

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 145 550

21 N° d'enregistrement national : 23 01083

51 Int Cl<sup>8</sup> : B 64 D 15/2 ( . ), B 64 D 41/00, H 02 K 7/18, F 01 D 25/02

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 06.02.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 09.08.24 Bulletin 24/32.

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 ELECTRICAL & POWER  
Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : HADJIDJ Djemouai.

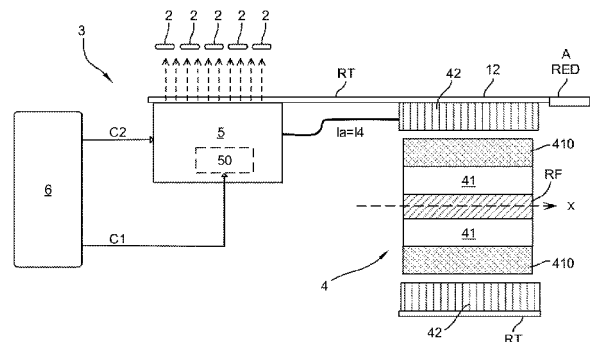
73 Titulaire(s) : SAFRAN ELECTRICAL & POWER  
Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : ARGYMA.

54 Hélice de turbomachine d'aéronef comprenant un système d'alimentation autonome d'organes de chauffage pour le dégivrage et procédé associé.

57 Une hélice de turbomachine d'aéronef comprenant un cône s'étendant axialement selon un axe (X) et des pales, l'hélice étant configurée pour être entraînée en rotation par un arbre de la turbomachine (A), l'hélice comprenant une pluralité d'organes de chauffage (2) et un système d'alimentation électrique (3) des organes de chauffage (2), le système d'alimentation électrique (3) étant monté dans le cône et configuré pour générer de l'énergie électrique de manière autonome à partir de la rotation de l'arbre de la turbomachine (A).

Figure de l'abrégé : Figure 2



FR 3 145 550 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Hélice de turbomachine d'aéronef comprenant un système d'alimentation autonome d'organes de chauffage pour le dégivrage et procédé associé**

#### **Domaine technique**

- [0001] La présente invention concerne le dégivrage d'une hélice d'une turbomachine d'un aéronef.
- [0002] De manière connue, un aéronef comporte une ou plusieurs turbomachines pour permettre la propulsion. Une turbomachine comporte au moins un arbre rotatif configuré pour entraîner en rotation une hélice, en particulier, via un réducteur de vitesse connu de l'homme du métier sous la désignation de RGB pour « Reduction Gear Box ». De manière connue, une hélice comporte un cône s'étendant axialement depuis lequel s'étendent une pluralité d'aubes radiales.
- [0003] Au cours du vol de l'aéronef, du givre est susceptible de se former sur les pales de l'hélice. Pour le retirer, il est connu d'équiper les pales de l'hélice avec une pluralité d'organes de chauffage. De manière connue, un organe de chauffage se présente sous la forme d'un tapis chauffant comprenant une pluralité de résistances qui sont positionnées sur le bord d'attaque de l'aube mais également sur le cône. En présence de conditions givrantes, les organes de chauffage sont activés de manière intermittente afin de désolidariser les couches de givre. Les couches de givre sont ensuite éjectées du fait de la force centrifuge liée à la rotation de l'hélice.
- [0004] Les organes de chauffage sont alimentés électriquement et il est nécessaire de prévoir une puissance électrique importante afin de dégivrer l'hélice de manière optimale. La puissance électrique est fournie au système de dégivrage par une source électrique interne à l'aéronef ou à la turbomachine. En pratique, la source électrique est positionnée dans un repère fixe tandis que les organes de chauffage sont positionnés dans un repère tournant liés aux pales. Pour permettre le transfert d'énergie, il est nécessaire de prévoir un transformateur tournant. Le transformateur tournant est relié à une source électrique via des harnais d'alimentation. La mise en place de harnais d'alimentation de la source électrique jusqu'au transformateur est complexe et augmente la masse et l'encombrement de la turbomachine. Cela est particulièrement pénalisant lors des opérations de maintenance. En outre, l'acheminement des harnais de puissance à travers plusieurs parties de la turbomachine est problématique étant donné qu'ils imposent de réaliser des rayons de courbure souvent infaisables vu l'encombrement restreint.
- [0005] L'invention vise à éliminer au moins certains de ces inconvénients en proposant un

système d'alimentation des organes chauffants qui soit simple à installer et à maintenir tout en ayant une masse et un volume réduits.

## **PRESENTATION DE L'INVENTION**

- [0006] L'invention concerne une hélice de turbomachine d'aéronef comprenant un cône s'étendant axialement selon un axe et des pales, l'hélice étant configurée pour être entraînée en rotation par un arbre de la turbomachine, l'hélice comprenant une pluralité d'organes de chauffage et un système d'alimentation électrique des organes de chauffage.
- [0007] L'invention est remarquable en ce que le système d'alimentation électrique est monté dans le cône et configuré pour générer de l'énergie électrique de manière autonome à partir de la rotation de l'arbre de la turbomachine.
- [0008] Grâce à l'invention, il n'est pas nécessaire de prévoir un harnais d'alimentation, ce qui limite la masse et l'encombrement du système d'alimentation. En outre, étant donné que le système d'alimentation électrique est autonome, il n'existe aucun besoin de réaliser des étapes chronophages de connexion avec des harnais d'alimentation. Un système d'alimentation électrique peut être remplacé de manière pratique. Un montage dans le cône est avantageusement accessible. De manière avantageuse, cela permet de réaliser un dégivrage sans tenir compte des sources électriques principales de l'aéronef, ce qui présente des avantages pour leur dimensionnement en limitant les contraintes d'intégration entre la turbomachine et l'aéronef.
- [0009] De manière avantageuse, l'énergie électrique est générée directement dans un repère tournant solidaire du cône, ce qui permet de s'affranchir d'un convertisseur.
- [0010] Selon un aspect, le système d'alimentation électrique comporte une génératrice synchrone à aimants permanents configurée pour générer de l'énergie électrique de manière autonome à partir de la rotation de l'arbre de la turbomachine. Une telle génératrice permet de générer un courant électrique permettant d'alimenter les organes de chauffage.
- [0011] Selon un aspect, la génératrice synchrone à aimants permanents comporte un premier stator remplissant une fonction d'inducteur et un premier rotor remplissant une fonction d'induit, le premier rotor étant solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine. Ainsi, contrairement à une génératrice synchrone à aimants permanents traditionnelle, le premier stator remplit la fonction d'inducteur et non le premier rotor. Cela permet de générer un courant électrique directement dans le premier rotor afin d'alimenter les organes de chauffage directement dans le repère tournant. On peut avantageusement se passer d'un transformateur tournant qui nécessite une source électrique alternative et des harnais pour acheminer l'alimentation électrique jusqu'au transformateur. De préférence, le premier stator remplit une fonction d'inducteur à

aimants.

- [0012] De préférence, le premier rotor s'étend de manière radialement extérieure au premier stator. Cela permet d'alimenter au plus près les organes de chauffage situés à la périphérie extérieure de l'hélice.
- [0013] Selon un aspect, l'induit est positionné radialement à l'extérieur et l'inducteur (aimants) est positionné radialement à l'intérieur.
- [0014] Selon un aspect, le système d'alimentation électrique comporte une unique machine électrique, en particulier, uniquement une génératrice synchrone à aimants permanents.
- [0015] Selon un aspect, le système d'alimentation électrique comporte une machine électrique d'alimentation comportant un deuxième stator remplissant une fonction d'inducteur et un deuxième rotor remplissant une fonction d'induit, le deuxième rotor étant solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine, le deuxième stator étant alimenté à partir de la génératrice synchrone à aimants permanents. De préférence, le deuxième stator est bobiné.
- [0016] Un système d'alimentation électrique à deux étages permet avantageusement d'éviter l'utilisation d'un convertisseur tournant dans le repère tournant. La machine électrique d'alimentation permet de fournir un courant d'alimentation directement aux organes de chauffage. La machine électrique d'alimentation est à inducteur bobiné et nécessite une alimentation pour devenir autonome.
- [0017] Selon un aspect, le deuxième rotor s'étend de manière radialement extérieure au deuxième stator. Cela permet de synchroniser naturellement la fourniture d'énergie au repère tournant et d'alimenter au plus près les organes de chauffage situés à la périphérie extérieure de l'hélice.
- [0018] Selon un aspect, le deuxième stator est alimenté par le premier stator de la génératrice synchrone à aimants permanents.
- [0019] Selon un aspect, le système d'alimentation électrique comporte un calculateur de contrôle configuré pour convertir le courant d'alimentation fourni par la génératrice synchrone à aimants permanents en fonction du courant d'alimentation des organes de chauffage. De préférence, le calculateur de contrôle alimente directement le deuxième stator. Dans ce cas, le calculateur de contrôle appartient de préférence au repère fixe.
- [0020] Selon un aspect, la machine électrique d'alimentation est positionnée en aval de la génératrice synchrone à aimants permanents. Cela permet de limiter le porte-à faux en positionnant les équipements les plus lourds vers l'aval.
- [0021] Selon un aspect, le système d'alimentation électrique comporte une machine électrique d'excitation comportant un troisième stator remplissant une fonction d'inducteur et un troisième rotor remplissant une fonction d'induit, le troisième rotor étant solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine, le troisième stator étant alimenté par la génératrice synchrone à aimants permanents, le premier rotor

alimentant la machine électrique d'excitation qui alimente la machine électrique d'alimentation de manière à former un système d'alimentation électrique à trois étages. Autrement dit, le système d'alimentation électrique comporte trois génératrices en cascade qui partagent en commun un arbre fixe et un arbre tournant.

- [0022] Selon un aspect, la machine électrique d'excitation est positionnée en amont de la machine électrique d'alimentation, de préférence, en aval de la génératrice synchrone à aimants permanents. Cela permet de limiter le porte-à faux en positionnant les équipements les plus lourds vers l'aval.
- [0023] Selon un aspect, le troisième rotor s'étend de manière radialement extérieure au troisième stator.
- [0024] Selon un aspect, l'hélice comprenant un repère fixe et un repère tournant solidaire en rotation du cône, chaque rotor appartient au repère tournant tandis que chaque stator appartient au repère fixe.
- [0025] Selon un aspect, le système d'alimentation électrique comporte un calculateur de contrôle configuré pour convertir le courant d'alimentation fourni par la génératrice synchrone à aimants permanents en fonction du courant d'alimentation des organes de chauffage.
- [0026] Selon un aspect, le système d'alimentation électrique comporte un contrôleur de dégivrage configuré pour fournir au calculateur de contrôle une commande de puissance, le calculateur de contrôle étant configuré pour convertir le courant d'alimentation fourni par la génératrice synchrone à aimants permanents en fonction du courant d'alimentation des organes de chauffage et de la commande de puissance.
- [0027] Selon un aspect, le calculateur de contrôle est alimenté par le premier rotor de la génératrice synchrone à aimants permanents et le troisième rotor est alimenté par le calculateur de contrôle. Dans ce cas, le calculateur de contrôle appartient de préférence au repère tournant.
- [0028] Selon un aspect, le système d'alimentation électrique comporte un commutateur électrique relié à une pluralité d'organes de chauffage. Le système d'alimentation électrique assure ainsi la génération et la distribution. Une commande séquentielle permet de limiter la dimension du système d'alimentation et permet son montage dans le cône. De préférence, le commutateur électrique est solidaire du repère tournant.
- [0029] De manière avantageuse, l'intégration d'un commutateur électrique dans le système d'alimentation permet d'agréger au sein d'un même équipement l'ensemble des fonctions liées au chauffage, ce qui facilite la mise en place mais également la maintenance.
- [0030] Selon un aspect, le contrôleur de dégivrage est configuré pour fournir au commutateur électrique une commande de séquence afin de commander une alimentation séquentielle des organes de chauffage.

[0031] Selon un aspect, l'hélice comprend au moins un réducteur de vitesse monté entre l'arbre de la turbomachine et le cône. Cela permet avantageusement au système d'alimentation électrique de tirer partie des paliers du réducteur de vitesse sans intégrer de paliers propres au système d'alimentation électrique. Cela permet de limiter l'entrefer dans les machines électriques et améliore ainsi la fiabilité de la génération. Il va néanmoins de soi que le système d'alimentation électrique pourrait comprendre ses propres paliers.

[0032] Selon un aspect, les organes de chauffage sont résistifs.

[0033] L'invention concerne en outre un procédé d'utilisation d'une hélice telle que présentée précédemment, comprenant des étapes consistant à :

- Entraîner en rotation l'arbre de turbomachine pour entraîner en rotation les pales et
- Générer de l'énergie électrique à partir de la rotation l'arbre de turbomachine de manière à alimenter électriquement les organes de chauffage afin de dégivrer l'hélice.

## **PRESENTATION DES FIGURES**

[0034] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple, et se référant aux figures suivantes, données à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquelles des références identiques sont données à des objets semblables.

[0035] La [Fig.1] est une représentation schématique d'une hélice avec un système d'alimentation électrique des organes de chauffage selon l'invention.

[0036] La [Fig.2] est une représentation schématique d'une première forme de réalisation d'un système d'alimentation électrique.

[0037] La [Fig.3] est une représentation schématique d'une deuxième forme de réalisation d'un système d'alimentation électrique.

[0038] La [Fig.4] est une représentation schématique d'une troisième forme de réalisation d'un système d'alimentation électrique.

[0039] Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

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

[0040] L'invention va être présentée pour un aéronef comprenant une pluralité de turbomachines à hélice pour assurer la propulsion de l'aéronef, en particulier, une pluralité de turbopropulseurs.

[0041] En référence à la [Fig.1], il est représenté de manière schématique une hélice de turbomachine d'aéronef 1. L'hélice 1 comprend un cône 10, s'étendant axialement selon

un axe X, orienté de l'amont vers l'aval sur la [Fig.1], et des pales 11 qui s'étendent, dans cet exemple, radialement par rapport à l'axe X.

[0042] L'hélice 1 est configurée pour être entraînée en rotation par un arbre de la turbomachine A afin de faire tourner les pales 11 et générer un travail de propulsion. De manière préférée, comme illustré à la [Fig.1], l'hélice 1 comprend un réducteur de vitesse RED monté entre l'arbre de la turbomachine A et le cône 10 afin de modifier le rapport de vitesse. L'hélice 1 comprend un repère fixe RF et un repère tournant RT solidaire en rotation du cône 10.

[0043] L'hélice 1 comprend une pluralité d'organes de chauffage 2 afin de permettre le dégivrage de l'hélice 1. De manière connue, un organe de chauffage 2 se présente sous la forme d'un tapis chauffant comprenant une pluralité de résistances qui sont positionnées sur un bord d'attaque d'une pale 11 et sur le cône 10. En présence de conditions givrantes, les organes de chauffage 2 sont activés de manière intermittente afin de désolidariser les couches de givre. Les couches de givre sont ensuite éjectées du fait de la force centrifuge liée à la rotation de l'hélice 1. En référence à la [Fig.1], l'hélice 1 comporte un système d'alimentation électrique 3 pour alimenter les organes de chauffage 2.

[0044] Selon l'invention, le système d'alimentation électrique 3 est monté dans le cône 10 de l'hélice 1 et est autonome. Par autonome, on entend que le système d'alimentation électrique 3 génère de l'énergie électrique qu'à partir du couple mécanique fourni par l'arbre de la turbomachine A sans recourir à une source externe comme dans l'art antérieur. Cela permet avantageusement de s'affranchir de harnais d'alimentation qui augmentent la masse, l'encombrement et la complexité. Le système d'alimentation électrique 3 peut être maintenu et remplacé de manière pratique et rapide.

[0045] Selon un aspect de l'invention, en référence à la [Fig.2], le système d'alimentation électrique 3 comporte une génératrice synchrone à aimants permanents 4 configurée pour générer de l'énergie électrique de manière autonome à partir de la rotation de l'arbre de la turbomachine A. La génératrice synchrone à aimants permanents 4 comportant un premier stator 41 remplissant une fonction d'inducteur et un premier rotor 42 remplissant une fonction d'induit, le premier rotor 42 étant solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine A. Cela permet avantageusement de générer un courant électrique I4 au niveau du premier rotor 42 pour alimenter les organes de chauffage 2.

[0046] Selon une première forme de réalisation, en référence à la [Fig.2], le système d'alimentation électrique 3 comprend un commutateur électrique 5 relié à une pluralité d'organes de chauffage 2. De manière avantageuse, le commutateur électrique 5 permet de commander l'alimentation séquentielle des organes de chauffage 2.

[0047] Dans cette première forme de réalisation, le commutateur électrique 5 est alimenté

directement par la génératrice synchrone à aimants permanents 4. Par la suite, on désigne « courant d'alimentation  $I_a$  » le courant qui alimente le commutateur électrique 5.

- [0048] Dans cet exemple, le commutateur électrique 5 est alimenté directement par le premier rotor 42 de la génératrice synchrone à aimants permanents 4 ( $I_a=I_4$ ). Selon un aspect, le système d'alimentation électrique 3 comporte une unique machine électrique qui est la génératrice synchrone à aimants permanents 4.
- [0049] De manière préférée, le commutateur électrique 5 comporte en outre un convertisseur électrique 50, en particulier, un redresseur actif (piloté), afin de convertir le courant d'alimentation  $I_a$  en courant continu. Par souci de clarté et de concision, le convertisseur électrique n'est pas représenté sur les toutes les formes de réalisation de l'invention. Il est représenté sur la [Fig.2] pour convertir le courant issu de la génératrice synchrone à aimants permanents 4. Comme illustré à la [Fig.2], le commutateur électrique 5 est solidarisé au repère tournant RT pour alimenter les organes de chauffage 2. Selon les architectures, il va néanmoins de soi qu'un convertisseur électrique est optionnel et que le commutateur électrique 5 pourrait être alimenté directement en alternatif. Le convertisseur électrique pourrait par ailleurs être passif (non piloté) et se présenter, par exemple, sous forme d'un pont de diodes.
- [0050] Toujours en référence à la [Fig.2], le système d'alimentation 3 comporte en outre un contrôleur de dégivrage 6 configuré pour définir la stratégie de dégivrage, en particulier, une commande de puissance C1 et une commande de séquence C2 qui sont émises vers le commutateur électrique 5. Dans cet exemple, le commutateur électrique 5 comporte un convertisseur de puissance 50 qui reçoit la commande de puissance C1 pour régler la puissance désirée.
- [0051] Le premier rotor 42 de la génératrice synchrone à aimants permanents 4 appartient au repère tournant RT tandis que le premier stator 41 de la génératrice synchrone à aimants permanents 4 appartient au repère fixe RF. Dans cet exemple, le premier rotor 42 et le commutateur électrique 5 sont reliés à un carter tournant 12. La génératrice synchrone à aimants permanents 4 est du type « inversé » étant donné que le premier rotor 42 s'étend de manière radialement extérieure au premier stator 41 par rapport à l'axe X. Comme illustré à la [Fig.2], la génératrice synchrone à aimants permanents 4 comporte une pluralité d'aimants 410 à la périphérie de son premier stator 41. Une telle architecture permet de synchroniser naturellement la fourniture d'énergie électrique avec le repère tournant RT sans ajout de dispositif supplémentaire comme un transformateur tournant dans l'état de l'art antérieur.
- [0052] Un tel système d'alimentation électrique 3 est avantageux étant donné qu'il comporte peu d'équipements et permet une maintenance aisée et pratique. Le système d'alimentation électrique 3 est avantageusement autonome. Lors de la rotation de

l'arbre de turbomachine A, le carter tournant 12 est également entraîné, de préférence, via le réducteur RED.

- [0053] La rotation du premier rotor 42 de la génératrice synchrone à aimants permanents 4 permet de générer un courant induit I4 par interaction magnétique avec les aimants 410 du premier stator 41 qui appartient au repère fixe RF.
- [0054] Le courant induit I4 correspond au courant d'alimentation Ia du commutateur électrique 5. Le contrôleur de dégivrage 6 émet une commande de puissance C1 et une commande de séquence C2 au commutateur électrique 5 qui permet de définir la stratégie de commande des organes de chauffage 2, c'est-à-dire, la puissance et la temporisation de dégivrage.
- [0055] Grâce à l'invention, il n'est pas nécessaire de prévoir un passage pour des harnais d'alimentation. Le système d'alimentation électrique 3 est autonome et indépendant. Cela permet de rendre les organes de dégivrage indépendants du système de génération et de distribution de l'aéronef, ce qui évite un surdimensionnement et limite les contraintes.
- [0056] Dans cette première forme de réalisation, la génératrice synchrone à aimants permanents 4 est associée à un convertisseur de puissance 50 piloté dans le repère tournant RT pour gérer le niveau de puissance à fournir aux organes de chauffage 2. Cela affecte la fiabilité et la disponibilité du système d'alimentation électrique 3. Dans cette forme de réalisation, la génératrice synchrone à aimants permanents 4 doit rester active en permanence même en conditions non givrantes, ce qui augmente le risque feu et limite la durée de vie de cette dernière.
- [0057] Une deuxième forme de réalisation est représentée à la [Fig.3]. Par souci de clarté et de concision, les éléments identiques ou analogues à la première forme de réalisation ne sont pas décrits de nouveau.
- [0058] Selon la deuxième forme de réalisation, en référence à la [Fig.3], le système d'alimentation électrique 3 comporte en outre une machine électrique d'alimentation 7 comportant un deuxième stator 71 remplissant une fonction d'inducteur et un deuxième rotor 72 remplissant une fonction d'induit. Le deuxième rotor 72 est solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine A. Le deuxième stator 71 est alimenté par la génératrice synchrone à aimants permanents 4, en particulier, via le premier stator 41.
- [0059] Une architecture à deux étages permet avantageusement de réduire la dimension de la génératrice synchrone à aimants permanents 4, en particulier, par la suppression du convertisseur de puissance 50 présenté à la [Fig.2], ce qui permet une réduction globale de la masse et de l'encombrement du système d'alimentation électrique 3.
- [0060] Afin de contrôler la puissance d'alimentation électrique, le système d'alimentation électrique 3 comporte en outre un calculateur de contrôle 8. Comme illustré à la [Fig.3]

, le deuxième stator 71 est alimenté indirectement par la génératrice synchrone à aimants permanents 4 via le calculateur de contrôle 8.

- [0061] Comme illustré à la [Fig.3], la génératrice synchrone à aimants permanents 4 génère un courant alternatif I4 dans le premier stator 41 qui est transformé par le calculateur de contrôle 8 en un courant continu I8 pour alimenter le deuxième stator 71 et générer un courant alternatif I7 dans le deuxième rotor 72 afin d'alimenter le commutateur électrique 5 ( $I_a=I7$ ).
- [0062] Etant donné que le premier stator 41 et le deuxième stator 71 appartiennent au repère fixe RF, il est avantageux de placer le calculateur de contrôle 8 dans le repère fixe RF comme illustré à la [Fig.3]. Dans cet exemple, le calculateur de contrôle 8 comporte un convertisseur électrique du type redresseur. De manière optionnelle, en référence à la [Fig.3], le calculateur de contrôle 8 peut également fournir un courant continu ou alternatif à d'autres charges électriques auxiliaires AUX.
- [0063] Le calculateur de contrôle 8 est configuré pour recevoir la commande de puissance C1 du contrôleur de dégivrage 6 de manière à déterminer précisément le courant I8 à fournir au deuxième stator 71.
- [0064] Selon un aspect, comme illustré à la [Fig.3], le calculateur de contrôle 8 est relié à un capteur de courant 80 configuré pour mesurer le courant I7 fourni par le deuxième rotor 72 de la machine électrique d'alimentation 7. Cela permet avantageusement au calculateur de contrôle 8 de déterminer le courant I8 à fournir au deuxième stator 71 par asservissement à partir de la commande de puissance C1 et du courant d'alimentation  $I_a$  (courant I7 fourni par le deuxième rotor 72).
- [0065] Etant donné que le deuxième rotor 72 appartient au repère tournant RT et que le calculateur de contrôle 8 appartient au repère fixe RF, il est préférable d'utiliser un capteur inductif 80 sans contact. Il va de soi que le calculateur de contrôle 8 pourrait mesurer toute grandeur physique (courant ou tension) image du courant I7.
- [0066] Dans cette seconde forme de réalisation, la génératrice synchrone à aimants permanents 4 et le calculateur de contrôle 8 sont dimensionnés pour fournir directement la puissance d'excitation à la machine électrique d'alimentation 7, soit environ 1/10<sup>ème</sup> de la puissance des organes de chauffage 2.
- [0067] Une troisième forme de réalisation est représentée à la [Fig.4]. Par souci de clarté et de concision, les éléments identiques ou analogues à la deuxième forme de réalisation ne sont pas décrits de nouveau.
- [0068] Selon la troisième forme de réalisation, en référence à la [Fig.4], le système d'alimentation électrique 3 comporte en outre une machine électrique d'excitation 9 comportant un troisième stator 91 remplissant une fonction d'induit et un troisième rotor 92 remplissant une fonction d'inducteur. Le troisième rotor 92 est solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine A.

- [0069] Le troisième rotor 92 est alimenté par la génératrice synchrone à aimants permanents 4, en particulier, via le premier rotor 42. Une telle alimentation est pratique étant donné qu'ils appartiennent tous au repère tournant RT.
- [0070] Dans cet exemple, le troisième rotor 92 de la machine électrique d'excitation 9 est alimenté indirectement par le premier rotor 42 de la génératrice synchrone à aimants permanents 4 via le calculateur de contrôle 8. Comme illustré à la [Fig.4], la génératrice synchrone à aimants permanents 4 génère un courant alternatif I4 dans le premier rotor 42 qui est transformé par le calculateur de contrôle 8 en courant continu I8 pour alimenter le troisième rotor 92.
- [0071] Le deuxième stator 71 de la machine électrique d'alimentation 7 est alimenté par le troisième stator 91 de la machine électrique d'excitation 9 comme illustré à la [Fig.4]. De manière préférée, le troisième stator 91 de la machine électrique d'excitation 9 génère un courant alternatif qui est redressé via un redresseur 93 pour alimenter le deuxième stator 71 de la machine électrique d'alimentation 7 avec un courant continu I9. Dans cet exemple, le redresseur 93 se présente sous la forme d'un pont de diodes. La machine électrique d'alimentation 7 génère un courant alternatif I7 dans le deuxième rotor 72 afin d'alimenter le commutateur électrique 5 ( $I_a=I7$ ).
- [0072] Une architecture à trois étages permet avantageusement de réduire de manière globale la masse et l'encombrement du système d'alimentation électrique 3. Avec cette architecture, la génératrice synchrone à aimants permanents 4 et la machine électrique d'excitation 9 sont de petite taille comparés à la deuxième forme de réalisation de la [Fig.3] (environ 1/100<sup>ème</sup> de la puissance des organes de chauffage 2).
- [0073] Dans la première forme de réalisation, la génératrice synchrone à aimants permanents 4 est l'équipement principal (et unique) qui fournit la puissance électrique aux organes de chauffage 2. Dans la deuxième forme de réalisation, la génératrice synchrone à aimants permanents 4 est une source secondaire de l'excitation de la machine électrique d'alimentation 7. La génératrice synchrone à aimants permanents 4 fournit environ 10% de la puissance électrique aux organes de chauffage 2. Dans la troisième forme de réalisation, la génératrice synchrone à aimants permanents 4 est également une source secondaire de l'excitation de la machine électrique d'alimentation 7. La génératrice synchrone à aimants permanents 4 fournit environ 1% de la puissance électrique aux organes de chauffage 2.
- [0074] Etant donné que le premier rotor 42 et le troisième rotor 92 appartiennent au repère tournant RT, il est avantageux de placer le calculateur de contrôle 8 dans le repère tournant RT comme illustré à la [Fig.4].
- [0075] De manière analogue à précédemment, le calculateur de contrôle 8 est configuré pour recevoir la commande de puissance C1 du contrôleur de dégivrage 6 de manière à déterminer précisément le courant I8 à fournir au troisième rotor 92.

- [0076] Selon un aspect, comme illustré à la [Fig.4], le calculateur de contrôle 8 est relié à un capteur de courant 81 configuré pour mesurer le courant I7 (mI7) fourni par le deuxième rotor 72 de la machine électrique d'alimentation 7. Cela permet avantageusement au calculateur de contrôle 8 de déterminer le courant I8 à fournir au troisième rotor 92 par asservissement à partir de la commande de puissance C1 et de la mesure mI7 du courant d'alimentation Ia (courant I7 fourni par le deuxième rotor 72). Etant donné que le troisième rotor 92 appartient au repère tournant RT et que le calculateur de contrôle 8 appartient au repère tournant RT, un capteur de courant 81 traditionnel peut être avantageusement utilisé.
- [0077] Un système d'alimentation électrique 3 à trois étages permet une intégration simple et pratique à maintenir tout en permettant un gain de poids et de masse.
- [0078] Afin de permettre un refroidissement optimal du système d'alimentation électrique 3, plusieurs dispositifs de refroidissement peuvent être avantageusement prévus. Par exemple, un ventilateur peut être monté dans le cône 10 pour refroidir les équipements électriques 4, 7, 9. De même, le carter tournant 12 peut être équipé d'ailettes de refroidissement. De manière avantageuse, le réducteur de vitesse comporte un circuit de refroidissement, par exemple un circuit d'huile, qui alimente un circuit de refroidissement du système d'alimentation électrique de manière synergique.

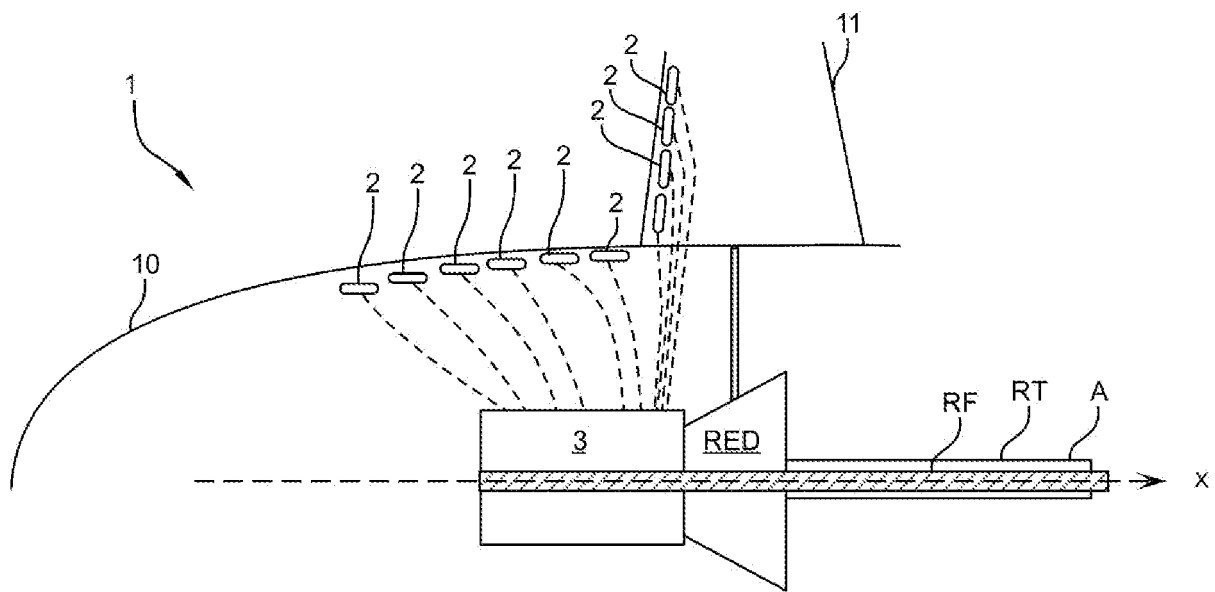
## Revendications

- [Revendication 1] Hélice (1) de turbomachine d'aéronef comprenant un cône (10) s'étendant axialement selon un axe (X) et des pales (11), l'hélice (1) étant configurée pour être entraînée en rotation par un arbre de la turbomachine (A), l'hélice comprenant une pluralité d'organes de chauffage (2) et un système d'alimentation électrique (3) des organes de chauffage (2), le système d'alimentation électrique (3) étant monté dans le cône (10) et configuré pour générer de l'énergie électrique de manière autonome à partir de la rotation de l'arbre de la turbomachine (A).
- [Revendication 2] Hélice (1) selon la revendication 1 dans laquelle le système d'alimentation électrique (3) comporte une génératrice synchrone à aimants permanents (4) configurée pour générer de l'énergie électrique de manière autonome à partir de la rotation de l'arbre de la turbomachine (A).
- [Revendication 3] Hélice (1) selon la revendication 2 dans laquelle la génératrice synchrone à aimants permanents (4) comporte un premier stator (41) remplissant une fonction d'inducteur et un premier rotor (42) remplissant une fonction d'induit, le premier rotor (42) étant solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine (A).
- [Revendication 4] Hélice (1) selon la revendication 3 dans laquelle le premier rotor (42) s'étend de manière radialement extérieure au premier stator (41).
- [Revendication 5] Hélice (1) selon l'une des revendications 3 à 4 dans laquelle le système d'alimentation électrique (3) comporte une machine électrique d'alimentation (7) comportant un deuxième stator (71) remplissant une fonction d'inducteur et un deuxième rotor (72) remplissant une fonction d'induit, le deuxième rotor (72) étant solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine (A), le deuxième stator (71) étant alimenté à partir d'une génératrice synchrone à aimants permanents (4).
- [Revendication 6] Hélice (1) selon la revendication 5 dans laquelle le deuxième rotor (72) s'étend de manière radialement extérieure au deuxième stator (71).
- [Revendication 7] Hélice (1) selon l'une des revendications 5 à 6 dans laquelle le système d'alimentation électrique (3) comporte une machine électrique d'excitation (9) comportant un troisième stator (91) remplissant une fonction d'inducteur et un troisième rotor (92) remplissant une fonction d'induit, le troisième rotor (92) étant solidaire en rotation de l'arbre de la turbomachine (A), le troisième stator (91) étant alimenté par la génératrice synchrone à aimants permanents (4), le premier rotor (42)

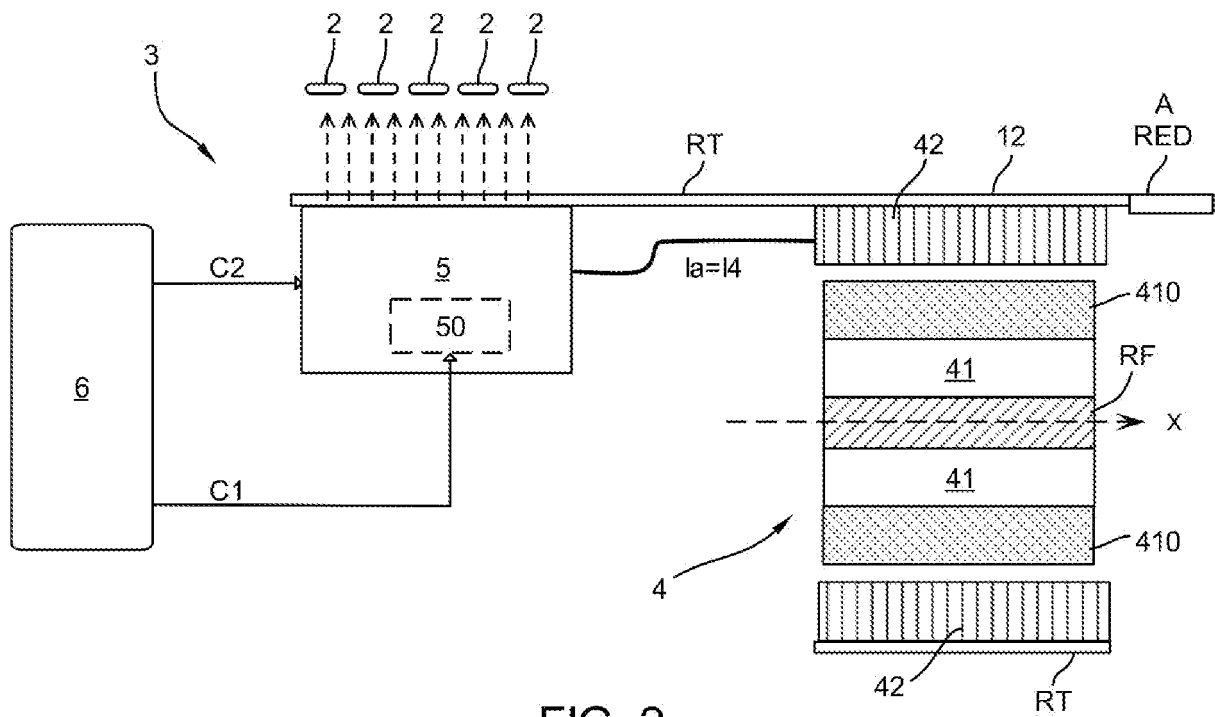
alimentant la machine électrique d'excitation (9) qui alimente la machine électrique d'alimentation (7) de manière à former un système d'alimentation électrique (3) à trois étages.

- [Revendication 8] Hélice (1) selon l'une des revendications 1 à 7, comprenant un repère fixe (RF) et un repère tournant (RT) solidaire en rotation du cône (10), chaque rotor (42, 72, 92) appartient au repère tournant (RT) tandis que chaque stator (41, 71, 91) appartient au repère fixe (RF).
- [Revendication 9] Hélice (1) selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle le système d'alimentation électrique (3) comporte un calculateur de contrôle (8) configuré pour convertir le courant d'alimentation fourni par la génératrice synchrone à aimants permanents (4) en fonction du courant d'alimentation des organes de chauffage (2).
- [Revendication 10] Hélice (1) selon la revendication 9, dans laquelle le système d'alimentation électrique (3) comporte un contrôleur de dégivrage (6) configuré pour fournir au calculateur de contrôle (8) une commande de puissance (C1), le calculateur de contrôle (8) étant configuré pour convertir le courant d'alimentation fourni par la génératrice synchrone à aimants permanents (4) en fonction du courant d'alimentation des organes de chauffage (2) et de la commande de puissance (C1).
- [Revendication 11] Hélice (1) selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle le système d'alimentation électrique (3) comporte un commutateur électrique (5) relié à une pluralité d'organes de chauffage (2).
- [Revendication 12] Procédé d'utilisation d'une hélice (1) selon l'une des revendications 1 à 11, comprenant des étapes consistant à :
- Entraîner en rotation l'arbre de turbomachine (A) pour entraîner en rotation les pales (11) et
  - Générer de l'énergie électrique à partir de la rotation l'arbre de turbomachine (A) de manière à alimenter électriquement les organes de chauffage (2) afin de dégivrer l'hélice (1).

[Fig. 1]

**FIG. 1**

[Fig. 2]

**FIG. 2**

[Fig. 3]

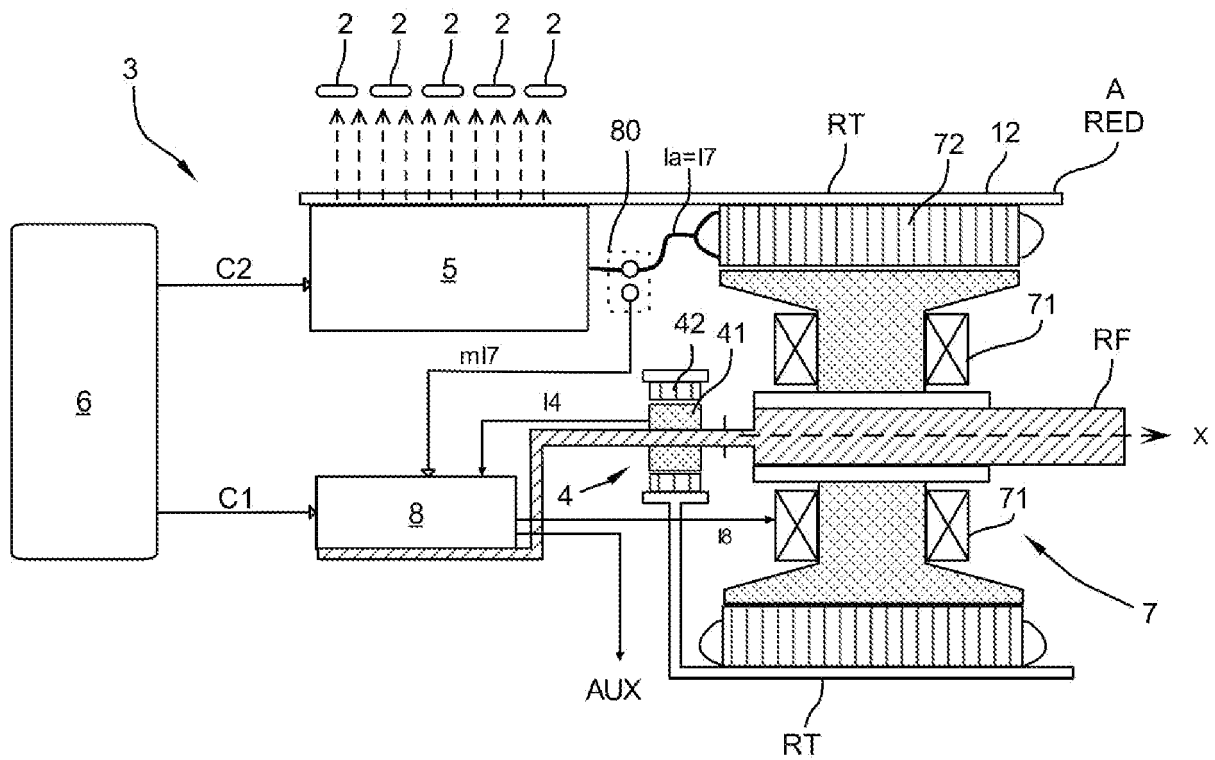


FIG. 3

[Fig. 4]

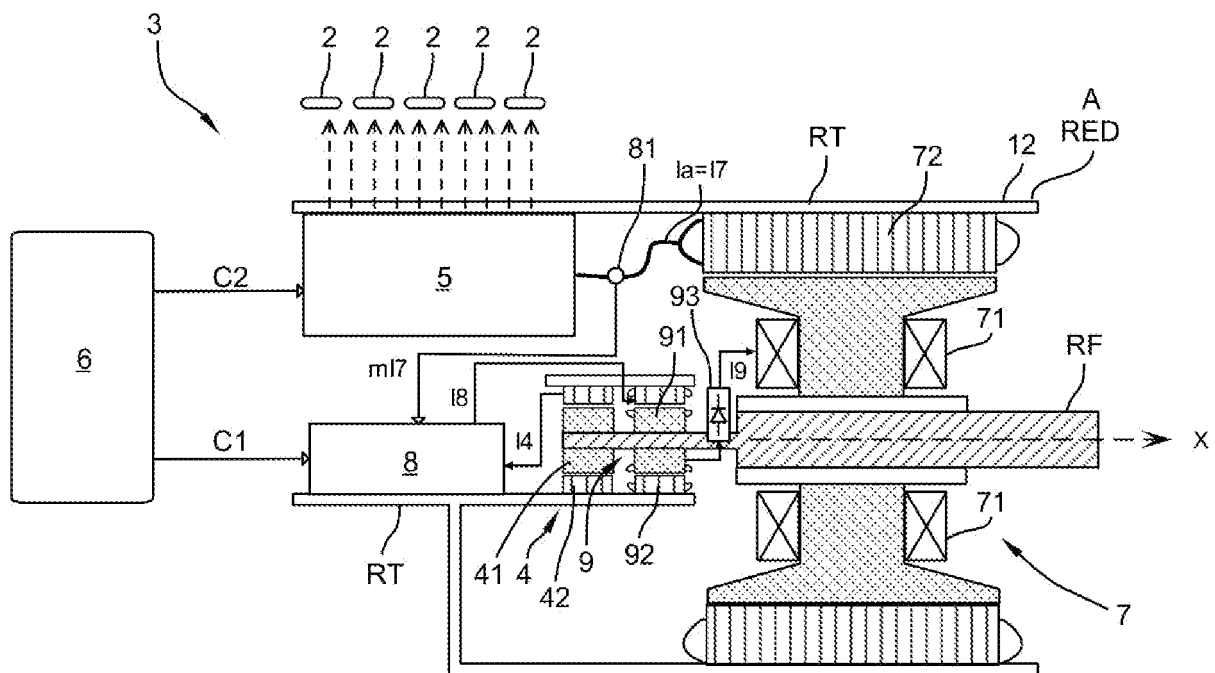


FIG. 4

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 916100**  
**FR 2301083**

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		
<b>X</b>	<p><b>US 2013/039759 A1 (PERKINSON ROBERT H [US]) 14 février 2013 (2013-02-14)</b>                      * figures 1,2 *                      * alinéa [0013] *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<b>1-4, 8-12</b>	<p><b>B64D 41/00</b>  <b>B64D15/12</b>  <b>F01D 25/02</b>  <b>H02K 7/18</b></p>
<b>X</b>	<p><b>US 2021/075303 A1 (SEMINEL BRUNO [FR]) 11 mars 2021 (2021-03-11)</b>                      * alinéa [0012] *                      * alinéa [0022] *                      * alinéa [0062] *                      * figures 3,4 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<b>1, 11, 12</b>	
<b>A</b>	<p><b>EP 2 218 643 B1 (ALENIA AERONAUTICA SPA [IT]) 31 août 2011 (2011-08-31)</b>                      * alinéa [0019] *                      * figure 1 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<b>1-12</b>	
			<p><b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b></p> <p><b>B64D</b>  <b>H02K</b>  <b>F01D</b>  <b>F02C</b></p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>21 juillet 2023</b>		<b>Burattini, Paolo</b>	
<p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></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                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2301083 FA 916100**

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 **21-07-2023**  
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
<b>US 2013039759 A1</b>	<b>14-02-2013</b>	<b>EP 2562085 A2</b>	<b>27-02-2013</b>
		<b>US 2013039759 A1</b>	<b>14-02-2013</b>
-----			
<b>US 2021075303 A1</b>	<b>11-03-2021</b>	<b>BR 102019026696 A2</b>	<b>16-03-2021</b>
		<b>CA 3065012 A1</b>	<b>10-03-2021</b>
		<b>CN 112550730 A</b>	<b>26-03-2021</b>
		<b>EP 3792177 A1</b>	<b>17-03-2021</b>
		<b>US 2021075303 A1</b>	<b>11-03-2021</b>
-----			
<b>EP 2218643 B1</b>	<b>31-08-2011</b>	<b>AUCUN</b>	
-----			