

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 046 812

②1 N° d'enregistrement national : **16 50432**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 01 D 5/28** (2017.01), F 02 C 7/00, F 04 D 17/08, 29/00

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 **Date de dépôt** : 20.01.16.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 21.07.17 Bulletin 17/29.

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

⑥0 **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

Demande(s) d'extension :

⑦1 **Demandeur(s)** : *TURBOMECA Société anonyme — FR.*

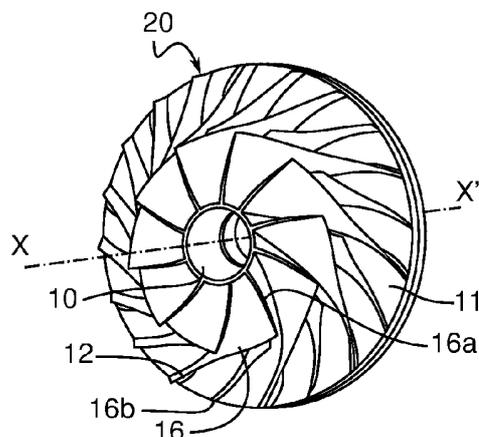
⑦2 **Inventeur(s)** : *HERRAN MATHIEU, TARNOWSKI LAURENT, PIERRE et DE-LENCQUESAING OLIVIER.*

⑦3 **Titulaire(s)** : *TURBOMECA Société anonyme.*

⑦4 **Mandataire(s)** : *GEVERS & ORES.*

⑤4 **ROUE DE COMPRESSEUR CENTRIFUGE OU MIXTE ET ETAGE DE COMPRESSION EQUIPE D'UNE TELLE ROUE DE COMPRESSEUR.**

⑤7 L'invention concerne une roue de compresseur centrifuge ou mixte comprenant un moyeu (10) centré sur un axe (XX'), un voile (11) s'étendant radialement depuis le moyeu (10), et une pluralité de pales (16) portées par ledit voile (11), chaque pale (16) présentant un intrados et un extrados et s'étendant entre un bord d'attaque (16a) d'un écoulement d'air dans la roue de compresseur et un bord de fuite (16b) dudit écoulement d'air, caractérisée en ce que ledit voile (11) comprend au moins une surépaisseur (12) axiale de matière ménagée au voisinage du bord de fuite (16b) de l'intrados d'au moins une pale (16).



FR 3 046 812 - A1



**ROUE DE COMPRESSEUR CENTRIFUGE OU MIXTE ET ÉTAGE
DE COMPRESSION ÉQUIPÉ D'UNE TELLE ROUE DE
COMPRESSEUR**

5 **1. Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne une roue de compresseur centrifuge ou mixte (aussi désigné par les termes de compresseur axialo-centrifuge ou hélico-radial). L'invention concerne également un étage de compression, notamment d'une turbomachine, équipée d'une roue de compresseur selon l'invention.

10 **2. Arrière-plan technologique**

Une roue de compresseur centrifuge ou mixte, aussi désignée par le terme de rouet, comprend de manière connue un moyeu centré sur un axe, un voile s'étendant radialement depuis le moyeu, et une pluralité de pales portées par le voile. Chaque pale présente en outre un intrados et un extrados et s'étend entre un
15 bord d'attaque d'un écoulement d'air dans la roue de compresseur et un bord de fuite dudit écoulement d'air.

Une telle roue de compresseur a tendance à s'éroder, en particulier lorsqu'elle est utilisée dans une turbomachine. Ce phénomène d'érosion résulte notamment de l'ingestion de particules dans l'étage de compression équipé de
20 cette roue de compresseur.

Ce phénomène d'érosion se traduit notamment par la formation d'un sillon en pied de pale du côté de l'intrados de la pale et s'étend jusqu'au bord de fuite de la pale.

Le demandeur a proposé dans la demande FR 2 942 267 une roue de
25 compresseur comportant un témoin d'érosion de la roue. Ce témoin est formé d'une nervure qui s'étend radialement en saillie depuis un bord périphérique du voile de la roue et présentant une épaisseur inférieure à l'épaisseur du voile.

Un tel témoin d'érosion permet de définir un seuil acceptable d'érosion et de déceler par contrôle endoscopique un état d'usure non acceptable de la roue de
30 compresseur.

Néanmoins, une roue selon cette solution présente notamment

l'inconvénient d'augmenter le diamètre extérieur de la roue, ce qui impose, lorsqu'elle est utilisée sur une turbomachine d'augmenter la distance radiale entre les pales du rotor et les pales du stator. Cette distance augmentée se fait au détriment des performances de la turbomachine.

5 En outre, l'inertie de la roue est également significativement augmentée, de par la présence de la nervure qui s'étend radialement en saillie du bord périphérique du voile de la roue et par l'épaississement de l'intégralité du voile.

 Enfin, une roue de compresseur selon cette solution ne peut pas être introduite en lieu et place d'une roue déjà en service, du fait des modifications de
10 comportement générées par cette roue de compresseur.

 Les inventeurs ont donc cherché à proposer une nouvelle roue de compresseur permettant notamment à la fois de déceler un état d'usure de la roue et d'augmenter la durée de vie de la roue.

3. **Objectifs de l'invention**

15 L'invention vise à pallier au moins certains des inconvénients des roues de compresseur centrifuge ou mixte connues.

 En particulier, l'invention vise à fournir, dans au moins un mode de réalisation, une roue de compresseur qui permet de déceler un état d'usure de la roue et d'augmenter la durée de vie de la roue par rapport aux roues de l'art
20 antérieur.

 L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, une roue de compresseur qui permet de limiter les opérations de dépose de la roue du fait d'une usure localisée.

 L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, une
25 roue de compresseur qui présente une masse et une inertie sensiblement identiques à la masse et à l'inertie d'une roue de l'art antérieur.

 L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, une roue qui peut être installée en lieu et place d'une roue de compresseur déjà en service au sein d'un étage de compression, par exemple dans une turbomachine,
30 sans nécessiter une modification sur le couvercle et le diffuseur de l'ensemble de compression .

L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, une roue de compresseur dont les coûts de fabrication sont sensiblement identiques aux coûts de fabrication d'une roue de compresseur de l'art antérieur.

5 L'invention vise aussi à fournir un étage de compresseur équipé d'une roue de compresseur selon l'invention qui présente une durée de vie plus longue que celle des étages de compression de l'art antérieur.

4. Exposé de l'invention

Pour ce faire, l'invention concerne une roue de compresseur centrifuge ou mixte comprenant un moyeu centré sur un axe, un voile s'étendant radialement
10 depuis le moyeu, et une pluralité de pales portées par ledit voile, chaque pale présentant un intrados et un extrados et s'étendant entre un bord d'attaque d'un écoulement d'air dans la roue de compresseur et un bord de fuite dudit écoulement d'air.

Une roue de compresseur selon l'invention est caractérisée en ce que ledit
15 voile comprend au moins une surépaisseur axiale de matière ménagée au voisinage du bord de fuite de l'intrados d'au moins une pale.

La surépaisseur est dite axiale car elle s'étend dans la direction axiale pour un compresseur centrifuge. Dans tout le texte, les termes « axial » et « radial » sont utilisés par rapport à la direction axiale autour de laquelle tourne la roue de
20 compresseur lors de son utilisation normale. Cette direction axiale est l'axe autour duquel est centré le moyeu de la roue du compresseur.

Dans le cas d'un compresseur mixte, le terme « radial » correspond à la direction de sortie du flux d'air et le terme axial correspond à une direction perpendiculaire à cette première direction dans un plan passant par l'axe de
25 rotation du rouet. En d'autres termes, dans le cas d'un compresseur mixte, la direction axiale devient une direction normale à la veine de sortie d'air.

Cette surépaisseur axiale de matière est ménagée au voisinage du bord de fuite de l'intrados d'au moins une pale – de préférence de toutes les pales principales – et s'étendant d'une zone de captation du rouet au bord de fuite de
30 celui-ci, c'est-à-dire au droit de l'usure par érosion constatée. L'épaisseur est ménagée là où se forme, lors de l'utilisation de la roue, un sillon en pied de pale

du côté de l'intrados de la pale qui s'étend jusqu'au bord de fuite de la pale. Cette surépaisseur axiale de matière permet d'augmenter la tenue du rouet à l'érosion. En particulier, cette surépaisseur de matière est localisée uniquement là où le phénomène d'érosion se produit, c'est-à-dire au voisinage du bord de fuite de l'intrados d'au moins une pale.

Avantageusement et selon l'invention, au moins une surépaisseur axiale de matière comprend en outre une extrémité radiale présentant une épaisseur axiale inférieure à l'épaisseur axiale du reste de ladite surépaisseur axiale de manière à définir une marche descendante dans le sens de l'écoulement d'air, ladite marche formant un témoin d'érosion de ladite roue.

Dans le cas d'un compresseur mixte, la surépaisseur s'étend selon une direction normale à la direction de la veine d'air et la marche descendante s'oriente selon la direction de la veine d'air.

Une roue de compresseur selon cette variante comprend une marche qui forme un témoin d'usure à l'érosion de la roue. Cette marche ménagée à l'extrémité radiale de la surépaisseur axiale de matière du voile permet rapidement à un opérateur de constater l'usure du voile. En effet, lors de l'érosion de la roue, le sillon se forme en pied de pale et attaque progressivement l'épaisseur axiale du voile de la roue, en particulier au niveau du bord de fuite. La marche ménagée en bord de fuite va donc être progressivement attaquée par le phénomène de l'érosion. L'érosion de la marche est donc un indicateur fiable de l'état d'usure du voile de la roue. En particulier, cette marche forme un pan sensiblement perpendiculaire au plan dans lequel s'étend le voile, dont l'érosion est aisément discernable par un opérateur. Une trace du phénomène d'érosion sur le pan de la marche peut être un indicateur d'une roue de compresseur qui doit être remplacée.

Avantageusement et selon l'invention, le voile comprend une surépaisseur axiale de matière ménagée au voisinage du bord de fuite de l'intrados de chaque pale. De préférence, une surépaisseur axiale de matière est ménagée au voisinage du bord de fuite de l'intrados de chaque pale principale.

Selon cette variante avantageuse, chaque pied de pale est associé à une

surépaisseur axiale de matière de manière à augmenter la résistance à l'érosion de chaque pied de pale de la roue de compresseur.

L'invention s'applique à la fois à un compresseur centrifuge ou à un compresseur mixte, du type axialo-centrifuge ou hélico-radial. Un compresseur mixte présente un rouet avec une veine de sortie inclinée par rapport à l'axe de rotation du rouet. Cette inclinaison peut par exemple être comprise entre 10 et 90°.

L'invention concerne également un étage de compression d'une turbomachine comprenant une roue de compresseur selon l'invention.

L'invention concerne également une turbomachine comprenant un étage de compression selon l'invention. La turbomachine selon l'invention est par exemple un turbomoteur destiné à être monté sur un hélicoptère.

L'invention concerne également une roue de compresseur, un étage de compression et une turbomachine caractérisés en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

5. Liste des figures

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre uniquement non limitatif et qui se réfère aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective d'une roue de compresseur selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 2 est une vue schématique en coupe d'un turbomoteur comprenant une roue de compresseur selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 est une vue schématique en perspective d'un détail d'une roue de compresseur selon un mode de réalisation de l'invention.

6. Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

Sur les figures, les échelles et les proportions ne sont pas strictement respectées et ce, à des fins d'illustration et de clarté. Dans toute la description détaillée qui suit en référence aux figures, les termes « radial » et « axial » sont

utilisés en référence à l'axe XX', autour duquel la roue de compresseur est entraînée en rotation lorsqu'elle est montée au sein d'un étage de compression. Cet axe XX' est représenté notamment sur les figures 1 et 2.

5 La roue de compresseur comprend un moyeu 10 centré sur l'axe XX', un voile 11 s'étendant radialement depuis le moyeu 10, et une pluralité de pales 16 portées par le voile 11.

Chaque pale 16 présente un intrados et un extrados et s'étend entre un bord d'attaque 16a d'un écoulement d'air dans la roue de compresseur et un bord de fuite 16b de l'écoulement d'air.

10 La roue de compresseur comprend également une surépaisseur 12 axiale de matière ménagée au voisinage du bord de fuite 16b de l'intrados d'au moins une pale 16.

Sur la figure 1, chaque pale 16 présente une surépaisseur 12 axiale de matière. Selon d'autres modes de réalisation non représentés, seules certaines 15 pales 16 sont associées à des surépaisseurs axiales de matière.

Cette surépaisseur 12 axiale de matière est également représentée sur la figure 3 qui est une vue détaillée d'une portion de la roue de compresseur selon un mode de réalisation de l'invention.

20 Selon un mode de réalisation de l'invention, la surépaisseur 12 axiale de matière comprend en outre une extrémité 13 radiale présentant une épaisseur axiale inférieure à l'épaisseur axiale du reste de la surépaisseur de manière à définir une marche 14 descendante dans le sens de l'écoulement d'air. Cette marche 14 forme un témoin d'érosion de la roue.

25 Lorsque la roue n'est pas érodée, ce qui est le cas d'une roue de compresseur neuve, le voile 11 de la roue ne présente aucun profil d'érosion en pied de pale. Après plusieurs heures de fonctionnement, les particules charriées par l'écoulement d'air provoquent une érosion de la roue qui se traduit par l'apparition d'un sillon en pied de pale du côté intrados de la pale 16, c'est-à-dire au niveau de la surépaisseur 12 axiale de matière. La profondeur du sillon dans la 30 surépaisseur 12 axiale de matière va progressivement consommer la matière de la surépaisseur. Lorsque l'érosion est plus importante, la marche 14 ménagée au

niveau de l'extrémité radiale 13 de la surépaisseur va disparaître. La disparition de cette marche 14 est un signe que la roue de compresseur doit être changée.

Une roue selon l'invention permet donc de prolonger sa durée de vie par rapport aux roues de l'art antérieur du fait de la présence d'une surépaisseur 12 axiale de matière. En outre, la roue selon l'invention présente un témoin d'érosion
5 facilement discernable par un opérateur.

La figure 2 est une vue d'un turbomoteur d'un hélicoptère équipé d'un étage de compression comprenant une roue de compresseur selon l'invention. Le turbomoteur présente une symétrie axiale autour de l'axe central XX'. Le
10 turbomoteur comprend en outre un compresseur centrifuge 21, des turbines 22, 23 d'entraînement du compresseur 21 et des axes de puissance de l'hélicoptère (hélice, boîtier de transmission, etc.) via un arbre traversant 24. Le turbomoteur comprend également une entrée radiale 25 d'un manchon de circulation 50 d'un flux d'air frais F1 et une chambre de combustion 26.

Le compresseur centrifuge 21 comprend une roue 20 de compresseur selon l'invention. Cette roue 20 comprend donc des pales 16 et est alimentée par l'air frais F1. Le compresseur comprend également un couvercle 32 délimitant un canal annulaire dans lequel s'écoule le flux F1 et un diffuseur radial 33 à ailettes
15 34.

Le flux F1 passe par le diffuseur radial 33 formé à la périphérie du compresseur pour être redressé par les ailettes 34 et acheminé vers des canaux 60 d'entrée de la chambre de combustion 26.

En fonctionnement, le flux d'air F1 qui contient des particules étrangères, par exemple des grains de sable, va éroder les principales pièces du compresseur, et notamment la roue 20 de compresseur.
25

L'utilisation d'une roue de compresseur selon l'invention permet donc d'augmenter la tenue à cette érosion et de déceler l'état d'usure de la roue.

En outre, une roue de compresseur selon l'invention peut être intégrée en lieu et place d'une roue de compresseur de l'art antérieur sans modifier
30 sensiblement les performances du turbomoteur dans lequel elle est installée.

L'invention ne se limite pas aux seuls modes de réalisation décrits. En

particulier, l'invention a été décrite en référence à une roue de compresseur centrifuge. Cela étant, l'invention s'applique également à une roue de compresseur mixte présentant une inclinaison du flux de sortie par rapport à l'axe de rotation du rouet. Dans ce cas, le terme « radial » correspond à la direction de

5 sortie du flux matérialisée par la direction des ailettes 34 du diffuseur et le terme « axial » correspond à une direction perpendiculaire à cette première direction dans un plan passant par l'axe de rotation XX' de la machine.

REVENDICATIONS

1. Roue de compresseur centrifuge ou mixte comprenant un moyeu (10)
5 centré sur un axe (XX'), un voile (11) s'étendant radialement depuis le moyeu (10), et une pluralité de pales (16) portées par ledit voile (11), chaque pale (16) présentant un intrados et un extrados et s'étendant entre un bord d'attaque (16a) d'un écoulement d'air dans la roue de compresseur et un bord de fuite (16b) dudit écoulement d'air,
10 caractérisée en ce que ledit voile (11) comprend au moins une surépaisseur (12) axiale de matière ménagée au voisinage du bord de fuite (16b) de l'intrados d'au moins une pale (16).
2. Roue selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'au moins une surépaisseur (12) axiale de matière comprend en outre une extrémité radiale (13)
15 présentant une épaisseur axiale inférieure à l'épaisseur axiale du reste de la surépaisseur de manière à définir une marche (14) descendante dans le sens de l'écoulement d'air, ladite marche (14) formant un témoin d'érosion de ladite roue.
3. Roue selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que ledit voile (11) comprend une surépaisseur (12) axiale de matière ménagée au
20 voisinage du bord de fuite (16b) de l'intrados de chaque pale (16).
4. Roue selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ledit compresseur est un compresseur mixte incliné d'un angle compris entre 10° et 90° par rapport audit axe (X'X) de rotation.
5. Etage de compression d'une turbomachine comprenant une roue (20) de
25 compresseur selon l'une des revendications 1 à 4.
6. Turbomachine comprenant un étage de compression selon la revendication 5.

1/1

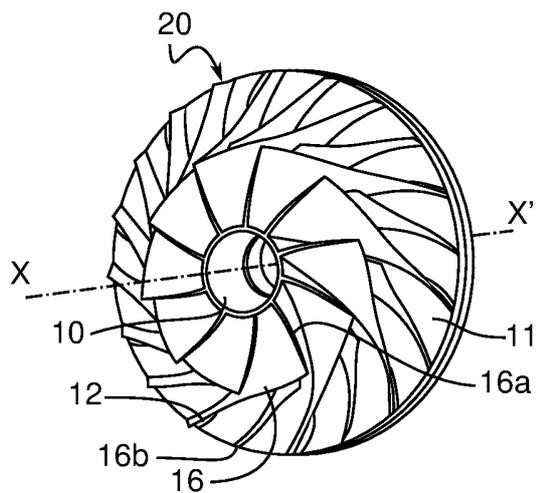


Fig. 1

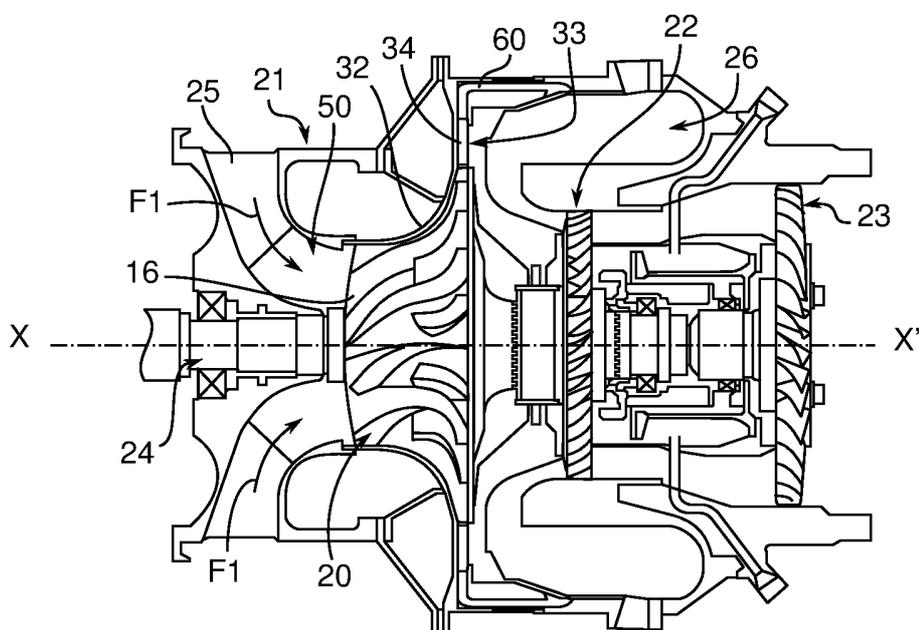


Fig. 2

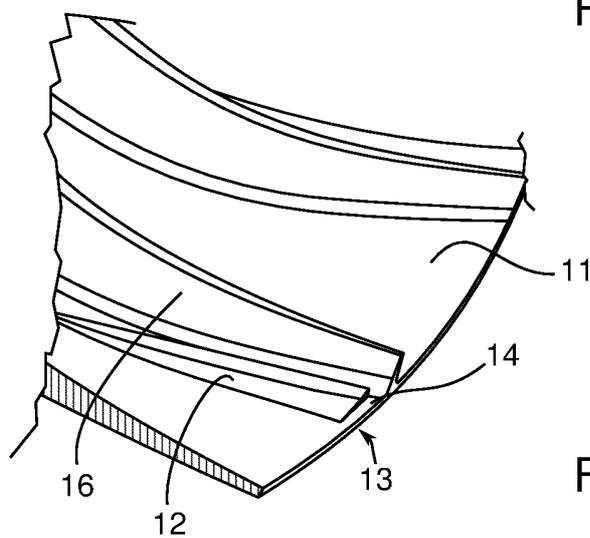


Fig. 3

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 819429
FR 1650432

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes		
X A	FR 2 942 267 A1 (TURBOMECA [FR]) 20 août 2010 (2010-08-20) * page 5, ligne 10 - page 7, ligne 4; figures 3-6 *	1,3-6 2	F01D5/28 F02C7/00 F04D17/08 F04D29/00
X	WO 2011/063333 A1 (NUOVO PIGNONE SPA [IT]; GAINNOZZI MASSIMO [IT]; GIOVANNETTI IACOPO [IT]) 26 mai 2011 (2011-05-26) * alinéa [0107] - alinéa [0108]; figure 1a * * alinéa [0137] - alinéa [0138]; figure 7 *	1,3-6	
X	US 2011/027080 A1 (CRUICKSHANK JOSEPH O [US]) 3 février 2011 (2011-02-03) * alinéa [0030] - alinéa [0033]; figures 5,7 *	1,3-6	
X	DE 297 02 099 U1 (ATLAS COPCO ENERGAS [DE]) 17 avril 1997 (1997-04-17) * page 4, ligne 24 - page 5, ligne 3; figure 1 * * page 6, ligne 23 - page 7, ligne 12; figure 2 *	1,3-6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F04D F01D C23C
X	EP 2 388 091 A1 (NUOVO PIGNONE SPA [IT]) 23 novembre 2011 (2011-11-23) * alinéa [0017]; figures 2-3 *	1,3-6	
X	EP 1 808 511 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18 juillet 2007 (2007-07-18) * alinéa [0021]; figure 1 * * alinéa [0030]; figure 2 * * alinéa [0031]; figure 3 *	1,3-6	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 octobre 2016		Di Giorgio, F	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1650432 FA 819429**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 12-10-2016

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2942267	A1	20-08-2010	CA 2752487	A1 26-08-2010
			CN 102326003	A 18-01-2012
			EP 2399035	A1 28-12-2011
			ES 2553761	T3 11-12-2015
			FR 2942267	A1 20-08-2010
			JP 5475018	B2 16-04-2014
			JP 2012518123	A 09-08-2012
			KR 20110122192	A 09-11-2011
			RU 2011138200	A 27-03-2013
			US 2011299987	A1 08-12-2011
			WO 2010094873	A1 26-08-2010

WO 2011063333	A1	26-05-2011	AU 2010321705	A1 14-06-2012
			BR 112012012228	A2 19-04-2016
			CA 2781611	A1 26-05-2011
			CN 102713305	A 03-10-2012
			EP 2504581	A1 03-10-2012
			IT 1397057	B1 28-12-2012
			JP 2013527358	A 27-06-2013
			KR 20120117989	A 25-10-2012
			RU 2012120919	A 27-12-2013
			US 2013039769	A1 14-02-2013
			WO 2011063333	A1 26-05-2011

US 2011027080	A1	03-02-2011	CN 101988521	A 23-03-2011
			EP 2295816	A2 16-03-2011
			JP 5209002	B2 12-06-2013
			JP 2011033022	A 17-02-2011
			RU 2010131940	A 10-02-2012
US 2011027080	A1 03-02-2011			

DE 29702099	U1	17-04-1997	AUCUN	

EP 2388091	A1	23-11-2011	CN 102251984	A 23-11-2011
			EP 2388091	A1 23-11-2011
			IT 1399883	B1 09-05-2013
			JP 5981691	B2 31-08-2016
			JP 2011241831	A 01-12-2011
			RU 2011120315	A 27-11-2012
US 2011286855	A1 24-11-2011			

EP 1808511	A1	18-07-2007	EP 1808511	A1 18-07-2007
			WO 2007082794	A1 26-07-2007
