

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

- (41) Date de publication : 06/06/2024  
(21) Numéro de demande : BE2022/5903  
(22) Date de dépôt : 09/11/2022  
(62) Divisée de la demande de base :  
(62) Date de dépôt demande de base :  
(51) Classification internationale : F01D 11/12  
(30) Données de priorité :  
(71) Demandeur(s) :

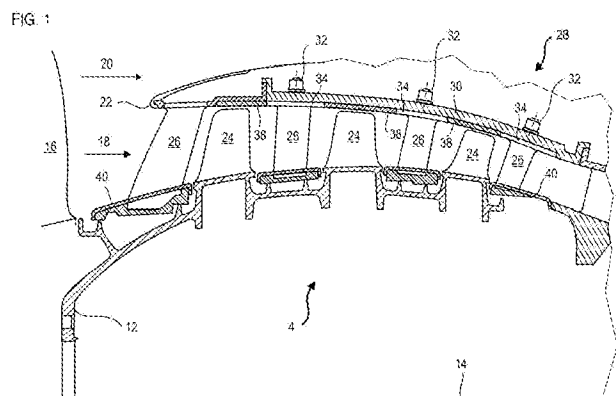
**SAFRAN AERO BOOSTERS**  
SA  
4041, HERSTAL  
Belgique

- (72) Inventeur(s) :

**SCHUSTER Laurent**  
4041 HERSTAL  
Belgique

## (54) COMPOSITION POUR JOINT ABRADABLE DE TURBOMACHINE

(57) L'invention propose une composition pour un joint d'étanchéité abrasable (38) de compresseur (4), la composition comprenant une phase métallique et une phase non-métallique, cette dernière constituant 5 à 50% de la masse totale de la composition, la phase métallique comprenant, en masse : 45% à 80% d'aluminium ; 10% à 45% de nickel ; 5% à 20% de cobalt ou de chrome ; et 1 à 5% de cuivre, magnésium, manganèse ou zirconium. L'invention porte également sur le procédé de réalisation du joint et sur la turbomachine comprenant ce joint.



## Description

### COMPOSITION POUR JOINT ABRADABLE DE TURBOMACHINE

#### Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine de l'étanchéité des turbomachines par joint  
5 abradable à deux phases. L'invention propose également un procédé de  
réalisation d'un joint abradable et une turbomachine munie de ce joint.

#### Art antérieur

Le changement climatique est une préoccupation majeure pour de nombreux  
organes législatifs et de régulation à travers le monde. En effet, diverses  
10 restrictions sur les émissions de carbone ont été, sont ou seront adoptées par  
divers Etats. En particulier, une norme ambitieuse s'applique à la fois aux  
nouveaux types d'avions mais aussi ceux en circulation nécessitant de devoir  
mettre en œuvre des solutions technologiques afin de les rendre conformes aux  
réglementations en vigueur. L'aviation civile se mobilise depuis maintenant  
15 plusieurs années pour apporter une contribution à la lutte contre le changement  
climatique.

Les efforts de recherche technologique ont déjà permis d'améliorer de manière  
très significative les performances environnementales des avions. La Déposante  
prend en considération les facteurs impactant dans toutes les phases de  
20 conception et de développement pour obtenir des composants et des produits  
aéronautiques moins énergivores, plus respectueux de l'environnement et dont  
l'intégration et l'utilisation dans l'aviation civile ont des conséquences  
environnementales modérées dans un but d'amélioration de l'efficacité  
énergétique des avions.

25 Par voie de conséquence, la Déposante travaille en permanence à la réduction  
de son incidence climatique négative par l'emploi de méthodes et l'exploitation  
de procédés de développement et de fabrication vertueux et minimisant les  
émissions de gaz à effet de serre au minimum possible pour réduire l'empreinte  
environnementale de son activité.

Ces travaux de recherche et de développement soutenus portent à la fois sur les nouvelles générations de moteurs d'avions, l'allègement des appareils, notamment par les matériaux employés et les équipements embarqués allégés, le développement de l'emploi des technologies électriques pour assurer la propulsion, et, indispensables compléments aux progrès technologiques, les biocarburants aéronautiques.

Dans ce contexte, l'invention porte plus particulièrement sur les aspects liés à l'étanchéité de la veine d'air. En effet, au sein de la veine primaire, le jeu entre les extrémités radiales des aubes tournantes et le carter peut être le lieu de fuites ou de vortex, conduisant à une baisse de l'efficacité de la turbomachine, et par conséquent une consommation plus élevée à puissance délivrée égale.

Afin de réduire ces fuites, il est impératif de rapprocher les aubes du carter tout en conservant une marge de sécurité. En effet, en cas de contact les aubes comme le carter peuvent s'endommager, et mettre en péril la sécurité de fonctionnement de la turbomachine. Ces cas de figure restent monnaie courante en raison des vibrations, des ingestions, de la force centrifuge, de la dilatation, et des désaxages du rotor notamment. Dès lors, ajouter une couche de matériau abrasable à l'interface entre le carter et les aubes permet de maîtriser l'endommagement en cas de contact puisque la dégradation est concentrée dans la matière du joint qui est destinée à s'effriter.

Les documents EP 3 023 511 A1 et EP 3 444 443 A1 divulguent des compositions pour joint abrasable de turbomachine. Ces compositions visent à maximiser la durabilité des joints abrasables.

Les inventeurs ont mis en évidence le fait que la corrosion n'est pas complètement éliminée avec ces compositions, notamment lorsque le substrat sur lequel ces joints sont déposés est fait d'une matière sensible à la corrosion. Aussi, les inventeurs ont observé une usure due à l'érosion du fait du flux d'air qui vient frotter contre le joint abrasable. Cette érosion apparaît surtout sous les conditions de pression et de température élevées que permettent les nouvelles générations de turbomachine, plus compactes, plus puissantes et plus frugales.

## Résumé de l'invention

### Problème technique

L'invention a pour objectif de proposer une composition pour un joint abradable qui surmonte les inconvénients mentionnés ci-dessus et notamment qui permette  
5 une meilleure résistance à la corrosion (indépendamment du substrat sur lequel le joint est déposé) et à l'érosion, et en particulier à haute température.

### Solution technique

L'invention a trait à une composition pour un joint d'étanchéité abradable de compresseur de turbomachine, la composition comprenant une phase métallique  
10 et une phase non-métallique, cette dernière constituant 5 à 50% de la masse totale de la composition, la phase métallique comprenant, en masse : 45% à 80% d'aluminium ; 10% à 45% de nickel ; 5% à 20% de cobalt ou de chrome ; et 1 à 5% de cuivre, magnésium, manganèse ou zirconium.

Par « abradable » ou « joint abradable », on entend un matériau apte à s'effriter  
15 au contact d'un élément rotorique de turbomachine.

La présence, en combinaison, de cobalt ou de chrome dans un taux entre 5 et 20% d'une part, et de traces de cuivre, magnésium, manganèse ou zirconium d'autre part, a été démontrée par les inventeurs comme bénéfique pour améliorer la tenue face à l'érosion et en particulier à hautes températures (au-delà de  
20 150°C).

La composition peut se présenter sous la forme d'une poudre, la phase métallique et la phase non-métallique formant chacune des grains distincts. Suivant la composition de la phase, l'ajout d'un agent de liaison entre les deux phases est utilisé. Les deux phases sont ensuite intimement mélangées pour être  
25 uniformément dispersées.

Selon un mode avantageux de l'invention, la phase métallique comprend 5 à 17% de cobalt.

Selon un mode avantageux de l'invention, la phase métallique comprend 15% de cobalt et 4% de zirconium.

Selon un mode avantageux de l'invention, la masse de cobalt ou de chrome, cumulée à la masse de cuivre magnésium, manganèse ou zirconium, est comprise entre 10% et 22% de la masse de la phase métallique.

5 Selon un mode avantageux de l'invention, la phase non-métallique comprend, en masse, entre 30% à 35% d'un ou de plusieurs des éléments suivants : polyester, méthyl-méthacrylate, nitrure de bore hexagonal, fluore de calcium, graphite, bentonite, talc, ou bisulfure de molybdène.

Selon un mode avantageux de l'invention, le nickel et le cobalt, ou le nickel et le chrome, ne dépassent pas, ensemble, 45% de la masse de la phase métallique.

10 Ceci évite une usure prématurée du matériau abrasable.

L'invention porte également sur un procédé de réalisation d'un joint d'étanchéité abrasable de turbomachine axiale, le procédé comprenant le dépôt d'une composition selon l'un des modes de réalisation ci-dessus par projection plasma sur une surface interne d'une virole ou d'un élément de carter de compresseur.

15 L'invention a également trait à une turbomachine comprenant un compresseur basse-pression avec une rangée d'aubes rotoriques et un joint abrasable entourant la rangée d'aubes rotoriques, remarquable en ce que le joint est formé par le procédé exposé ci-dessus.

20 En effet, les proportions massiques des différents éléments ne sont pas altérées par le procédé de dépôt et un joint obtenu par le procédé de l'invention est donc bien distinct d'un joint obtenu par un procédé mettant en œuvre une autre composition.

### **Brève description des dessins**

La figure 1 illustre une vue en coupe d'un compresseur de turbomachine.

### **25 Description détaillée 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. La direction axiale correspond à la direction le long de l'axe de rotation de la turbomachine. La direction radiale est perpendiculaire à l'axe de rotation. L'amont

et l'aval sont en référence au sens d'écoulement principal du flux dans la turbomachine.

Les dimensions de la figure 1 ne sont pas à l'échelle et en particulier les épaisseurs ou les dimensions radiales sont exagérées pour faciliter la lecture des figures.

La figure 1 représente une vue en coupe d'un compresseur 4 d'une turbomachine axiale.

De préférence, le compresseur 4 correspond à un compresseur basse-pression. La turbomachine comprend, en outre, d'autres composants non représentés dans la figure 1, tels qu'un compresseur haute-pression, une chambre de combustion et un ou plusieurs niveaux de turbines. La ou les turbines entraînent un rotor 12 en rotation. Le rotor supporte plusieurs rangées d'aubes de rotor 24 associées à des rangées d'aubes de stator 26. La rotation du rotor 12 autour de son axe de rotation 14 permet ainsi de comprimer un débit d'air progressivement jusqu'à l'entrée de la chambre de combustion.

Une soufflante 16 (partiellement illustrée), est couplée au rotor 12 et génère un flux d'air qui se divise en un flux primaire 18 et en un flux secondaire 20. Les flux primaire 18 et secondaire 20 sont séparés par un bec de séparation 22.

Les aubes rotoriques 24 peuvent s'étendre radialement depuis un support rotorique qui peut être une plateforme à queue d'aronde, une couronne interne de tambour monobloc aubagé ou tout autre type de support d'un rotor composite.

Les aubes statoriques 26 s'étendent essentiellement radialement depuis un carter extérieur 28, 30. Elles peuvent y être fixées et immobilisées à l'aide d'axes de fixation 32 et de plateformes 34. Elles traversent radialement le flux primaire 18 jusqu'à une virole interne 40.

La turbomachine peut être une turbomachine multi-flux. Nous nous focaliserons sur l'un de ces flux, délimité par une veine d'air. Ainsi, la veine d'air concernée par l'invention peut être une veine d'air primaire, compressant l'air destiné à pénétrer dans la chambre de combustion ; une veine d'air secondaire, propulsée par une soufflante carénée ; ou une veine tertiaire issue de la veine primaire et

rejoignant un flux secondaire d'un turboréacteur non caréné (CROR « Counter-Rotating Open Rotor » ou USF « Unducted Single Fan »).

Une couche de matériau abradable ou joint abradable 38, est déposée en regard de l'extrémité radiale des aubes rotoriques 24.

5 La paroi 30 sert ainsi de support de fixation aux plateformes de fixation 34 des aubes statoriques 26 et de support pour les joints abradables 38 assurant des étanchéités dynamiques autour des aubes rotoriques 24. Une étanchéité dynamique s'entend comme une limitation de l'écoulement entre l'abradable et  
10 la surface radialement interne du joint abradable 38 affleure la surface radialement interne des plateformes 34. Les joints abradables 38 forment des couches annulaires homogènes, telles des rubans circulaires dont les épaisseurs peuvent être supérieures à 2,00 mm.

Si l'invention privilégie le positionnement d'un joint abradable dans le  
15 compresseur, l'enseignement de l'invention peut également être adapté à tout élément tournant, par exemple des chicanes ou labyrinthes d'étanchéité. Ainsi, la surface interne des viroles 40 peut également contenir un matériau abradable de composition similaire, ou non, à l'abradable 38. La composition de l'invention peut également être implémentée au niveau des turbines, étant donné sa  
20 résistance à la chaleur.

Le carter 28, et notamment sa paroi 30, peut être réalisé(e) en un matériau composite à matrice organique. Le matériau composite peut comprendre une résine époxy et une préforme avec un empilement de plis fibreux de carbone tissés de manière tridimensionnelle. Alternativement, le carter peut être réalisé  
25 en métal, tel un alliage de titane ou d'aluminium.

La composition du matériau formant la couche abradable 38 peut comprendre deux phases mélangées, à savoir une phase métallique et une phase non-métallique. La phase non-métallique peut être minérale et/ou organique. L'abradable peut être composite ; et/ou granuleux ; et/ou peut contenir des  
30 espaces comblés par certains de ses constituants. La composition peut se présenter sous la forme d'une poudre, la phase métallique et la phase non-métallique formant chacune des grains distincts. Alternativement, la phase non-

métallique peut former des inclusions (nodules) dans des grains majoritairement formés de la phase métallique. La phase non-métallique peut former un lubrifiant.

La phase non-métallique peut représenter 5 à 50%, préférentiellement 15% à 25%, et plus préférentiellement 20%, de la masse totale de la composition. La phase métallique peut former le poids restant, à savoir 50 à 95% du poids total, préférentiellement 75 à 85%, et plus préférentiellement 80%, de la masse totale de la composition.

La phase métallique peut représenter la majorité du volume de la couche abrasable, ainsi, la phase métallique peut y former une matrice recevant la deuxième phase.

Eventuellement, la couche abrasable peut être formée de grains de poudres métalliques dont les espaces inter-grains sont comblés par la deuxième phase.

La phase métallique comprend principalement de l'aluminium. C'est-à-dire que parmi les métaux de l'abrasable, celui dont la masse est la plus importante est l'aluminium. La prépondérance de l'aluminium favorise un bon compromis entre masse du joint, résistance à la corrosion et résistance mécanique.

La phase métallique du revêtement abrasable 38 comprend également du nickel, en proportion massique inférieure à celle de l'aluminium. Les proportions massiques de nickel et d'aluminium dans la phase métallique sont de : 10% à 45%, préférentiellement 25 à 30% de nickel ; et 45% à 80%, préférentiellement 70 à 75% d'aluminium.

En outre, la phase métallique comprend entre 5% et 20% de chrome, ou entre 5% et 20% de cobalt, ou entre 5% et 20% de masse combinée de chrome et de cobalt. Cette plage peut préférentiellement être restreinte à 10 à 17%.

De plus, la phase métallique comprend entre 1 et 5% de cuivre, de magnésium, de manganèse et/ou de zirconium. Lorsque deux de ces éléments sont présents, leur masse combinée est comprise dans cet intervalle. Dans une variante, le taux de ces éléments peut être présent à l'état de trace.

De manière préférée, le chrome et/ou le cobalt, d'une part, et le cuivre, magnésium, manganèse et/ou zirconium, d'autre part, constituent ensemble entre 10 et 22% de la phase métallique, préférentiellement entre 16 et 18%.

La phase non-métallique peut comprendre un ou des matériaux organiques, et/ou un ou des matériaux minéraux.

Par exemple, la phase non-métallique peut contenir, en masse, 15% à 35%, et préférentiellement 30% à 35% d'un ou de plusieurs des éléments suivants :

5 polyester, méthyl-méthacrylate, nitrure de bore hexagonal, fluore de calcium, graphite, bentonite, talc, ou bisulfure de molybdène.

La phase non-métallique peut également contenir une résine (cétone ou phénol).

La phase non-métallique peut aussi comprendre un agent de liaison pour lier la phase métallique à la phase non-métallique.

10 La composition décrite ci-dessus peut être appliquée sur le carter par projection plasma. Une telle technique thermique est connue notamment dans le document EP 1 010 861 A2. La poudre constituant la phase non-métallique peut être introduite dans le jet du plasma en aval de la poudre constituant la phase métallique. D'autres techniques sont envisageables : la composition peut être

15 appliquée sur le support par frittage, éventuellement avec un chauffage prolongé.

Lors du dépôt de la couche d'abradable, certains grains peuvent fondre puis solidifier. Les ratios massiques initiaux demeurant les mêmes sur la couche finale, il est possible de la distinguer d'une couche obtenue à partir d'une composition différente.

20

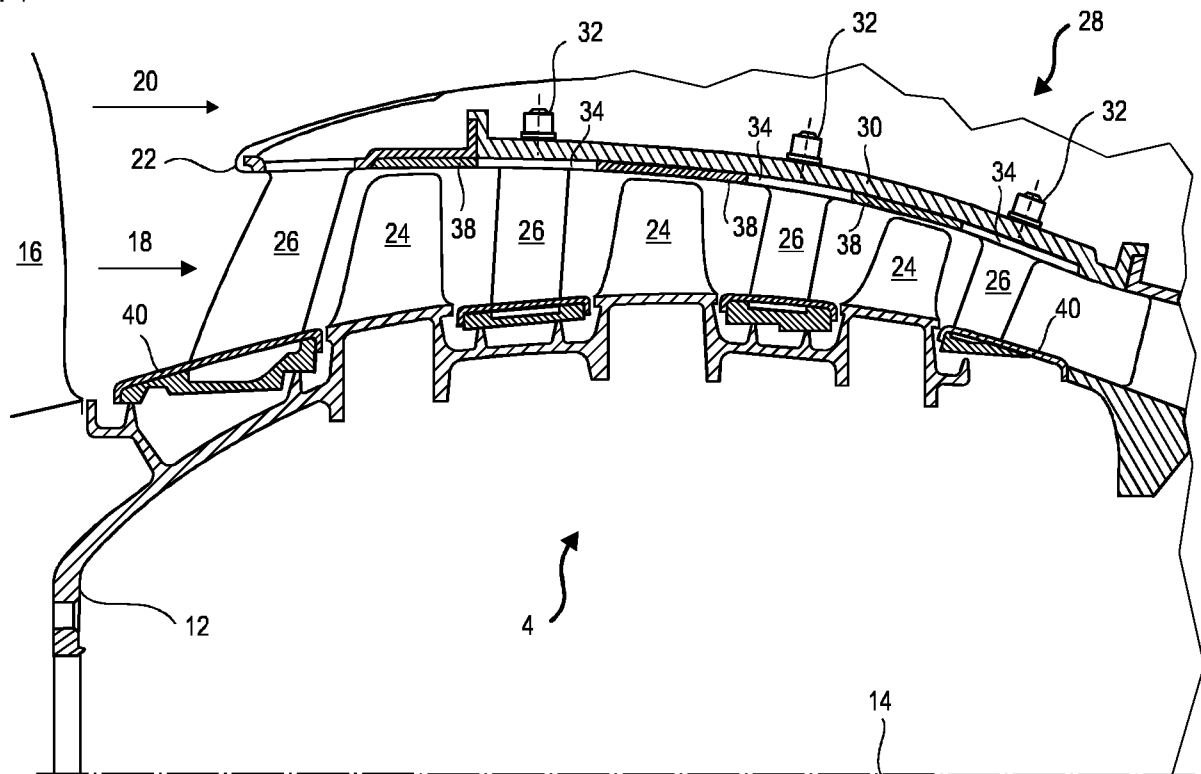
## Revendications

1. Composition pour un joint d'étanchéité abrasable (38) de compresseur (4) de turbomachine, la composition comprenant une phase métallique et une phase non-métallique, cette dernière constituant 5 à 50% de la masse totale de la composition, la composition étant caractérisée en ce que la phase métallique comprend, en masse :
  - 45% à 80% d'aluminium ;
  - 10% à 45% de nickel ;
  - 5% à 20% de cobalt ou de chrome ; et
  - 1 à 5% de cuivre, magnésium, manganèse ou zirconium.
2. Composition selon la revendication 1, caractérisée en ce que la phase métallique comprend 5 à 17% de cobalt.
3. Composition selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la phase métallique comprend 15% de cobalt et 4% de zirconium.
4. Composition selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la masse de cobalt ou de chrome, cumulée à la masse de cuivre magnésium, manganèse ou zirconium, est comprise entre 10% et 22% de la masse de la phase métallique.
5. Composition selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la phase non-métallique comprend, en masse, entre 30% à 35% d'un ou de plusieurs des éléments suivants : polyester, methyl-methacrylate, nitrure de bore hexagonal, fluore de calcium, graphite, bentonite, talc, ou bisulfure de molybdène.
6. Composition selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le nickel et le cobalt, ou le nickel et le chrome, ne dépassent pas, ensemble, 45% de la masse de la phase métallique.
7. Procédé de réalisation d'un joint d'étanchéité abrasable (38) de compresseur (4) de turbomachine, le procédé comprenant le dépôt d'une composition selon l'une des revendications précédentes par projection plasma sur une surface interne d'une virole (30) ou d'un élément de carter (28) de compresseur (4).

8. Turbomachine comprenant un compresseur basse-pression (4) avec une rangée d'aubes rotoriques (24) et un joint abrasable (38) entourant la rangée d'aubes rotoriques (24), caractérisée en ce que le joint est formé par le procédé de la revendication 7.

1/1

FIG. 1





**RAPPORT DE RECHERCHE**  
 établi en vertu de l'article XI.23., §2 et §3  
 du Code de droit économique belge

**BO 12593**  
**BE 202205903**

<b>DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
<b>X</b>	<b>EP 3 444 443 A1 (SAFRAN AERO BOOSTERS SA [BE]) 20 février 2019 (2019-02-20)</b>	<b>1, 4, 6-8</b>	<b>INV.</b> <b>F01D11/12</b>
<b>A</b>	<b>* alinéas [0037] - [0057] *</b> <b>* figures 1-3 *</b>	<b>2, 3, 5</b>	
<b>A</b>	<b>US 2016/146034 A1 (SCHUSTER LAURENT [BE]) 26 mai 2016 (2016-05-26)</b>	<b>1-8</b>	
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)</b>
			<b>F01D</b> <b>C23C</b>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>15 mai 2023</b>		<b>de la Loma, Andrés</b>	
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

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

**BO 12593  
BE 202205903**

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.

**15-05-2023**

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>EP 3444443</b>	<b>A1</b>	<b>20-02-2019</b>	<b>BE 1025469 A1</b>	<b>11-03-2019</b>
			<b>CN 109386315 A</b>	<b>26-02-2019</b>
			<b>EP 3444443 A1</b>	<b>20-02-2019</b>
			<b>JP 2019052637 A</b>	<b>04-04-2019</b>
			<b>US 2019048454 A1</b>	<b>14-02-2019</b>
-----				
<b>US 2016146034</b>	<b>A1</b>	<b>26-05-2016</b>	<b>CA 2899395 A1</b>	<b>24-05-2016</b>
			<b>CN 105623322 A</b>	<b>01-06-2016</b>
			<b>EP 3023511 A1</b>	<b>25-05-2016</b>
			<b>JP 6640484 B2</b>	<b>05-02-2020</b>
			<b>JP 2016098810 A</b>	<b>30-05-2016</b>
			<b>PL 3023511 T3</b>	<b>20-12-2021</b>
			<b>RU 2015136394 A</b>	<b>07-03-2017</b>
			<b>US 2016146034 A1</b>	<b>26-05-2016</b>
-----				



## OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO12593	Date du dépôt(jour/mois/année) 09.11.2022	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE202205903
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F01D11/12			
Déposant SAFRAN AERO BOOSTERS			

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 de la Loma, Andrés
--	---------------------------------

**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, la présente opinion a été effectuée sur la base d'un listage des séquences
  - a.  faisant partie de la demande telle que déposée.
  - b.  remis postérieurement à la date du dépôt aux fins de la recherche,
    - accompagné d'une déclaration selon laquelle le listage des séquences ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée.
3.  En ce qui concerne la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée dans la mesure où une opinion valable pouvait être formulée en l'absence d'un listage des séquences conforme à la norme ST.26 de l'OMPI.
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	1-8
	Non : Revendications	
Activité inventive	Oui : Revendications	2, 3, 5
	Non : Revendications	1, 4, 6-8
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications	1-8
	Non : Revendications	

2. Citations et explications

**voir feuille séparée**

**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 Il est fait référence au document suivant :

D1 EP 3 444 443 A1 (SAFRAN AERO BOOSTERS SA [BE]) 20 février 2019 (2019-02-20)

2 D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue:

une composition pour un joint d'étanchéité (36) abradable (38) de compresseur de turbomachine (fig. 2), la composition comprenant une phase métallique et une phase non-métallique, cette dernière constituant 5 à 50% de la masse totale de la composition (voir par. [0046]), la phase métallique comprenant, en masse:

- 45% à 80% d'aluminium (voir par. [0039]: **55-80%**);

et

- 5% à 20% de chrome (voir par. [0039]: **20-45%**; D1 divulgue donc explicitement une proportion de chrome de **20 %**.);

2.1 Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce dispositif connu en ce que la phase métallique comprend, en masse:

- 10% à 45% de nickel ;

- 1 à 5% de cuivre, magnésium, manganèse ou zirconium.

L'objet de la revendication 1 est donc nouveau.

2.2 Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut être considéré comme celui de maximiser la durabilité du joint abradable

2.3 La solution à ce problème, proposée dans la revendication 1 de la présente demande, est considérée comme impliquant une activité inventive pour les motifs suivants:

Même si la composition décrite dans la revendication 1 ne peut pas être considérée comme étant divulguée dans D1, ce document suggère fortement les caractéristiques distinctives :

Selon le paragraphe [0040], le matériau abradable aurait dû comprendre une quantité de nickel deux fois inférieure à celle du chrome, c'est-à-dire 10 % de nickel, à partir d'une teneur en chrome de 20 %.

En outre, D1 suggère explicitement (voir paragraphe [0042]) l'inclusion de Cu, Mn, Mg, représentant chacun individuellement 1% de la masse de la phase métallique.

La composition proposée dans la revendication 1 n'implique donc pas d'activité inventive, car l'homme du métier fournirait ces valeurs, comme le suggère explicitement D1, sans exercer d'activité inventive.

- 3 L'objet de la revendication 7 concerne un procédé pour réaliser un joint abradable pour compresseur dans lequel la composition du matériau revendiqué est obtenue par projection de plasma. Cette technique est toutefois divulguée dans le document D1 (voir le paragraphe [0056]).

L'homme du métier arriverait ainsi à la seule lecture du document D1 au procédé de la revendication 7.

- 4 Les revendications dépendantes 4, 6, 8 ne semblent pas contenir de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées (voir document **D1** et les passages correspondants cités dans le rapport de recherche).
- 4.1 Revendication 4: l'objet de la revendication 4 n'est pas inventif car D1 divulgue une teneur de 20% de Chrome et suggère 1% de Cu, Mn, Mg (par. [0042], D1).
- 4.2 Revendication 6: le nickel (10%) et le chrome (20%) ne dépassent pas, ensemble 45% de la masse de la phase métallique, D1.
- 4.3 Revendication 8: voir fig. 2, D1.
- 4.4 La combinaison des caractéristiques des revendications dépendantes 2, 3, 5 n'est pas comprise dans l'état de la technique et n'en découle pas de façon évidente.