

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 23.12.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 30.06.23 Bulletin 23/26.

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 SAS
— FR.

72 Inventeur(s) : DE WERGIFOSSE, Huguette et JOU-
BIER, Maximilien.

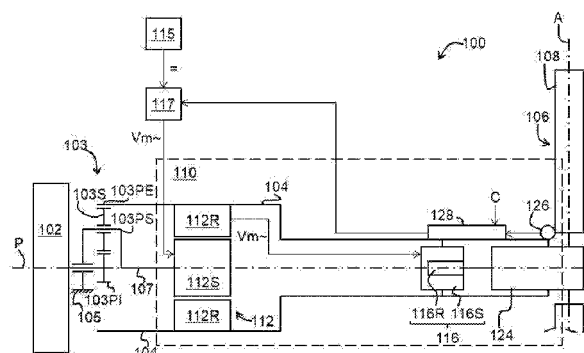
73 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS.

74 Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

54 ACTIONNEUR D'UNE PIÈCE MONTÉE MOBILE SUR UN SUPPORT ROTATIF ENTRAÎNÉ PAR UNE
TURBOMACHINE D'UN AÉRONEF.

57 L'actionneur (110) comporte : - un train épicycloïdal (103) ; - un support fixe (107) solidaire d'un porte satellite (103PS) du train épicycloïdal (103) ; - un moteur électrique (116) de déplacement de la pièce (108) par rapport à un support rotatif (104) solidaire d'un planétaire extérieur (103PE) du train épicycloïdal (103), le moteur électrique (116) comportant un stator (116S) porté par le support rotatif (104) ; et - un transformateur tournant (112) qui comporte un stator (112S) bobiné porté par le support fixe (107) et un rotor (112R) porté par le support rotatif (104) pour transférer une tension dite moteur ($V_{m\sim}$) au moteur électrique (116).

Figure pour l'abrégé : Fig. 1



Description

Titre de l'invention : ACTIONNEUR D'UNE PIECE MONTÉE MOBILE SUR UN SUPPORT ROTATIF ENTRAÎNÉ PAR UNE TURBOMACHINE D'UN AERONEF

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne un actionneur d'une pièce montée mobile sur un support tournant entraîné par une turbomachine d'un aéronef. Elle s'applique en particulier pour le calage de pas d'aubes ou de pales.

Arrière-plan technologique

[0002] La demande de brevet français publiée sous le numéro FR 2 831 225 A1 décrit un actionneur d'une pièce montée mobile sur un support rotatif entraîné par une turbomachine d'un aéronef, comportant :

- une machine électrique principale comportant un rotor porté par le support rotatif et un stator bobiné solidaire d'une structure fixe externe de la turbomachine ; et
- un moteur électrique de déplacement de la pièce par rapport au support rotatif, le moteur électrique comportant un stator porté par le support rotatif.

[0003] Plus précisément, cet actionneur connu est conçu pour modifier l'orientation de pales d'une hélice montée sur le support tournant. En outre, dans la publication précédente, le moteur électrique est alimenté au travers d'un transformateur tournant présentant un inducteur statorique solidaire de la structure fixe externe de la turbomachine et commandé par un circuit électronique de commande relié par une liaison de puissance à un dispositif d'alimentation en énergie électrique du turbopropulseur.

[0004] Ainsi, cet actionneur connu nécessite un transfert de puissance au travers du transformateur tournant à haut rayon, ce qui nécessite l'utilisation de bobines volumineuses. En outre, le rotor et le stator du transformateur tournant sont sous la forme de deux anneaux en face l'un de l'autre, ce qui nuit à l'intégration de l'actionneur.

[0005] Il peut donc être souhaité de concevoir un actionneur où le dispositif d'alimentation soit directement porté par le support tournant et à bas rayon palliant tout ou partie des contraintes précitées.

Résumé de l'invention

[0006] Il est donc proposé un actionneur électrohydraulique ou bien électromécanique d'une pièce montée mobile sur un support rotatif entraîné par une turbomachine d'un aéronef, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un train épicycloïdal comportant :
 - un planétaire intérieur conçu pour être entraîné par la turbomachine,

- en rotation autour d'un axe principal par rapport à une partie structurelle de l'aéronef,
 - un planétaire extérieur monté rotatif autour de l'axe principal par rapport à la partie structurelle de l'aéronef, le support rotatif étant solidaire du planétaire extérieur,
 - un porte satellite solidaire de la partie structurelle de l'aéronef,
 - au moins un satellite engrené à la fois avec le planétaire intérieur et avec le planétaire extérieur ;
 - un support fixe solidaire du porte satellite ;
 - un moteur électrique de déplacement de la pièce par rapport au support rotatif, le moteur électrique comportant un stator porté par le support rotatif ;
 - un transformateur tournant qui comporte un stator bobiné porté par le support fixe et un rotor porté par le support rotatif pour transférer de la puissance électrique au moteur électrique.
- [0007] Grâce à l'invention, il est possible de placer le stator du transformateur tournant sur l'axe principal de la turbomachine avec son rotor tournant autour, ce qui simplifie son intégration.
- [0008] De façon optionnelle, l'actionneur comporte en outre un réseau électrique continu de l'aéronef et un convertisseur continu-alternatif conçu pour fournir la tension au stator du transformateur tournant.
- [0009] De façon optionnelle également, l'actionneur comporte en outre un dispositif de régulation de la tension moteur.
- [0010] De façon optionnelle également, dispositif de régulation est conçu pour réguler la tension moteur en commandant le convertisseur continu-alternatif.
- [0011] De façon optionnelle également, l'actionneur comporte en outre un dispositif de mesure d'une orientation de la pièce et le dispositif de régulation est conçu pour réguler la tension moteur à partir de l'orientation mesurée et d'une consigne d'orientation.
- [0012] De façon optionnelle également, le moteur électrique est asynchrone.
- [0013] Il est également proposé un système propulsif d'un aéronef, comportant :
- une turbomachine présentant un arbre tournant ;
 - une hélice ou soufflante montée sur le support rotatif et présentant des pales ou des aubes ; et
 - un actionneur des pales ou des aubes, selon l'invention.
- [0014] Il est également proposé un aéronef comportant un système propulsif selon l'invention.

Brève description des figures

- [0015] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :
- la [Fig.1] est une vue simplifiée d'un exemple de système propulsif d'un aéronef comportant un exemple d'actionneur selon l'invention,
 - la [Fig.2] est une vue simplifiée d'un exemple de convertisseur de mouvement pouvant être utilisé dans l'actionneur de la [Fig.1], et
 - la [Fig.3] est une vue simplifiée d'un autre exemple de convertisseur de mouvement pouvant être utilisé dans l'actionneur de la [Fig.1].

Description détaillée de l'invention

- [0016] En référence à la [Fig.1], un exemple d'un système propulsif 100 d'un aéronef, dans lequel l'invention est mise en œuvre, va à présent être décrit.
- [0017] Le système propulsif 100 comporte tout d'abord une turbomachine 102.
- [0018] Le système propulsif 100 comporte en outre un train épicycloïdal 103 comportant tout d'abord un planétaire intérieur 103P. Ce dernier est entraîné par la turbomachine 102, en rotation autour d'un axe principal P par rapport à une partie structurelle 105 de l'aéronef. Le train épicycloïdal 103 comporte en outre au moins un satellite 103S et un porte satellite 103PS solidaire de la partie structurelle 105 de l'aéronef et portant chaque satellite 103S. Le train épicycloïdal 103 comporte en outre un planétaire extérieur 103PE monté rotatif autour de l'axe principal P par rapport à la partie structurelle 105 de l'aéronef. Chaque satellite 103S est engrené à la fois avec le planétaire intérieur 103PI et avec le planétaire extérieur 103PE. De cette manière, la rotation du planétaire intérieur 103PI entraîne la rotation du planétaire extérieur 103PE, avec un certain rapport d'entraînement.
- [0019] Le système propulsif 100 comporte en outre un support rotatif 104 solidaire du planétaire extérieur 103PE et un support fixe 107 solidaire du porte satellite 103PS, tous les deux situés de l'autre côté du porte satellite 103PS que la turbomachine 102. Ainsi, le support fixe 107 forme un repère fixe et le support rotatif 104 forme un repère tournant.
- [0020] Le système propulsif 100 comporte en outre une hélice 106 montée sur le support rotatif 104. L'hélice 106 comporte des pales 108. Les termes d'hélice et de pales couvrent également respectivement une soufflante et des aubes de cette soufflante.
- [0021] Afin de changer leur orientation par rapport à l'arbre tournant 104, les pales 108 sont montées mobiles par rapport au support rotatif 104. Plus précisément, dans l'exemple illustré, elles sont montées pivotantes autour d'axes radiaux A respectifs.
- [0022] Afin de piloter l'orientation des pales 108, le système propulsif 100 comporte en outre un actionneur 110. Cet actionneur 110 est en particulier adapté pour les architectures de type turbomachine caréné ou non caréné (USF de l'anglais « Unducted

Single Fan », VPF de l'anglais « Variable Pitch Fan »).

- [0023] L'actionneur 110 comporte tout d'abord un transformateur tournant 112 triphasé ou bien monophasé. Il comporte ainsi un rotor 112R porté par le support rotatif 104 et un stator 112S porté par le support fixe 107. En particulier, le stator 112S est placé sur l'axe principal P et le rotor 112R s'étend autour de l'axe principal P pour tourner autour de ce dernier. Le stator 112S est conçu pour recevoir de l'énergie électrique et pour la transmettre au rotor 112R, quel que soit l'angle de rotation entre eux. Par exemple, le stator 112S du transformateur tournant principal 112 reçoit de l'énergie électrique d'un réseau électrique continu 115 de l'aéronef, au travers d'un convertisseur continu-alternatif 117 (onduleur). Le réseau électrique continu 115 et l'onduleur 117 sont placés dans le repère fixe. L'acheminement de harnais électriques jusqu'au transformateur tournant 112 peut être prévu au travers du porte-satellites fixe 103PS.
- [0024] L'actionneur 110 comporte en outre un moteur électrique 116 de calage des pales 108, comportant un stator 116S et un rotor 116R. Il s'agit par exemple d'un moteur électrique asynchrone, par exemple à cage d'écureuil. Le moteur électrique de calage 116 est porté par le support rotatif 104, ce qui signifie en particulier que son stator 116S est porté par le support rotatif 104 et que le rotor 116R est conçu pour tourner par rapport au stator 116S et donc par rapport au support rotatif 104.
- [0025] Le moteur électrique de calage 116, et plus particulièrement son stator 116S, est alimenté électriquement par le rotor 112R du transformateur tournant principal 112, afin de faire tourner le rotor 116R. La connexion électrique entre le rotor 112R et le moteur électrique de calage 116 est portée par le support rotatif 104, sans revenir en particulier dans le repère fixe.
- [0026] L'actionneur 110 comporte en outre un convertisseur de mouvement 124, porté par le support rotatif 104 (et donc dans le repère tournant) conçu pour convertir la rotation du rotor 116R en un mouvement des pales 108. Des exemples de convertisseur de mouvement 124 seront décrits plus loin.
- [0027] Pour contrôler le changement d'orientation des pales 108, l'actionneur 110 peut comporter en outre un dispositif 126 de mesure de l'orientation des pales 108 et un dispositif 128 de régulation de la tension moteur $V_{m\sim}$ (en particulier, son niveau et/ou sa fréquence) pour commander le moteur électrique de calage 116 à partir de l'orientation mesurée des pales 108 et d'une consigne C d'orientation des pales 108. La commande est par exemple vectorielle ou scalaire. Le dispositif de commande 128 est par exemple conçu pour réguler la tension moteur $V_{m\sim}$ en commandant l'onduleur 117.
- [0028] En outre, en attachant le support fixe 107 au porte satellite 103PS et le support mobile 104 au planétaire extérieur 103PE, il est possible de placer le support fixe 107

sur l'axe principal P, avec le support rotatif 104 autour. Le stator 112S du transformateur tournant principal 112 peut ainsi être placé sur l'axe principal P avec son rotor 112R autour.

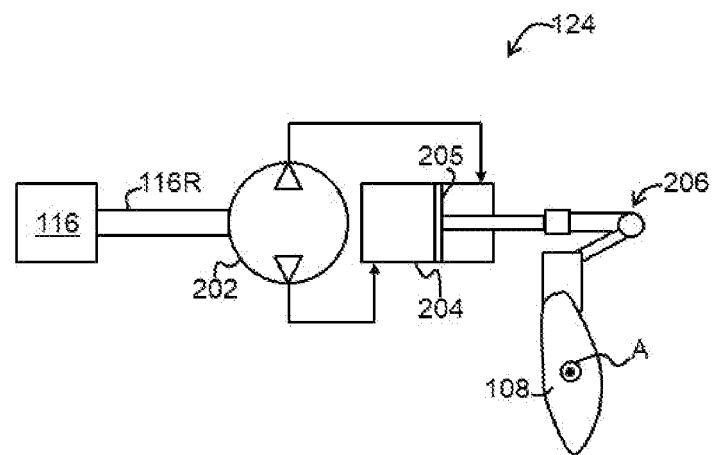
- [0029] En référence à la [Fig.2], un premier exemple de convertisseur de mouvement 124 va à présent être décrit plus en détail.
- [0030] Dans ce premier exemple, le convertisseur de mouvement 124 comporte une pompe hydraulique 202 entraînée par le rotor 116R du moteur électrique de calage 116. La pompe hydraulique 202 est par exemple à cylindrée fixe, ce qui lui permet d'être robuste.
- [0031] Le convertisseur de mouvement 124 comporte en outre un vérin hydraulique 204 présentant deux chambres séparées par un piston 205 et actionné par la pompe hydraulique 202.
- [0032] Lorsque le rotor 116R du moteur électrique de calage 116 tourne dans un sens de rotation, la pompe hydraulique 202 remplit la première chambre pour déplacer le piston 205 dans une première direction. Lorsque le rotor 116R du moteur électrique 116 tourne dans l'autre sens de rotation, la pompe hydraulique 202 remplit la deuxième chambre pour déplacer le piston 205 dans la direction opposée.
- [0033] Le convertisseur de mouvement 124 comporte en outre un mécanisme 206 pour transformer le mouvement de translation du vérin hydraulique 204 en un mouvement de rotation de la pale 108 autour de l'axe A.
- [0034] En référence à la [Fig.3], un deuxième exemple de convertisseur de mouvement 124 va à présent être décrit plus en détail.
- [0035] Ce deuxième exemple est similaire au premier exemple de la [Fig.2], si ce n'est que la pompe hydraulique 202 et le vérin hydraulique 204 sont remplacés par une vis à bille 302 portant un écrou se translatant dans une direction et dans la direction opposée suivant le sens de rotation du rotor 116R du moteur électrique de calage 116.
- [0036] On notera que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits précédemment. Il apparaîtra en effet à l'homme de l'art que diverses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.
- [0037] Dans la présentation détaillée de l'invention qui est faite précédemment, les termes utilisés ne doivent pas être interprétés comme limitant l'invention aux modes de réalisation exposés dans la présente description, mais doivent être interprétés pour y inclure tous les équivalents dont la prévision est à la portée de l'homme de l'art en appliquant ses connaissances générales à la mise en œuvre de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

Revendications

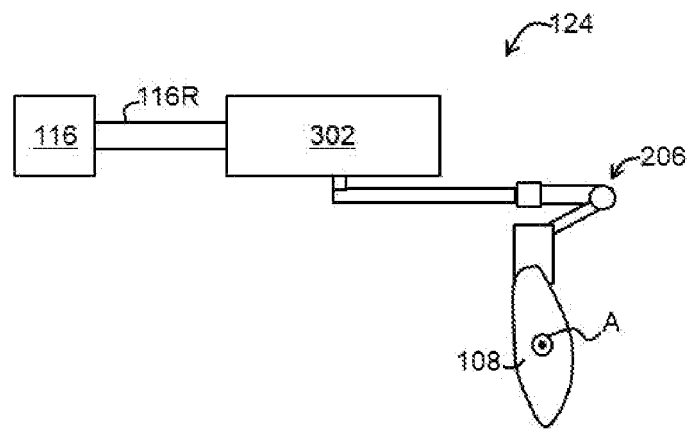
- [Revendication 1] Actionneur (110) d'une pièce (108) montée mobile sur un support rotatif (104) entraîné par une turbomachine (102) d'un aéronef, comportant :
- un train épicycloïdal (103) comportant :
 - un planétaire intérieur (103PI) conçu pour être entraîné par la turbomachine (102), en rotation autour d'un axe principal (P) par rapport à une partie structurelle (105) de l'aéronef,
 - un planétaire extérieur (103PE) monté rotatif autour de l'axe principal (P) par rapport à la partie structurelle (105) de l'aéronef, le support rotatif (104) étant solidaire du planétaire extérieur (103PE),
 - un porte satellite (103PS) solidaire de la partie structurelle (105) de l'aéronef,
 - au moins un satellite (103S) engrené à la fois avec le planétaire intérieur (103PI) et avec le planétaire extérieur (103PE) ;
 - un support fixe (107) solidaire du porte satellite (103PS) ;
 - un moteur électrique (116) de déplacement de la pièce (108) par rapport au support rotatif (104), le moteur électrique (116) comportant un stator (116S) porté par le support rotatif (104) ; et
 - un transformateur tournant (112) qui comporte un stator (112S) bobiné porté par le support fixe (107) et un rotor (112R) porté par le support rotatif (104) pour transférer une tension dite moteur ($V_{m\sim}$) au moteur électrique (116).
- [Revendication 2] Actionneur selon la revendication 1, comportant en outre un réseau électrique continu (115) de l'aéronef et un convertisseur continu-alternatif (117) conçu pour fournir la tension ($V_{m\sim}$) au stator (112S) du transformateur tournant (112).
- [Revendication 3] Actionneur selon la revendication 1 ou 2, comportant en outre un dispositif (128) de régulation de la tension moteur ($V_{m\sim}$).
- [Revendication 4] Actionneur selon la revendication 3, le dispositif de régulation (128) est conçu pour réguler la tension moteur ($V_{m\sim}$) en commandant le convertisseur continu-alternatif (117).

- [Revendication 5] Actionneur selon la revendication 3 ou 4, comportant en outre un dispositif (126) de mesure d'une orientation de la pièce (108) et dans lequel le dispositif de régulation (128) est conçu pour réguler la tension moteur ($V_{m\sim}$) à partir de l'orientation mesurée et d'une consigne (C) d'orientation.
- [Revendication 6] Actionneur (110) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le moteur électrique (116) est asynchrone.
- [Revendication 7] Système propulsif (100) d'un aéronef, comportant :
- une turbomachine (102) présentant un arbre tournant (104) ;
 - une hélice ou soufflante (106) montée sur le support rotatif (104) et présentant des pales ou des aubes (108) ; et
 - un actionneur (110) des pales ou des aubes (108), selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.
- [Revendication 8] Aéronef comportant un système propulsif (100) selon la revendication 7.

[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 902049
FR 2114425

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 2 977 315 A1 (PRATT & WHITNEY CANADA [CA]) 27 janvier 2016 (2016-01-27)	1-5, 7, 8	B64C11/30 F01D7/00
Y	* alinéas [0023], [0016], [0017], [0032] * * revendications 1, 12 * * figures 1, 3, 5 * -----	6	
Y, D	FR 2 831 225 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 25 avril 2003 (2003-04-25)	6	
A	* le document en entier * -----	1-5, 7, 8	
A	US 2016/053690 A1 (PERKINSON ROBERT H [US] ET AL) 25 février 2016 (2016-02-25) * le document en entier * -----	1-8	
A	FR 3 080 944 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]; SAFRAN ELECTRICAL & POWER [FR] ET AL.) 8 novembre 2019 (2019-11-08) * le document en entier * -----	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B64C B64D
A	GB 604 225 A (FAIREY AVIAT CO LTD; ARCHIBALD GRAHAM FORSYTH) 30 juin 1948 (1948-06-30) * le document en entier * -----	1-8	
A	FR 2 990 809 A1 (HISPANO SUIZA SA [FR]) 22 novembre 2013 (2013-11-22) * le document en entier * -----	1-8	
A	US 2004/255590 A1 (RAGO GIUSEPPE [CA] ET AL) 23 décembre 2004 (2004-12-23) * le document en entier * -----	1-8	
A	FR 3 057 120 A1 (SAFRAN HELICOPTER ENGINES [FR]) 6 avril 2018 (2018-04-06) * le document en entier * -----	1-8	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 juillet 2022		Duval, Yann	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2114425 FA 902049

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 **18-07-2022**
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 2977315	A1	27-01-2016	CA 2890445 A1	23-01-2016
			EP 2977315 A1	27-01-2016
			PL 2977315 T3	31-10-2017
			US 2016229549 A1	11-08-2016
			US 2018118369 A1	03-05-2018

FR 2831225	A1	25-04-2003	DE 60216700 T2	04-10-2007
			EP 1306558 A1	02-05-2003
			FR 2831225 A1	25-04-2003
			US 2003077173 A1	24-04-2003

US 2016053690	A1	25-02-2016	CA 2896799 A1	22-02-2016
			EP 2987984 A1	24-02-2016
			US 2016053690 A1	25-02-2016
			US 2019010874 A1	10-01-2019
			US 2021381438 A1	09-12-2021

FR 3080944	A1	08-11-2019	BR 112020021828 A2	23-03-2021
			CA 3099886 A1	14-11-2019
			CN 112088129 A	15-12-2020
			EP 3790802 A1	17-03-2021
			FR 3080944 A1	08-11-2019
			JP 2021523053 A	02-09-2021
			RU 2762600 C1	21-12-2021
			US 2021061479 A1	04-03-2021
			WO 2019215399 A1	14-11-2019

GB 604225	A	30-06-1948	AUCUN	

FR 2990809	A1	22-11-2013	BR 112014028919 A2	08-08-2017
			CA 2873933 A1	28-11-2013
			CN 104321957 A	28-01-2015
			EP 2853022 A1	01-04-2015
			FR 2990809 A1	22-11-2013
			RU 2014151778 A	20-07-2016
			US 2015108760 A1	23-04-2015
			WO 2013175098 A1	28-11-2013

US 2004255590	A1	23-12-2004	CA 2466756 A1	23-12-2004
			US 2004255590 A1	23-12-2004

FR 3057120	A1	06-04-2018	CA 3038303 A1	12-04-2018
			CN 109792199 A	21-05-2019
			EP 3520209 A1	07-08-2019
			FR 3057120 A1	06-04-2018
			JP 2019531967 A	07-11-2019

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2114425 FA 902049**

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 **18-07-2022**
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
		KR 20190057140 A	27-05-2019
		RU 2732853 C1	23-09-2020
		US 2019233128 A1	01-08-2019
		WO 2018065709 A1	12-04-2018
