l'invention, la charge comprend entre 55% et 80% massique d'aluminium.

20 Selon un mode avantageux de l'invention, la matrice comprend du nitrure de bore hexagonal, ou du fluorure de calcium, ou un polymère tel du polyester.

Selon un mode avantageux de l'invention, le procédé comprend en outre une étape (c) dégazage du mélange dans le moule, qui est effectuée avant l'étape (d) compactage.

25 Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (c) dégazage comprend au moins un cycle d'application d'un effort de compression sur le mélange dans le moule puis un relâchement dudit effort de compression, éventuellement l'étape (c) dégazage comprend au moins trois cycles.

30 Selon un mode avantageux de l'invention, lors d'au moins un ou de chaque cycle, l'effort de compression est maintenu entre 1 seconde et 5 minutes, ou entre 5 secondes et 1 minute, ou entre 10 secondes et 30 secondes.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (d) compactage est effectuée à température ambiante.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (d) compactage est effectuée au plus 15 minutes, ou au plus 5 minutes, ou au plus 1 minute après l'étape (a) préchauffage.

5 Selon un mode avantageux de l'invention, lors de l'étape (d) compactage, une pression de 10 MPa à 20 MPa, ou d'au moins 15 MPa est appliquée au mélange.

Selon un mode avantageux de l'invention, lors de l'étape (d) compactage, un effort de compression est appliqué pendant 30 minutes à 90 minutes, éventuellement pendant 60 minutes, sur le mélange.

10 Selon un mode avantageux de l'invention, le moule comprend un réceptacle et un piston compactant le mélange dans le réceptacle pendant l'étape (d) compactage, et éventuellement pendant l'étape (c) dégazage.

15 Selon un mode avantageux de l'invention, la capacité thermique du moule est supérieure ou égale au double de la capacité thermique du mélange contenu dans le moule.

Selon un mode avantageux de l'invention, la capacité thermique du moule est supérieure ou égale à trois, ou à cinq, ou à sept, ou à dix fois la capacité thermique du mélange contenu dans le moule.

20 Selon un mode avantageux de l'invention, la masse du moule est supérieure ou égale à cinq fois, ou à dix fois la masse du mélange.

Selon un mode avantageux de l'invention, le moule est en métal, notamment en acier, par exemple en acier inoxydable.

Selon un mode avantageux de l'invention, la charge comprend du nickel et/ou du silicium et/ou de l'aluminium.

25 Selon un mode avantageux de l'invention, l'effort de compression pendant l'étape (c) dégazage est configuré pour exercer une pression d'au moins 15 MPa sur le mélange.

30 Selon un mode avantageux de l'invention, lors d'au moins un ou de chaque cycle, le relâchement de l'effort de compression dure entre 1 seconde et 5 minutes, ou entre 5 secondes et 1 minute, ou entre 10 secondes et 30 secondes.

Selon un mode avantageux de l'invention, à l'issue de l'étape (d) compactage, le joint abradable solidifié forme un segment angulaire d'un anneau.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une turbomachine comprenant un joint abradable obtenu selon un procédé de réalisation ; remarquable en ce que le procédé de réalisation est conforme à

5 l'invention, éventuellement la turbomachine comprend un compresseur basse pression, le joint abradable étant un joint dudit compresseur basse pression.

Selon un mode avantageux de l'invention, le procédé de fabrication comprend une étape (i) fourniture ou réalisation d'un support, et une étape (ii) fixation sur le support du joint abradable issu du procédé de réalisation.

10 Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (ii) fixation comprend un collage, ou un soudage, ou un rivetage.

De manière générale, les modes avantageux de chaque objet de l'invention sont également applicables aux autres objets de l'invention. Dans la mesure du possible, chaque objet de l'invention est combinable aux autres objets. Les

15 objets de l'invention sont également combinables aux modes de réalisation de la description, qui en plus sont combinables entre eux.

#### Avantages apportés

L'invention augmente la résistance du joint abradable en cas de contact avec le

20 rotor. En particulier, la résistance mécanique et la résistance à la corrosion sont améliorées. Le joint devient plus durable, ce qui optimise la sécurité de la turbomachine. En particulier, le joint obtenu montre une durabilité optimale dans le contexte d'un compresseur basse pression de turboréacteur dont la température de fonctionnement est comprise entre  $-50^{\circ}\text{C}$  et  $+50^{\circ}\text{C}$ , et qui reste

25 vers  $-50^{\circ}\text{C}$  en vol de croisière. Par ailleurs, le joint abradable permet de répondre aux critères d'une ingestion en présence d'aubes en titane, par exemple sur un rotor monobloc.

Le procédé selon l'invention offre un matériau final plus homogène à l'échelle granulaire. La charge pénètre mieux la matrice. La tendance des grains de la

30 matrice à s'agglutiner diminue, tout comme les grains de la charge. En parallèle, l'invention peut permettre de mieux encapsuler les grains de la

charge. Par exemple, les grains métalliques sont davantage encapsulés, ce qui améliore la résistance à la corrosion.

### **Brève description des dessins**

La figure 1 représente une turbomachine axiale selon l'invention.

5 La figure 2 esquisse une portion de la turbomachine de la figure 1.

La figure 3 illustre un moule utilisé pour le compactage à chaud d'un joint abradable selon l'invention.

La figure 4 est un diagramme du procédé de réalisation d'un joint abradable dans un moule selon l'invention.

10 La figure 5 est un diagramme du procédé de fabrication d'une turbomachine selon l'invention.

### **Description des modes de réalisation**

Dans la description qui va suivre, les termes interne et externe renvoient à un positionnement par rapport à l'axe de rotation d'une turbomachine axiale.

15 La figure 1 représente de manière simplifiée une turbomachine axiale. Il s'agit dans ce cas précis d'un turboréacteur double-flux. Le turboréacteur 2 comprend un premier niveau de compression, dit compresseur basse-pression 4, un deuxième niveau de compression, dit compresseur haute-pression 6, une chambre de combustion 8 et un ou plusieurs niveaux de turbines 10. En  
20 fonctionnement, la puissance mécanique de la turbine 10 transmise via l'arbre central jusqu'au rotor 12 met en mouvement les deux compresseurs 4 et 6. Ces derniers comportent plusieurs rangées d'aubes de rotor associées à des rangées d'aubes de stators. La rotation du rotor 12 autour de son axe de rotation 14 permet ainsi de générer un débit d'air et de comprimer  
25 progressivement ce dernier jusqu'à l'entrée de la chambre de combustion 8.

Un ventilateur d'entrée communément désigné fan ou soufflante 16 est couplé au rotor 12 et génère un flux d'air qui se divise en un flux primaire 18 traversant les différents niveaux sus mentionnés de la turbomachine, et en un flux secondaire 20 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long  
30 de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine. Le flux

secondaire peut être accéléré de sorte à générer une réaction de poussée utile pour le vol d'un avion.

Autour de la soufflante 16 comme autour des aubes rotoriques de compresseur ou de turbine, la turbomachine présente plusieurs joints abradables annulaires.

5 Ces joints abradables sont adaptés pour coopérer par abrasion avec les extrémités radiales des aubes, respectivement de la soufflante, en s'effritant de sorte à limiter l'usure et la dégradation desdites extrémités. Grâce à cette sécurité, il devient possible de réduire les jeux radiaux de sécurité entre les aubes et leurs joints, et donc d'amoindrir les recirculations. Dès lors, le  
10 rendement augmente.

La figure 2 est une vue en coupe d'une portion de la turbomachine présentée en relation avec la figure 1. En l'occurrence, il peut s'agir d'une portion de compresseur, éventuellement du compresseur basse pression. Le présent enseignement peut également s'appliquer au compresseur haute pression tout  
15 comme à la soufflante.

Le rotor 12 s'entoure d'un carter 22 du stator. Il comprend une rangée annulaire d'aubes rotoriques 24 s'étendant radialement jusqu'au niveau de la surface interne du carter 22. Cette surface interne est tapissée par un joint abradable annulaire 26 qui ceinture la rangée d'aubes rotoriques 24. La proximité radiale  
20 entre le joint 26 et les aubes 24 permet une étanchéité dynamique.

La figure 2 présente également une étape du procédé de fabrication de la turbomachine où un segment angulaire 28 est fixé à l'intérieur du carter 22. En l'occurrence, le joint abradable 26 segmenté est formé de huit segments 28, chacun d'eux présentant une forme de plaque cintrée ; ou encore une forme de  
25 tuile. Chaque segment 28 peut présenter une double courbure. A titre d'exemple, la longueur développée du segment est comprise entre 20cm et 40cm, éventuellement entre 25cm et 35cm inclus. La largeur peut être comprise entre 5cm et 15cm inclus.

La figure 3 esquisse le moule 30 employé pour réaliser le joint abradable,  
30 notamment par exemple sous la forme de segments angulaires.

Le moule 30 comporte un réceptacle 32 et un piston 34 qui est de forme complémentaire à la cavité interne 36 du réceptacle 32. Pour réaliser un segment de joint abradable, un mélange précurseur (non représenté) est mis en

œuvre dans la cavité interne 36, puis le moule 30 est refermé en introduisant le piston 34 dans la cavité interne 36.

Afin de limiter l'adhésion avec le moule et donc de simplifier le démoulage, la face inférieure du piston 34, comme la surface interne qui définit la cavité interne 36, sont recouverts d'un voile en aluminium (non représenté).

Le moule peut être métallique, notamment en acier inoxydable. Sa masse et sa capacité thermique permettent une accumulation de calories, puis un échange de calories avec le mélange.

Le piston 34 est introduit avec un effort  $F$  vertical de sorte à exercer une pression prédéterminée pendant un temps voulu sur le mélange. Par un phénomène thermique et/ou physicochimique le mélange durci, si bien qu'un solide est produit. Le segment de joint se matérialise.

La figure 4 présente le procédé de réalisation d'un joint abradable dans un moule. Le moule peut correspondre à celui présenté en figure 3, et le joint abradable peut correspondre à celui illustré en relation avec les figures 1 et 2.

Le procédé peut comprendre les étapes suivantes ; éventuellement réalisées dans l'ordre qui suit :

- (a) préchauffage 100 du moule ;
- (b) remplissage 102 du moule avec un mélange, notamment un mélange poudreux ;
- (c) dégazage 104 du mélange dans le moule ;
- (d) compactage 106 du mélange dans le moule encore chaud, de sorte à solidifier le mélange dans le moule, notamment de manière à former un segment angulaire de joint abradable ;
- (e) démoulage 108 du segment angulaire de joint abradable.

L'étape (a) préchauffage 100 du moule comprend le préchauffage du moule à au moins 500°C pendant 3 heures, ce qui permet de s'assurer de la montée en température du moule, et qu'il accumule des calories utiles ultérieurement. Ce chauffage peut être réalisé dans un four. A l'issue de cette étape, le moule peut atteindre 500°C.

A l'étape (b) remplissage 102 le mélange précurseur peut être sous forme d'une poudre, ou d'un mélange de poudres. Le mélange peut comprendre une charge et une matrice. A titre d'exemple, il peut comprendre une charge métallique,

et/ou une matrice polymère. La matrice peut représenter entre 5% et 50% de la masse du mélange, le reste étant formé par la charge. La matrice peut comporter du polyester, et/ou du nitrure de bore hexagonal, et/ou du fluorure de calcium.

- 5 La charge peut comporter, en masse, de 20% et à 45% de nickel. La charge peut comporter en masse de 5% et 20% de silicium. La charge peut comporter en masse de 55% et 80% d'aluminium. Dans l'invention, les intervalles incluent leurs bornes. D'autres métaux peuvent être employés dans l'optique d'améliorer la résistance mécanique et la tenue à la corrosion.
- 10 Grâce à sa masse et à son matériau, le moule peut présenter une capacité thermique supérieure ou égale à quinze fois la capacité thermique du mélange contenu dans le moule. Il est donc apte à effectuer un échange de chaleur important avec le mélange qu'il renferme. Sa température peut rester supérieure à 100°C pendant au moins une heure, ou du moins pendant l'étape
- 15 (d) compactage 106.
- L'étape (c) dégazage 104 comprend trois cycles 110 de dégazage. Chaque cycle 110 comporte l'application d'un effort de compression sur le mélange dans le moule puis un relâchement dudit effort de compression. Lors des cycles, l'effort de compression est maintenu entre 1 seconde et 10 minutes
- 20 inclus. L'effort de compression peut permettre d'appliquer une contrainte de compression verticale de 15 MPa sur le mélange. Le relâchement de l'effort de compression peut durer entre 1 seconde et 10 minutes inclus. L'étape (c) dégazage 104 reste optionnelle. Elle permet d'augmenter la densité du joint abradable, et donc d'atteindre certaines performances prédéterminées.
- 25 L'étape (d) compactage 106 est effectuée à température ambiante, c'est-à-dire entre 20°C et 25°C, et éventuellement à l'air ambiant par économie. Elle est réalisée au plus tôt après l'étape (b) remplissage 102, et éventuellement après l'optionnelle étape (c) dégazage 104, notamment pour limiter le refroidissement du moule avec l'air ambiant. L'étape (d) compactage 106 peut débuter moins de
- 30 10 minutes, ou moins de 3 minutes, ou moins de 20 secondes après l'étape (a) préchauffage 100. A nouveau, une pression verticale est appliquée au mélange via le piston. Une pression de 1 MPa à 50 MPa, peut être exercée. La pression

statique de compactage peut être égale à 15 MPa. Cette pression peut être maintenue en continu pendant 1 heure.

Puisque le moule reste chaud suite à son préchauffage, l'étape (d) compactage 106 permet un compactage à chaud du mélange, et donc un durcissement  
5 thermique du mélange qui s'agglomère. Le moule restitue sa chaleur stockée au mélange. La température du moule diminue progressivement tandis que celle du mélange augmente, puis se maintient à celle du moule. Grâce à l'invention, les moyens de chauffage peuvent rester simples, notamment de taille réduite. En outre, l'invention requiert d'autres moyens pour appliquer  
10 l'effort de compactage qui restent simples et économiques. Les moyens de commande et d'actionnement le sont également. Les contraintes de température et d'encombrement demeurent aisées à traiter.

L'étape (d) compactage peut être une étape de frittage. Les étapes précitées peuvent être adaptées de sorte à former un procédé de moulage.

15 La figure 5 est un diagramme du procédé de réalisation d'une turbomachine pouvant correspondre à celle détaillée dans la figure 1. Le joint abrasable, ou du moins le segment peut être produit selon le procédé décrit en figure 4.

Le procédé de réalisation de la turbomachine peut comprendre les étapes suivantes :

- 20 (i) fourniture ou réalisation 200 d'un support, notamment d'un carter de turbomachine, et  
(ii) collage 202 à l'intérieur du support du joint abrasable issu du procédé de réalisation détaillé en figure 4.

L'étape (ii) collage 202 est répétée de sorte à ce que les segments annulaires  
25 décrivent une boucle fermée. Le procédé de collage est intéressant dans le contexte d'un carter en matériau composite à matrice organique et à renfort fibreux. La figure 2 peut correspondre à cette étape (ii) collage 202, toutefois la présence des aubes et du rotor reste optionnelle pour son exécution.

## Revendications

1. Procédé de réalisation d'un joint abradable (26) dans un moule (30), notamment d'un joint abradable (26) pour turbomachine (2), caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :
  - 5 (a) préchauffage (100) du moule (30) ; puis
  - (b) remplissage (102) du moule (30) avec un mélange, notamment un mélange poudreux ;
  - (d) compactage (106) du mélange dans le moule (30) de sorte à solidifier le mélange dans le moule (30).
- 10 2. Procédé de réalisation selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à l'étape (a) préchauffage (100), la surface interne de la cavité du moule (30) destinée à recevoir le mélange est recouverte d'une feuille d'aluminium.
3. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que l'étape (a) préchauffage (100) du moule (30) comprend le chauffage  
15 du moule (30) au moins à 300°C, ou au moins à 400°C, ou au moins à 500°C.
4. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape (a) préchauffage (100) du moule (30) comprend le chauffage du moule (30) pendant au moins 2 heures, ou au moins 3 heures.
- 20 5. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'à l'étape (b) remplissage (102) le mélange comprend une charge, et une matrice dont la masse représente entre 5% et 50% de la masse du mélange.
6. Procédé de réalisation selon la revendication 5, caractérisé en ce que la  
25 charge comprend entre 20% et 45% massique de nickel.
7. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que la charge comprend entre 5% et 20% massique de silicium.

8. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que la charge comprend entre 55% et 80% massique d'aluminium.
9. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que la matrice comprend du nitrure de bore hexagonal, ou du fluorure de calcium, ou un polymère tel du polyester.
10. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le procédé comprend en outre une étape (c) dégazage (104) du mélange dans le moule (30), qui est effectuée avant l'étape (d) compactage (106).
- 10 11. Procédé de réalisation selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'étape (c) dégazage (104) comprend au moins un cycle (110) d'application d'un effort de compression sur le mélange dans le moule (30) puis un relâchement dudit effort de compression, éventuellement l'étape (c) dégazage (104) comprend au moins trois cycles (110).
- 15 12. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 10 à 11, caractérisé en ce que lors d'au moins un ou de chaque cycle (110), l'effort de compression est maintenu entre 1 seconde et 5 minutes, ou entre 5 secondes et 1 minute, ou entre 10 secondes et 30 secondes.
- 20 13. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'étape (d) compactage (106) est effectuée à température ambiante.
14. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'étape (d) compactage (106) est effectuée au plus 15 minutes, ou au plus 5 minutes, ou au plus 1 minute après l'étape (a) préchauffage (100).
- 25 15. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que lors de l'étape (d) compactage (106), une pression de 10 MPa à 20 MPa, ou d'au moins 15 MPa est appliquée au mélange.
16. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que lors de l'étape (d) compactage (106), un effort de compression est

appliqué pendant 30 minutes à 90 minutes, éventuellement pendant 60 minutes, sur le mélange.

17. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que le moule (30) comprend un réceptacle (32) et un piston (34) compactant le mélange dans le réceptacle (32) pendant l'étape (d) compactage (106), et éventuellement pendant l'étape (c) dégazage (104).
18. Procédé de réalisation selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que la capacité thermique du moule (30) est supérieure ou égale au double de la capacité thermique du mélange contenu dans le moule (30).
19. Procédé de fabrication d'une turbomachine (2) comprenant un joint abrasable (26) obtenu selon un procédé de réalisation ; caractérisé en ce que le procédé de réalisation est conforme à l'une des revendications 1 à 18, éventuellement la turbomachine (2) comprend un compresseur basse pression (4), le joint abrasable (26) étant un joint dudit compresseur basse pression (4).
20. Procédé de fabrication selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'il comprend une étape (i) fourniture (200) ou réalisation d'un support, et une étape (ii) fixation (202) sur le support du joint abrasable (26) issu du procédé de réalisation.
21. Procédé de fabrication selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'étape (ii) fixation (202) comprend un collage, ou un soudage, ou un rivetage.

14

FIG. 1

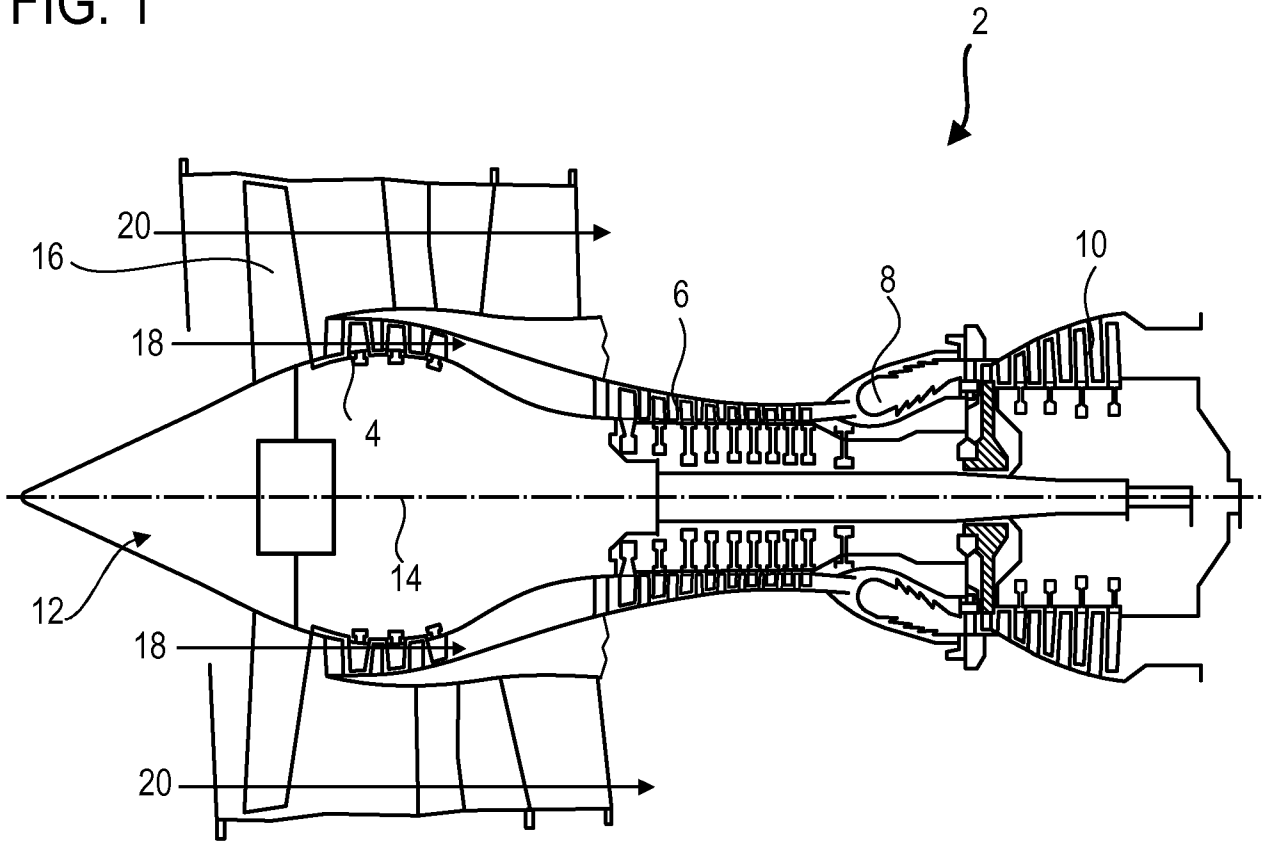
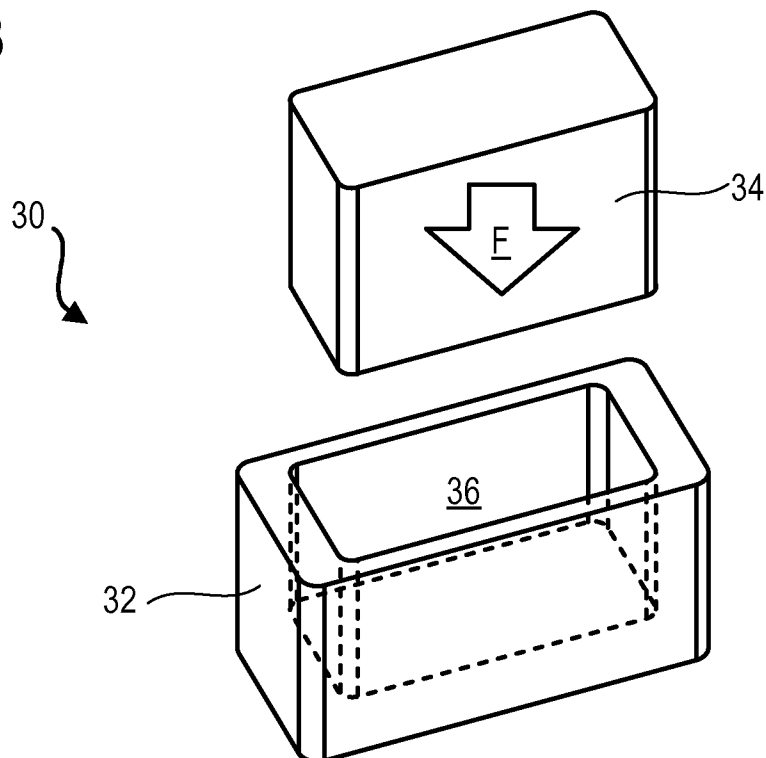


FIG. 3



15

FIG. 2

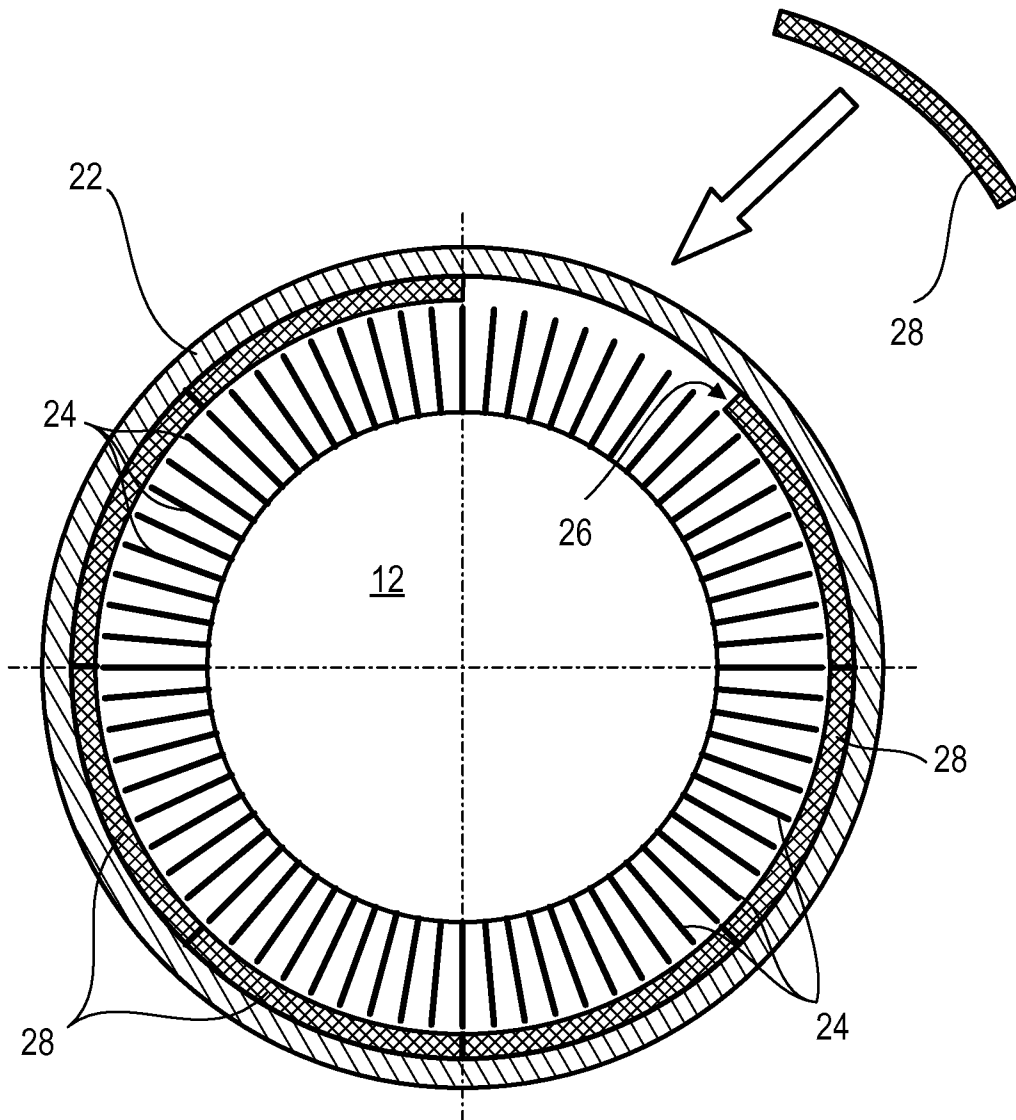


FIG. 4

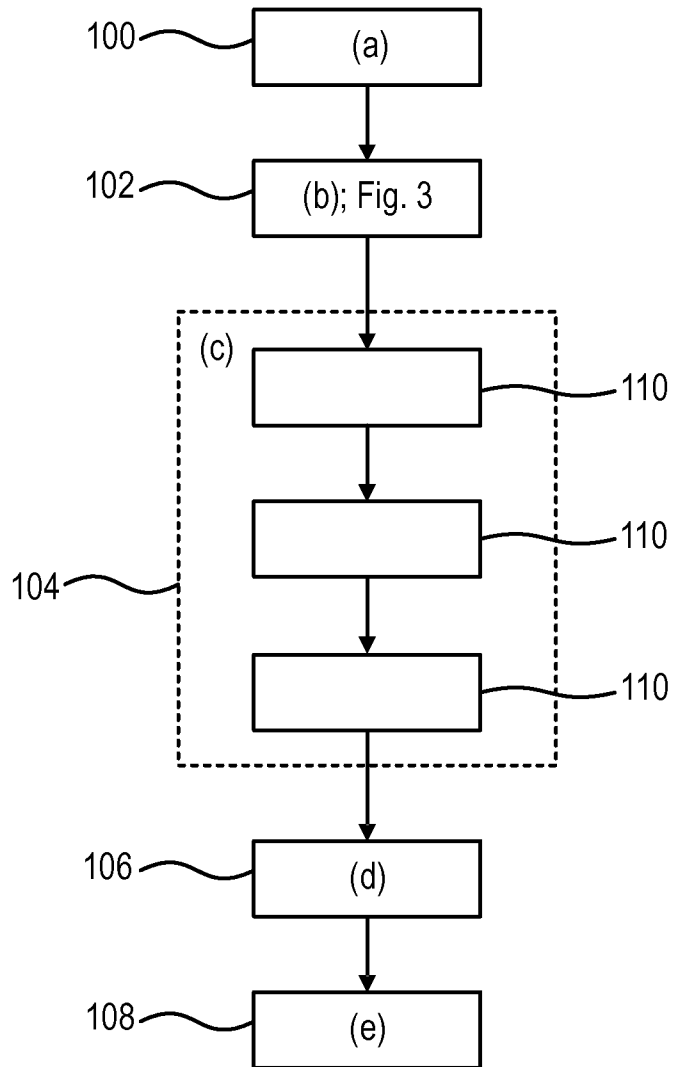
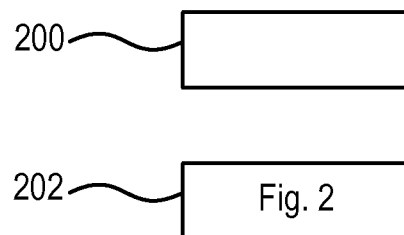


FIG. 5



**Abrégé****PROCEDE DE REALISATION D'UN JOINT ABRADABLE DE TURBOMACHINE**

L'invention propose un procédé de réalisation d'un joint abradable pour  
5 turbomachine, tel un joint de compresseur basse pression de turboréacteur. Le  
procédé comprend les étapes suivantes réalisées comme suit : (a)  
préchauffage (100) d'un moule métallique dans un four ; (b) remplissage (102)  
du moule chaud avec un mélange poudreux à base aluminium ; (c) dégazage  
(104) du mélange dans le moule ; (d) compactage (106) à température  
10 ambiante du mélange dans le moule toujours chaud, de manière à solidifier le  
mélange dans le moule. Le joint abradable est ainsi produit en segments  
angulaires formant des tuiles. Les segments angulaires sont ensuite collés dans  
un carter composite de la turbomachine.

(figure 4)



**RAPPORT DE RECHERCHE**  
 établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
 de la loi belge sur les brevets d'invention  
 du 28 mars 1984

BO 11343  
 BE 201605670

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	NISHIDA T ET AL: "Preparation and characterization of polycrystalline alumina with small grain size", JOURNAL OF THE EUROPEAN CERAMIC SOCIETY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, BARKING, ESSEX, GB, vol. 12, no. 3, 1 janvier 1993 (1993-01-01), pages 197-203, XP024175424, ISSN: 0955-2219, DOI: 10.1016/0955-2219(93)90121-7 [extrait le 1993-01-01]	1,3,4, 10-12, 14,15, 17,18	INV. B22F3/02 B22F3/00 B30B15/34 B30B15/02 B22F5/00 F01D11/12  ADD. B22F3/12
A	* 2. Experimental * * tableau 2 *	2,5-9, 13,16, 19-21	
X	TAKEKAWA JUNJIRO ET AL: "Effect of sintering atmospheres on the sinterability of metal injection molded compact", FUNTAI OYOBI FUMMATSU YAKIN/JOURNAL OF THE JAPAN SOCIETY OF POWDER AND POWDER METALLURGY 1994 FEB, vol. 41, no. 2, février 1994 (1994-02), pages 141-145, XP002770336,	1,3-10, 14,17,18	
A	* abrégé * * tableau 1 *	2,11-13, 15,16, 19-21	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) B22F B30B B22D F01D
X	EP 2 842 666 A1 (AIDA ENG LTD [JP]) 4 mars 2015 (2015-03-04)	1,4,10, 13,16,17	
A	* alinéa [0018] *	2,3,5-9, 11,12, 14,15, 18-21	
X,D	FR 2 993 577 A1 (SNECMA [FR]) 24 janvier 2014 (2014-01-24)	19-21	
A	* revendications * * figures *	1-18	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 mai 2017		Morra, Valentina	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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 interclassés		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

B0 11343  
BE 201605670

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-05-2017

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2842666	A1	04-03-2015	CN 103418791 A	04-12-2013
			CN 203253924 U	30-10-2013
			EP 2842666 A1	04-03-2015
			JP 5881822 B2	09-03-2016
			JP WO2013161746 A1	24-12-2015
			KR 20150011810 A	02-02-2015
			TW 201408404 A	01-03-2014
			US 2015132175 A1	14-05-2015
			WO 2013161746 A1	31-10-2013
FR 2993577	A1	24-01-2014	FR 2993577 A1	24-01-2014
			GB 2522129 A	15-07-2015
			US 2015184526 A1	02-07-2015
			WO 2014013190 A1	23-01-2014



## OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO11343	Date du dépôt (jour/mois/année) 31.08.2016	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE201605670
Classification internationale des brevets (CIB) INV. B22F3/02 B22F3/00 B30B15/04 B30B15/02 B22F5/00 F01D11/12 ADD. B22F3/12			
Déposant SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- Cadre n° I Base de l'opinion
- Cadre n° II Priorité
- Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle: citations et explications à l'appui de cette déclaration
- Cadre n° VI Certains documents cités
- Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Examineur

Morra, Valentina

## OPINION ÉCRITE

Demande n°  
BE201605670

---

### Cadre n° I Base de l'opinion

---

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
  - a. Nature de l'élément:
    - un listage de la ou des séquences
    - un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
  - b. Type de support:
    - sur papier
    - sous forme électronique
  - c. Moment du dépôt ou de la remise:
    - contenu(s) dans la demande telle que déposée
    - déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
    - remis ultérieurement
3.  De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

---

**Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

---

## 1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications	2, 4, 6-9, 12, 16
	Non : Revendications	1, 3, 5, 10, 11, 13-15, 17-21
Activité inventive	Oui : Revendications	2
	Non : Revendications	1, 3-21
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications	1-21
	Non : Revendications	

## 2. Citations et explications

voir feuille séparée

---

**Cadre n° VIII Observations relatives à la demande**

---

voir feuille séparée

1 **Ad point V**

**Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

1.1 Il est fait référence aux documents suivants:

- D1 NISHIDA T ET AL: "Preparation and characterization of polycrystalline alumina with small grain size", JOURNAL OF THE EUROPEAN CERAMIC SOCIETY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, BARKING, ESSEX, GB, vol. 12, no. 3, 1 janvier 1993, pages 197-203
- D2 TAKEKAWA JUNJIRO ET AL: "Effect of sintering atmospheres on the sinterability of metal injection molded compact", FUNTAI OYOBI FUMMATSU YAKIN/JOURNAL OF THE JAPAN SOCIETY OF POWDER AND POWDER METALLURGY 1994 FEB, vol. 41, no. 2, février 1994, pages 141-145
- D3 EP 2 842 666 A1 (AIDA ENG LTD [JP]) 4 mars 2015
- D4 FR 2 993 577 A1 (SNECMA [FR]) 24 janvier 2014

1.2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'étant pas nouveau.

D1 divulgue (2. Experimental; tableau 2) un procédé de réalisation d'un joint abradable dans un moule, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes:

- (a) préchauffage du moule; puis
- (b) remplissage du moule avec un mélange;
- (c) compactage du mélange dans le moule de sorte à solidifier le mélange dans le moule.

Les mêmes caractéristiques techniques sont divulguées dans D2 (abrégé; tableau 1) et D3 (alinéa [0018]).

1.3 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 19 n'étant pas nouveau.

D4 divulgue (revendications; figures) un procédé de fabrication d'une turbomachine comprenant un joint abradable.

- 1.4 Les revendications dépendantes 3-18, 20, 21 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.
- En effet:
- (a) les caractéristiques techniques additionnelles des revendications 3, 14 et 18 sont divulguées dans D1 et D2;
  - (b) les caractéristiques techniques additionnelles des revendications 4, 12 et 16 ne sont que des paramètres de procédé que l'homme du métier choisirait en fonction de la composition du mélange utilisé;
  - (c) la caractéristique technique additionnelle de la revendication 5 est divulguée dans D2;
  - (d) les caractéristiques techniques additionnelles des revendications 6-9 ne sont que des compositions connues pour des joints abrasables;
  - (e) les caractéristiques techniques additionnelles des revendications 10 (le préchauffage comporte automatiquement un dégazage) et 17 sont divulguées dans D1-D3;
  - (f) les caractéristiques techniques additionnelles des revendications 11 et 15 sont divulguées dans D1;
  - (g) la caractéristique technique additionnelle de la revendication 13 est divulguée dans D3;
  - (h) les caractéristiques techniques additionnelles des revendications 20 et 21 sont divulguées dans D4.
- 1.5 La combinaison des caractéristiques de la revendication dépendante 2 n'est pas comprise dans l'état de la technique et n'en découle pas de façon évidente. En effet, l'utilisation d'une feuille d'aluminium qui recouvre la surface interne de la cavité du moule avec le but de simplifier le démoulage n'est pas divulguée ni suggérée par l'art antérieur.

## 2 **Ad point VIII**

### **Certaines observations relatives à la demande**

- 2.1 L'expression "joint abradable" employée dans les revendications 1 et 19 est vague et imprécise, et laisse subsister un doute quant à la signification de la caractéristique technique à laquelle elle se rapporte, au point que l'objet desdites revendications n'est pas clairement défini.
- 2.2 Les expressions telles que "notamment" et "éventuellement", utilisées dans les revendications 1, 11, 16, 17 et 19 n'ont pas d'effet limitatif sur la portée d'une revendication, ce qui revient à dire que la caractéristique qui suit une telle expression doit être considérée comme entièrement facultative.
- 2.3 La revendication 19 n'est pas admissible, parce que les revendications de produit dans lesquelles le produit (voir "joint abradable") est défini par son procédé de fabrication ne sont admissibles que si le produit en tant que tel satisfait aux conditions de brevetabilité, à savoir entre autres, s'il est nouveau et implique une activité inventive. Un produit ne devient pas nouveau par le seul fait qu'il est obtenu par un nouveau procédé.
- 2.4 Il semble que la température de préchauffage ne peut pas être supérieure à la température de fusion de l'aluminium en vue de simplifier le démoulage.
- La revendication 2 ne comporte pas cette caractéristique et ne satisfait donc pas à l'exigence de clarté, à savoir qu'une revendication doit contenir toutes les caractéristiques techniques essentielles à la définition de l'invention.