

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 14/11/2024

(21) Numéro de demande : BE2023/5302

(22) Date de dépôt : 21/04/2023

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : B23P 15/00, B23K 20/12, F01D 5/30, F01D 5/34

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS
SA
4041, HERSTAL
Belgique

(72) Inventeur(s) :

DERCLAYE Alain
4041 HERSTAL
Belgique

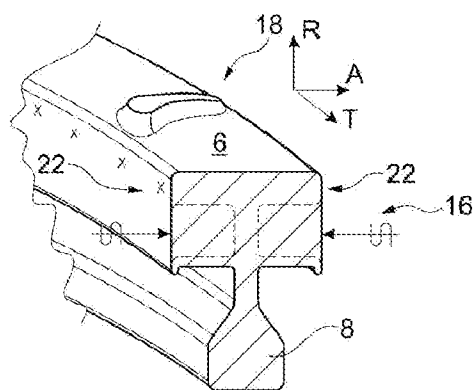
GERMAIN Thomas
4041 HERSTAL
Belgique

GUILLEMIN Pascal
4041 HERSTAL
Belgique

(54) PROCÉDÉ DE SOUDAGE PAR FRICTION SUR SUPPORT RENFORCÉ

(57) L'invention a trait à un procédé de soudage par friction d'aubes sur une ébauche de disque (16). L'ébauche (16) est massive et le procédé comprend l'usinage de gorges après le soudage des aubes.

Fig. 2



Description**PROCÉDÉ DE SOUDAGE PAR FRICTION SUR SUPPORT RENFORCÉ****Domaine**

5 L'invention a trait à un procédé de soudage d'aubes à un disque ou un tambour, pour former un disque aubagé (« blisk ») ou un tambour aubagé (« blum ») de turbomachine.

Art antérieur

10 Le changement climatique est une préoccupation majeure pour de nombreux organes législatifs et de régulation à travers le monde. En effet, diverses restrictions sur les émissions de carbone ont été, sont ou seront adoptées par divers états. En particulier, une norme ambitieuse s'applique à la fois aux nouveaux types d'avions mais aussi à 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 plusieurs années pour
15 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 conception et de développement pour obtenir des composants et des produits aéronautiques moins
20 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.

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
25 procédés de développement et de fabrication vertueux et minimisant les émissions de gaz à effet de serre au minimum possible pour réduire de 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
30 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 vise un procédé de soudage par friction pour la réalisation d'un rotor de compresseur de turbomachine.

- 5 Le soudage par friction est un procédé de soudage dans lequel la chaleur nécessaire pour le soudage est fournie en mettant en mouvement relatif les pièces à assembler, les frottant ainsi l'une contre l'autre tout en appliquant une pression de maintien.

- 10 Le document de brevet EP 2 535 516 A1 montre un exemple d'outillage permettant un soudage par friction orbitale. La friction est dite orbitale lorsque le mouvement relatif des pièces à assembler est une translation circulaire, généralement régie par un excentrique, par opposition à la friction linéaire dans laquelle le mouvement relatif est rectiligne.

- 15 Les efforts en jeu pour le soudage par friction sont importants et ne sont pas nécessairement orientés dans des directions compatibles avec la géométrie des pièces à assembler, géométrie qui est, elle, dictée par les contraintes que subissent les pièces en fonctionnement.

- 20 En particulier, la finesse du disque ou du tambour sur lequel sont soudées les aubes est telle que des moyens importants doivent être mis en œuvre pour maintenir en position le disque ou le tambour pour éviter que celui-ci ne soit déformé du fait des efforts de soudage. Les déformations lors du soudage pourraient non seulement entraîner des défauts de forme de la pièce finie mais également des défauts structurels de la soudure.

Résumé de l'invention

- 25 Problème technique

L'invention vise à proposer un procédé permettant de souder une aube à un disque, garantissant la bonne qualité structurale de la soudure et le requis dimensionnelle de la pièce après soudage, tout en offrant plus de flexibilité sur le choix de l'outillage à employer pour maintenir le disque en position lors de l'opération de soudage.

- 30 Solution technique

L'invention a trait à un procédé de conception et de fabrication d'un disque aubagé de compresseur de turbomachine, le procédé comprenant : la conception d'un disque aubagé comprenant une géométrie nominale avec une rangée annulaire d'aubes et deux gorges annulaires ; la fabrication d'une ébauche de disque, le
5 volume de l'ébauche de disque qui est dédié à constituer les gorges annulaires étant comble ; la fabrication d'aubes ; le soudage des aubes par friction orbitale à l'ébauche de disque ; puis l'usinage des gorges annulaires.

Ainsi, selon l'invention, l'ébauche de disque est dépourvue de ces deux gorges, ou, dit autrement, le volume dédié aux gorges est plein de matière. Le volume de
10 matière des gorges est enlevé uniquement après les opérations de soudage.

Ainsi, le disque est plus rigide et les moyens de maintien du disque en position pour le soudage peuvent être choisis plus librement et être simplifiés, sans que la qualité de la soudure n'en pâtisse : il n'est plus indispensable de maintenir le disque au droit de la soudure (c'est-à-dire sur la jante) et le disque peut être maintenu en
15 position à d'autres endroits plus loin de la soudure et permettant l'application d'un serrage au moyen d'efforts permettant de maintenir le disque en place par frottement. Cela permet par voie de conséquence, de prévoir un préhenseur plus massif pour l'aube sans risque d'interférence mécanique entre le préhenseur de l'aube et l'outillage de maintien du disque, et donc de limiter les déformations de
20 l'aube en cours de soudage.

Préférentiellement, le disque aubagé est un disque dit : « bi-matière » comprenant deux alliages de titane différents, et plus préférentiellement, les aubes sont obtenues à partir d'un alliage Ta6v, et le disque à partir d'un des alliages suivants : Ti17, Ti575, Ti1023.

25 Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, l'ébauche de disque frome deux surfaces latérales au droit des gorges annulaires combles, l'ébauche de disque est maintenue en position par un appui sur lesdites deux surfaces latérales durant l'opération de soudage. L'outillage de maintien du disque peut n'être en contact qu'avec les surfaces latérales.

30 Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, l'ébauche de disque comprend une jante annulaire, les aubes étant soudées sur un côté radialement

externe de la jante, et les gorges étant disposées sur un côté radialement interne de la jante.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les gorges sont délimitées sur leur côté intérieur par un voile destiné à l'étanchéité aérodynamique et au
5 maintien du disque. Le voile peut être destiné à la fixation avec un blisk adjacent.

L'invention porte également sur la pièce intermédiaire, à savoir l'ébauche de disque, destinée à la fabrication d'un disque aubagé pour un compresseur de turbomachine au moyen d'un procédé tel que décrit ci-dessus.

Description des dessins

10 La figure 1 montre le disque aubagé en vue partielle ;

La figure 2 montre l'ébauche de disque selon l'invention avant le soudage des aubes ;

La figure 3 montre une variante pour la section de l'ébauche de disque.

Description d'un mode de réalisation

15 Dans la présente demande, le terme « disque aubagé » désigne un ensemble monobloc comprenant un disque ou moyeu généralement axisymétrique et une rangée annulaire d'aubes agencées à la périphérie du disque. Pour faciliter la lecture de la présente demande, la description se focalise sur un « disque » aubagé mais l'invention peut également concerner un « tambour » aubagé, comportant
20 plusieurs rangées d'aubes.

Le disque aubagé 20 présenté sur la figure 1 est destiné à être utilisé à tout étage de compression (soufflante incluse) d'une turbomachine. Préférentiellement, le disque peut être agencé à une position intermédiaire du compresseur.

Le disque aubagé 20 comprend un disque axisymétrique 2 sur lequel sont soudées
25 une rangée annulaire d'aubes 3. Le disque définit un système de coordonnées cylindriques (A, R, T) comprenant les directions axiale A, radiale R et tangentielle T. En fonctionnement, l'axe A est un axe rotation du disque.

Le disque 2 comprend une jante 4 dont la surface radialement externe 6 est une surface de guidage d'un flux d'air. Les aubes 3 sont agencées extérieurement à la
30 jante 4. Depuis la jante 4 s'étend radialement intérieurement une masse dont la

section est en forme de « poireau » 8 ainsi qu'un voile 10 (ou des lèvres) dédié à l'étanchéité aérodynamique et/ou à la fixation du disque sur la ligne d'arbre du moteur.

Deux gorges annulaires 12, 14 séparent le voile 10 de la jante 4.

- 5 Selon l'invention, les aubes 3 sont soudées au disque 2 avant que les gorges 12, 14 ne soient formées.

Ainsi, la figure 2 montre l'ébauche du disque 16 avant que les aubes n'y soient soudées. Les gorges 12 et 14 ne sont pas encore usinées (les pointillés montrent leur position théorique). L'ébauche de disque 16 peut contenir des moignons 18
10 destinés à recevoir les aubes 3.

Les aubes 3 sont soudées par friction orbitale au disque 2. C'est-à-dire que la surface à souder de l'aube est mise au contact de la surface à souder de la jante (ou du moignon 18) puis l'aube est entraînée dans un mouvement de translation circulaire.

- 15 Il est donc apparent que lors du soudage, le disque 2 qui présente des parois fines et donc une certaine flexibilité, subirait des déformations importantes et nécessiterait donc un outillage conséquent pour garantir que toutes les parties du disque ne se déforment pas. En général, il conviendra de maintenir la jante et éventuellement le poireau en position. Les zones où un serrage est généralement
20 effectué sont notées 22 sur la figure 2 (les flèches illustrent le maintien en position préférentiel pour l'ébauche 16). Préférentiellement, le serrage est effectué directement par pincement des surfaces latérales 22 formées par les gorges annulaires 12, 14 combles, lesdites surfaces 22 étant de préférence parallèles.

Avantageusement, le renforcement des gorges 12, 14 permet un encastrement du
25 disque au plus près des efforts de soudures, et ainsi reprendre grâce à l'outillage au maximum les efforts générés lors du soudage orbital, et cela sans générer de moment de flexion du voile du disque.

Par comparaison, l'ébauche de disque 16 est plus massive et est donc sujette à des déformations de niveau moins important.

- 30 Puisque les gorges 12/14 ne sont pas encore formées, il y a plus de possibilités pour le choix du maintien en position du disque. Par exemple, les côtés latéraux de

l'ébauche 16 peuvent être de dimension 3 à 5 fois plus importante en radial que la jante 4 du disque.

Il est aussi possible, puisque l'ébauche est plus rigide, de ne maintenir l'ébauche 16 au droit du poireau 8. Une mise en position par centrage peut être prévue
5 radialement intérieurement au poireau 8, et un serrage de part et d'autre du poireau 8 peut assurer le maintien en position. Une indexation angulaire (non représentée) peut venir compléter le dispositif.

Cette technique est plus simple que le maintien au niveau de la jante 4 et libère de l'espace pour l'accessibilité de l'outil de soudage. Aussi, la solution de l'invention
10 permet plus de flexibilité sur le choix du support maintenant le disque.

La figure 3 illustre une géométrie un peu différente pour le disque. Cette figure illustre le fait que, si le voile 10 est plus long axialement que la jante d'un côté, et/ou si le voile 10 est plus court axialement que la jante 4 d'un autre côté, l'absence de gorge avant le soudage peut se matérialiser par une présence de matière telle que
15 la jante 4 et le voile 10 sont « reliés » ensemble de façon plus ou moins rectiligne, sans concavité. Ainsi, la présente invention n'est pas limitée à une géométrie précise pour le disque d'ébauche ou pour les gorges.

Selon la géométrie nominale de la pièce finie, les gorges peuvent avoir (dans une vue en coupe telle que celle de la figure 3, ou les portions en coupe des figures 1
20 ou 2) une hauteur radiale comprise entre un cinquième et la moitié de la hauteur radiale totale de l'ébauche 16. La hauteur des gorges peut être deux à cinq fois supérieure à la hauteur radiale de la jante 4 et dix à vingt fois la hauteur du voile 10.

Revendications

1. Procédé de conception et de fabrication d'un disque aubagé (20) de compresseur de turbomachine, le procédé comprenant :
 - la conception d'un disque aubagé (20) comprenant une géométrie nominale avec une rangée annulaire d'aubes (3) et deux gorges annulaires (12, 14) ;
 - la fabrication d'une ébauche de disque (16), le volume de l'ébauche de disque qui est dédié à constituer les gorges annulaires étant comble ;
 - la fabrication d'aubes (3) ;
 - le soudage des aubes (3) par friction orbitale à l'ébauche de disque (16) ; puis
 - l'usinage des gorges annulaires (12, 14).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ébauche de disque (16) forme deux surfaces latérales (22) au droit des gorges annulaires combles, l'ébauche de disque (16) est maintenue en position par un appui sur lesdites deux surfaces latérales (22) durant l'opération de soudage.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'ébauche de disque (16) comprend une jante annulaire (4), les aubes (3) étant soudées sur un côté radialement externe de la jante (4), et les gorges (12, 14) étant disposées sur un côté radialement interne de la jante (4).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les gorges (12, 14) sont délimitées sur leur côté intérieur par un voile (10) destiné à l'étanchéité aérodynamique et au maintien du disque.
5. Ebauche de disque (16), destinée à la fabrication d'un disque aubagé (20) pour un compresseur de turbomachine au moyen d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 4.

Fig. 1

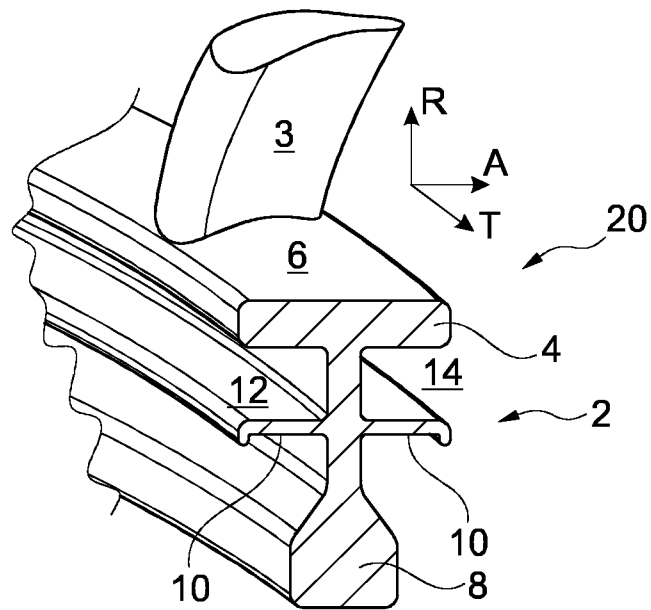


Fig. 2

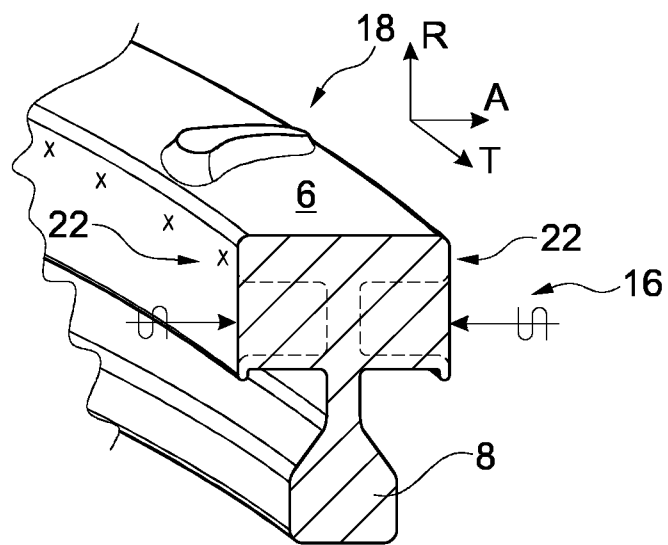
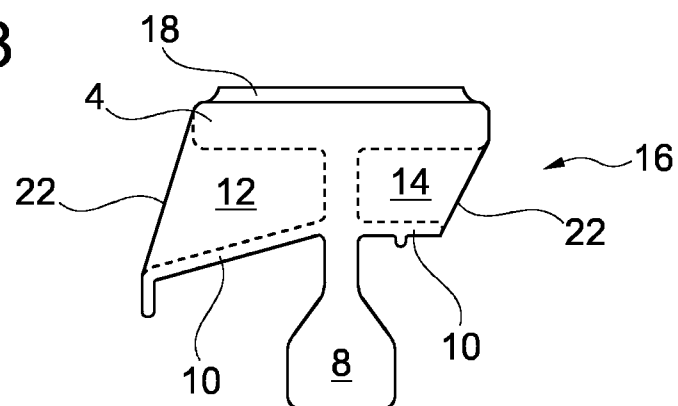


Fig. 3



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	US 6 666 653 B1 (GEN ELECTRIC [US]) 23 décembre 2003 (2003-12-23)	5	INV. B23P15/00 B23K20/12 F01D5/30 F01D5/34
Y	* colonne 3, ligne 19 - colonne 4, ligne 18 * * figures 1,6-11 * -----	1-4	
Y	WO 2016/075391 A1 (SNECMA [FR]) 19 mai 2016 (2016-05-19) * page 6, lignes 13-15 * * figures 1-6 *	1-4	
A	EP 2 979 808 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 3 février 2016 (2016-02-03) * figures 1, 2,7,8 * * alinéas [0008], [0081] * -----	1-5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B23P F01D B23K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 novembre 2023		Sérgio de Jesus, E	
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 intercalaire			
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.**

BO 12799
BE 202305302

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.

22-11-2023

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6666653	B1	23-12-2003	AUCUN	
WO 2016075391	A1	19-05-2016	CN 107000127 A	01-08-2017
			EP 3218141 A1	20-09-2017
			FR 3028437 A1	20-05-2016
			US 2017328225 A1	16-11-2017
			WO 2016075391 A1	19-05-2016
EP 2979808	A1	03-02-2016	EP 2979808 A1	03-02-2016
			US 2017204877 A1	20-07-2017
			WO 2016015980 A1	04-02-2016



OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO12799	Date du dépôt(jour/mois/année) 21.04.2023	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE202305302
Classification internationale des brevets (CIB) INV. B23P15/00 B23K20/12 F01D5/30 F01D5/34			
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 Sérgio de Jesus, E
--	---------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202305302

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	1-4
	Non :	Revendications	5
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-5
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-5
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

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

Il est fait référence aux documents suivants :

- D1 US 6 666 653 B1 (GEN ELECTRIC [US]) 23 décembre 2003
- D2 WO 2016/075391 A1 (SNECMA [FR]) 19 mai 2016
- D3 EP 2 979 808 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 3 février 2016

- 1 Nonobstant le manque de clarté mentionné au point 4 ci-dessous, l'objet de la revendication 5 n'est pas nouveau, et les conditions de brevetabilité ne sont donc pas remplies.
- 1.1 Le document **D1** décrit (voir la colonne 3, ligne 19 - colonne 4, ligne 18; figures 1,6-11) : une ébauche de disque (24), destinée à la fabrication d'un disque aubagé (10) pour un compresseur de turbomachine ~~au moyen d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 4.~~
- 2 En outre, la présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'impliquant pas d'activité inventive.
- 2.1 D1, qui peut être considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue (voir abrégé; figures; alinéas [0002], [0014], [0018], [0020]) :
- un procédé de conception et de fabrication d'un disque aubagé (10) de compresseur de turbomachine, le procédé comprenant :
- la conception d'un disque aubagé (10) comprenant une géométrie nominale avec une rangée annulaire d'aubes (14) et deux gorges annulaires (59) ;
 - la fabrication d'une ébauche de disque (24), le volume de l'ébauche de disque qui est dédié à constituer les gorges annulaires étant comble (38) ;
 - la fabrication d'aubes (14) ;
 - le soudage des aubes (14) par friction ~~orbitale~~ à l'ébauche de disque (24) ; puis
 - l'usinage des gorges annulaires (59).

2.2 Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce procédé connu uniquement en ce que le soudage des aubes est fait par friction orbitale.

2.3 Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme de trouver un **procédé de soudage alternatif** adapté pour la fabrication d'un disque aubagé de compresseur de turbomachine.

2.4 Dans D1 l'ensemble d'aubes est soudé à l'ébauche de disque par un soudage inertiel, employant aussi de la friction ("frictionally engaged").

Néanmoins, l'utilisation de la soudure par friction linéaire ainsi que la soudure par friction orbitale pour la fabrication de disques aubagés sont amplement connues.

Par exemple le document **D2** décrit un procédé en tout similaire à celui-ci de la présente demande (à l'exception du surplus de matière sur les gorges du disque), dont les aubes 12 sont soudées à l'ébauche du disque 10' par friction orbitale (voir en particulier la page 6, lignes 13-15; figures 1-6).

L'inclusion de la friction orbitale dans le procédé connu du document D1 relève d'une démarche technique normale pour la personne du métier.

2.5 Par conséquent, la solution proposée dans la revendication 1 de la présente demande ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive.

3 Les revendications dépendantes 2 à 4 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées, et ce pour les raisons suivantes:

3.1 Les caractéristiques supplémentaires des revendications 2 et 3 sont contenues dans D1 qui décrit une ébauche de disque 24 maintenue en position ("fixturing") par un appui sur lesdites deux surfaces latérales durant l'opération de soudage, des aubes 14 soudées sur un côté radialement externe 28 de la jante et des gorges 59 disposées sur un côté radialement interne de la jante (voir en particulier la figure 6).

Les caractéristiques supplémentaires de la revendication 4 sont contenues dans D2 qui décrit des gorges qui sont délimitées sur leur côté intérieur par un voile 14 destiné à l'étanchéité aérodynamique et au maintien du disque (voir en particulier la figure 2).

L'objet des revendications 2, 3 et 4 n'est donc pas non plus conforme au critère d'inventivité.

Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande (clarté)

- 4 Quelques caractéristiques énoncées dans la revendication indépendante de produit 5 se réfèrent aux caractéristiques d'un procédé, rendant ladite revendication pas claire en ce qui concerne l'objet de la protection demandée.

Les caractéristiques référant au procédé de fabrication d'un disque aubagé ne sont pas considérées comme limitatives pour l'ébauche de l'objet de la revendication 5 (revendication considérées comme étant du type "product-by-process").