

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

**3 107 551**

②1 N° d'enregistrement national : **20 01707**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **F 01 D 5/14** (2019.12), **F 02 K 3/06**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 **Date de dépôt** : 20.02.20.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 27.08.21 Bulletin 21/34.

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)** : Safran Aircraft Engines Société anonyme — FR.

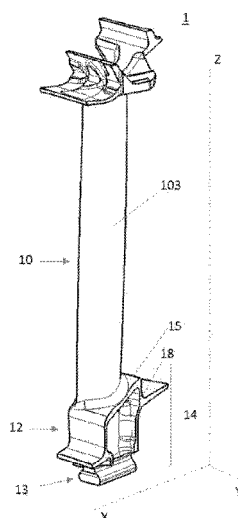
⑦2 **Inventeur(s)** : LOISEL Bruno Marc-Etienne, FRANCOIS Etienne Léon, LIEVOUX Quentin Bruno Guy André Emile et NGUYEN Alexandre Thanh Nhan.

⑦3 **Titulaire(s)** : Safran Aircraft Engines Société anonyme.

⑦4 **Mandataire(s)** : REGIMBEAU.

⑤4 **Aube de turbine.**

⑤7 La présente invention concerne une aube (1) de turbine comprenant successivement selon une direction radiale un bulbe (13) sensiblement axialement rectiligne selon un premier axe longitudinal (X) dit axe bulbe (X), une échasse (14) et une pale (10) présentant un extrados (E) et un intrados (I). L'échasse (14) comprend au moins une face latérale (18) plane orientée selon un deuxième axe longitudinal (X'), dit axe face latérale (X'), sécant de l'axe bulbe (X).  
Figure pour l'abrégé: Fig. 1



**FR 3 107 551 - A1**



## Description

### Titre de l'invention : Aube de turbine

#### DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne le domaine des aubes de turbine

#### ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] La présente invention concerne le domaine des aubes et en particulier le domaine des aubes destinées aux turbomachines notamment de type aéronautique.

[0003] Une turbomachine comprend classiquement un compresseur, une chambre de combustion et une turbine. Le rôle du compresseur est d'accroître la pression de l'air fournie à la chambre de combustion. Le rôle de la turbine est d'assurer l'entraînement en rotation du compresseur en prélevant une partie de l'énergie de pression des gaz chauds sortant de la chambre de combustion et en la transformant en énergie mécanique.

[0004] Une turbomachine peut être du type « à double flux » c'est-à-dire qu'elle est traversée par deux flux d'air, un flux primaire et un flux secondaire. Le flux primaire est produit par des éléments constitutifs d'une turbomachine simple flux auxquels une ou plusieurs turbines supplémentaires sont ajoutées afin d'entraîner un étage de compression.

[0005] Chaque turbine comprend plusieurs aubes mobiles constituées chacune d'au moins une pale positionnée sur un pied présentant un bulbe. Le bulbe permet de fixer l'aube au disque de la turbine. Il s'agit d'une pièce de sécurité, soumise à d'importantes contraintes et ayant un rôle important dans le bon fonctionnement de la turbine.

[0006] La tendance actuelle concernant les aubes est d'avoir des pales de plus en plus cintrées (c'est-à-dire très incurvées, en forme de C). En effet, le cintrage des pales permet d'améliorer les performances de la turbine. Cependant, le cintrage des pales nécessite d'adapter le pied. En effet, plus la pale est cintrée, plus son bord d'attaque, son bord de fuite et le sommet de son extradados risquent de dépasser d'un pied standard. En conséquence, il est nécessaire d'adapter la géométrie du pied à la géométrie de la pale. Cependant la géométrie du pied est dictée par le nombre d'aubes autour du moyeu. Il n'est donc pas possible de, par exemple, modifier l'orientation du pied pour qu'elle puisse contenir toute une pale cintrée.

[0007] Pour satisfaire au mieux ces différentes contraintes, actuellement, plusieurs approches sont employées.

[0008] Dans certains cas, la section de la pale est localement réduite, au droit du pied, pour que la pale cintrée puisse s'intégrer sur le pied.

[0009] Cela crée des formes de pale particulières et donc des impacts aérodynamiques et

métallurgiques. En effet, si la section en pied est plus faible, il y aura un impact sur l'écoulement du métal lors de la fonte de l'aube qui ne sera pas continue. La poussée des grains ne sera donc pas maîtrisée dans cette zone. De plus, la forme résultante créera un ressaut au bord d'attaque et au bord de fuite pouvant former des tourbillons impactant la performance de la turbine.

[0010] Une autre solution tout aussi insatisfaisante, consiste à réduire le cintrage de la pale par rapport aux prévisions de conception, tout en usinant le pied pour en modifier l'orientation en fonction du cintrage de la pale.

[0011] Le cintrage de la pale est réduit par rapport à ce qui serait souhaité lors de la conception, et les parois latérales du pied sont usinées. L'objectif recherché est alors de réduire le moins possible le cintrage de la pale tout en restant dans les limites géométriques acceptable pour le pied. Cette solution présente plusieurs inconvénients. Tout d'abord, cette solution consiste en un compromis entre performance et faisabilité, cette solution n'est donc pas la solution optimale désirée. De plus, le cintrage de la pale modifie l'orientation du pied par rapport à l'orientation du bulbe de fixation. En d'autres termes, avec cette solution, plus la pale est cintrée, plus le pied et le bulbe vont être désaxés. Dans ces conditions, il est fréquent que lors de l'usinage des faces latérales du pied la fraise entaille une partie du bulbe.

[0012] En conséquence, il a été proposé des aubes à pied curviligne. Cela améliore légèrement la rigidité en flexion mais ajoute de fortes contraintes opérationnelles. En particulier l'usinage des pièces (surtout le moyeu) et leur montage est fortement complexifié de par la nécessité d'alvéoles courbées, ce d'autant plus que la plateforme ne peut plus être intégrée à l'aube et doit être « rapportée », c'est-à-dire faire partie du moyeu

[0013] Il serait souhaitable de disposer d'une nouvelle géométrie d'aube de turbine qui permette un bilan dynamique optimal, un risque de casse minimal, sans compliquer la production des aubes, du moyeu, ou leur assemblage.

### **Exposé de l'invention**

[0014] Selon un premier aspect, l'invention propose une aube de turbine comprenant successivement selon une direction radiale un bulbe sensiblement axialement rectiligne selon un premier axe longitudinal dit axe bulbe, une échasse et une pale présentant un extradados et un intrados. En outre, l'échasse comprend au moins une face latérale plane orientée selon un deuxième axe longitudinal, dit axe face latérale, sécant de l'axe bulbe.

[0015] L'axe face latérale sécant de l'axe bulbe peut être orienté de 5 à 15 degrés par rapport à l'axe bulbe.

[0016] Selon un deuxième aspect l'invention propose une turbine pour une turbomachine à

double flux comprenant au moins une aube selon l'invention.

- [0017] La turbine peut comprendre un disque présentant un troisième axe longitudinal de révolution, dit axe moteur.
- [0018] L'axe moteur peut être sécant de l'axe bulbe.
- [0019] L'axe moteur peut être orienté de 5 à 20 degrés par rapport à l'axe bulbe.
- [0020] L'axe moteur peut être sécant de l'axe face latérale.
- [0021] L'axe moteur peut être décalé de 18 à 25 degrés de l'axe face latérale.
- [0022] Selon un autre aspect l'invention propose une turbomachine à double flux comprenant une turbine selon l'invention.
- [0023] Selon un autre aspect l'invention propose un aéronef comprenant au moins une turbomachine selon l'invention.

### **DESCRIPTION DES FIGURES**

- [0024] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :
- [0025] [fig.1] La figure 1 représente une aube selon l'invention.
- [0026] [fig.2] La figure deux est une vue de dessous d'une aube selon l'invention.
- [0027] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

### **DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION**

- [0028] *Architecture générale*
- [0029] En référence à la figure 1, la présente aube 1 est une aube 1 d'une turbine basse pression de turbomachine à double flux, constituée de façon connue d'une pale 10 et d'un pied 12 présentant un bulbe 13. On définit un repère de l'aube 1 comprenant un axe longitudinal X, un axe radial Z orthogonal à l'axe longitudinal X, et un axe azimutal Y (i.e. tangentiel, c'est-à-dire orthogonal à la fois à l'axe radial Z et à l'axe longitudinal X).
- [0030] Par commodité ledit axe longitudinal X est choisi comme étant l'axe longitudinal du bulbe 13, i.e. correspondant à l'axe médian du volume parallélépipédique dans lequel est inscrit le bulbe 13, et est généralement légèrement incliné par rapport à un axe de rotation de la turbomachine lorsque l'aube 1 est installée. Dans ce document l'axe longitudinal X est aussi appelé axe bulbe X.
- [0031] Le pied 12 présente une géométrie particulière qui va être décrite plus loin.
- [0032] De façon classique, la pale 10 s'étend selon l'axe longitudinal X entre un bord d'attaque et un bord de fuite, et selon l'axe azimutal Y entre une face dite d'extrados 103 (celle présentant la cambrure) et une face opposée dite d'intrados.
- [0033] *Pied*
- [0034] Le pied 12 permet la fixation de l'aube 1. Le pied 12 est crucial du point de vue

mécanique car il va récupérer de fortes contraintes, liées aux forces centrifuges notamment.

[0035] Selon l'axe radial Z, le pied 12 comprend successivement un bulbe 13 pouvant par exemple présenter une section sensiblement arrondie, une échasse 14 et une plateforme 15.

[0036] L'échasse 14 (en anglais « shank ») est la partie qui assure la continuité entre la pale 10 et le bulbe 13 de l'aube 1, i.e. l'aube 1 comprend successivement en parcourant selon l'axe radial Z le bulbe 13, l'échasse 14, la plateforme 15 et la pale 10.

[0037] Le bulbe 13 est une partie axialement rectiligne (dite « droite ») qui s'insère, par translation, dans une alvéole de forme complémentaire d'un disque formant moyeu d'une turbine (non représentée), afin d'assurer le blocage de l'aube 1. On verra la nature de cette interaction en détail plus loin.

[0038] *Echasse*

[0039] Selon le mode de réalisation ici présenté, l'échasse 14 présente deux faces latérales 18 planes orientées selon un deuxième axe longitudinal X', dit axe face latérale X', sécant de l'axe bulbe X. Cette disposition permet très avantageusement d'avoir un décalage (i.e. une inclinaison) entre l'axe face latérale X' et l'axe bulbe X. Lors de la fabrication de l'aube 1, les faces latérales 18 planes sont fraisées et le bulbe 13 est broché. Le décalage des axes X et X' permet d'avoir un décalage entre l'axe de fraisage des faces latérales 18 et l'axe de brochage du bulbe 13. Ainsi, cette disposition permet très astucieusement de pouvoir fabriquer le bulbe 13 sans risquer endommager le reste de l'aube 1. Plus particulièrement, avec une aube de l'art antérieur, dans le cas où la pôle présente une forte cambrure, le brochage du bulbe présente de très forts risques de dégradation de la pale lors du brochage du bulbe (i.e. l'outil de brochage risque fortement d'entrer en collision avec la pôle et de l'endommager). Le décalage de l'axe bulbe X et de l'axe face latérale X' permet très avantageusement de s'affranchir de ce risque. En outre, cette disposition permet à l'aube 1 de présenter un bilan dynamique optimal et un risque de casse minimal.

[0040] Préférentiellement, l'axe face latérale X' sécant de l'axe bulbe X est orienté de 5 à 15 degrés par rapport à l'axe bulbe X. Il est précisé que dans la présente demande par sécant, il est entendu que les axes sont non parallèles et présente une intersection.

[0041] *Turbine*

[0042] Selon un deuxième aspect, l'invention concerne une turbine 2 pour une turbomachine 1 à double flux. La turbine 2 comprend une pluralité d'aubes 1 selon l'invention.

[0043] Préférentiellement, la turbine 2 comprend un disque. Le disque de la turbine présente un troisième axe longitudinal X'' de révolution, dit axe moteur X''.

[0044] Préférentiellement, l'axe moteur X'' est sécant de l'axe bulbe X. Selon une disposition particulière, l'axe moteur X'' peut être orienté de 5 à 20 degrés par rapport à

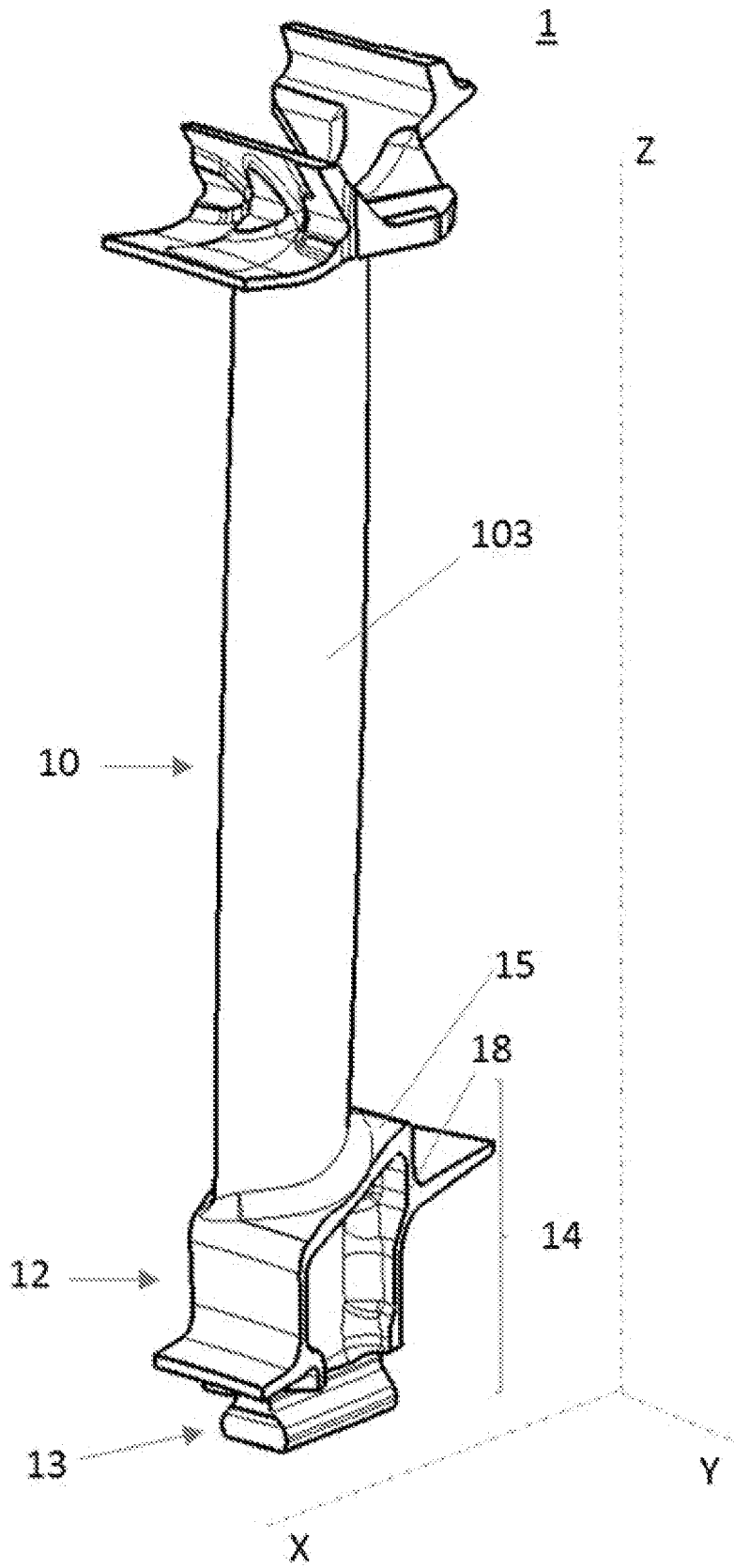
axe bulbe X.

- [0045] Le bulbe 13 de chaque aube 1 s'insère axialement dans une alvéole du disque, selon l'axe bulbe X.
- [0046] De plus, l'axe moteur X'' est préférentiellement sécant de l'axe face latérale X'. Ainsi, en d'autres termes, l'axe bulbe X, l'axe face latérale X' et l'axe moteur X'' sont tous les trois sécants deux à deux.
- [0047] Selon une disposition particulière, l'axe moteur X'' peut être décalé de 18 à 25 degrés de l'axe face latérale X'.
- [0048] *Turbomachine*
- [0049] Selon un autre aspect, l'invention concerne une turbomachine à double flux comprenant une turbine 2 selon l'invention.
- [0050] *Aéronef*
- [0051] Selon un autre aspect, l'invention concerne un aéronef comprenant au moins une turbomachine selon l'invention.
- [0052] L'aéronef comprend, en sus, l'ensemble des caractéristiques habituelles.

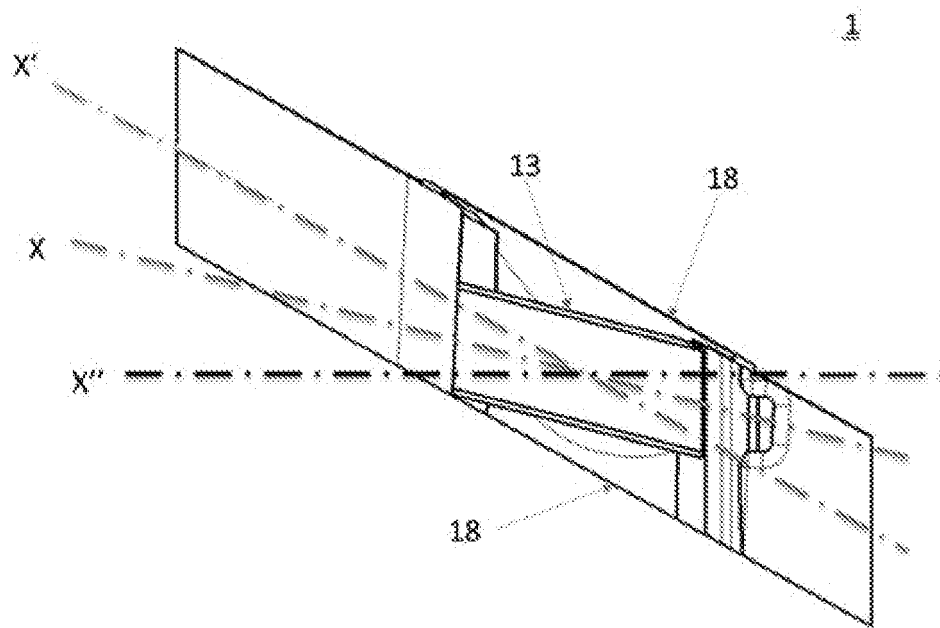
## Revendications

- [Revendication 1] Aube (1) de turbine comprenant successivement selon une direction radiale un bulbe (13) sensiblement axialement rectiligne selon un premier axe longitudinal (X) dit axe bulbe (X), une échasse (14) et une pale (10) présentant un extradós (E) et un intradós (I), caractérisée en ce que l'échasse (14) comprend au moins une face latérale (18) plane orientée selon un deuxième axe longitudinal (X'), dit axe face latérale (X'), sécant de l'axe bulbe (X).
- [Revendication 2] Aube (1) selon la revendication 1 dans laquelle, l'axe face latérale (X') sécant de l'axe bulbe (X) est orienté de 5 à 15 degrés par rapport à l'axe bulbe.
- [Revendication 3] Turbine (2) pour une turbomachine à double flux comprenant au moins une aube (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2.
- [Revendication 4] Turbine (2) selon la revendication 3, comprenant un disque présentant un troisième axe longitudinal (X'') de révolution, dit axe moteur (X'').
- [Revendication 5] Turbine (2) selon la revendication 4, dans laquelle l'axe moteur (X'') est sécant de l'axe bulbe (X).
- [Revendication 6] Turbine (2) selon la revendication la revendication 5, dans laquelle l'axe moteur (X'') est orienté de 5 à 20 degrés par rapport à l'axe bulbe.
- [Revendication 7] Turbine (2) selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans laquelle l'axe moteur (X'') est sécant de l'axe face latérale (X').
- [Revendication 8] Turbine (2) selon la revendication 7 dans laquelle l'axe moteur (X'') est décalé de 18 à 25 degrés de l'axe face latérale (X').
- [Revendication 9] Turbomachine à double flux comprenant une turbine selon l'une des revendications 3 à 8.
- [Revendication 10] Aéronef comprenant au moins une turbomachine selon la revendication 9.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
 PRÉLIMINAIRE**

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

 N° d'enregistrement  
 national

 FA 877259  
 FR 2001707

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 617 045 A1 (GEN ELECTRONIC CO [US]) 18 janvier 2006 (2006-01-18)	1-4,7-10	F01D5/14 F02K3/06
Y	* alinéas [0004], [0031], [0053]; figures 1-5 *	5,6	
Y	FR 3 082 878 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 27 décembre 2019 (2019-12-27) * page 6, lignes 25-29; figure 3 *	5,6	
X	EP 2 191 910 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 2 juin 2010 (2010-06-02) * figures 1,4 *	1-8	
X	DE 10 2005 030516 A1 (MAN TURBO AG [DE]) 4 janvier 2007 (2007-01-04) * alinéas [0038] - [0040]; figures 1-4 * * *	1,3-5,7	
X	US 2006/177314 A1 (YAMASHITA YUTAKA [JP] ET AL) 10 août 2006 (2006-08-10) * alinéas [0027], [0028]; figures 1-3 *	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	JP 2004 116364 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 15 avril 2004 (2004-04-15) * alinéas [0026], [0027]; figures 1,4 *	1,3,4,7	F01D F04D
A	EP 2 204 542 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 7 juillet 2010 (2010-07-07) * alinéas [0019], [0020]; figure 7 *	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 août 2020		Teusch, Reinhold	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2001707 FA 877259**

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 **17-08-2020**  
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
EP 1617045	A1	18-01-2006	CA 2511155 A1	13-01-2006
			DE 602005001029 T2	03-01-2008
			EP 1617045 A1	18-01-2006
			JP 4800689 B2	26-10-2011
			JP 2006029330 A	02-02-2006
			US 2006013690 A1	19-01-2006
-----				
FR 3082878	A1	27-12-2019	AUCUN	
-----				
EP 2191910	A1	02-06-2010	EP 2191910 A1	02-06-2010
			US 2010129217 A1	27-05-2010
-----				
DE 102005030516	A1	04-01-2007	BR PI0613072 A2	03-01-2012
			CA 2613595 A1	04-01-2007
			CN 101263278 A	10-09-2008
			DE 102005030516 A1	04-01-2007
			EP 1899581 A1	19-03-2008
			JP 2008544157 A	04-12-2008
			RU 2375589 C2	10-12-2009
			US 2009116964 A1	07-05-2009
			WO 2007000326 A1	04-01-2007
-----				
US 2006177314	A1	10-08-2006	CN 1749535 A	22-03-2006
			JP 4335771 B2	30-09-2009
			JP 2006083761 A	30-03-2006
			KR 20060053151 A	19-05-2006
			US 2006177314 A1	10-08-2006
-----				
JP 2004116364	A	15-04-2004	AUCUN	
-----				
EP 2204542	A2	07-07-2010	CN 101793168 A	04-08-2010
			EP 2204542 A2	07-07-2010
			KR 20100080451 A	08-07-2010
			US 2010166561 A1	01-07-2010
-----				