(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 097 202**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **19 06399**

(51) Int Cl[8] : ***B 64 D 27/24*** *(2019.01), B 64 D 27/26, H 01 M 8/00*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) SYSTEME AUTONOME DE PROPULSION A HELICE POUR UN AERONEF, LEDIT SYSTEME AUTONOME DE PROPULSION A HELICE COMPORTANT UNE PILE A COMBUSTIBLE.

(22) **Date de dépôt :** 14.06.19.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 18.12.20 Bulletin 20/51.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 23.02.24 Bulletin 24/08.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

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

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *AIRBUS SAS* —FR, *AIRBUS OPERATIONS SAS* FR et *AIRBUS OPERATIONS GmbH* — DE.

(72) **Inventeur(s) :** THOMAS Matthieu, ROUX Anthony, POIRIER Didier, VERSEUX Olivier, ANGER André, VOGEL Florian, WEHLE Christian, BAMMER Benedikt, KLEWER Guido et GALLANT Guillaume.

(73) **Titulaire(s) :** AIRBUS SAS, AIRBUS OPERATIONS SAS, AIRBUS OPERATIONS GmbH.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET LE GUEN & ASSOCIES.

FR 3 097 202 - B1

Description

Titre de l'invention : SYSTEME AUTONOME DE PROPULSION A HELICE POUR UN AERONEF, LEDIT SYSTEME AUTONOME DE PROPULSION A HELICE COMPORTANT UNE PILE A COMBUSTIBLE

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un système autonome de propulsion à hélice pour un aéronef, ledit système autonome de propulsion à hélice comportant une pile à combustible.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

[0002] Afin de se déplacer, un aéronef comporte un système de propulsion comportant un moteur et une hélice. Le moteur génère un mouvement rotatif qui est transmis à l'hélice.

[0003] Il est connu d'utiliser un moteur thermique afin de mettre en mouvement l'hélice. Un tel moteur thermique utilise généralement du kérosène.

[0004] Il est envisagé de trouver une solution alternative à l'utilisation de kérosène pour la propulsion d'un aéronef. En particulier, les inventeurs envisagent d'utiliser des moteurs électriques pour la propulsion de l'aéronef.

[0005] Il est donc nécessaire de trouver un système de propulsion utilisant de tels moteurs électriques, dont les caractéristiques peuvent être adaptées aux besoins de l'aéronef.

Exposé de l'invention

[0006] Un objet de la présente invention est de proposer un système autonome de propulsion à hélice comportant une pile à combustible dont l'architecture lui permet d'être facilement remplacé par un autre système autonome de propulsion à hélice avec des caractéristiques fonctionnelles similaires ou différentes selon les besoins de l'aéronef.

[0007] A cet effet, est proposé un système autonome de propulsion à hélice pour un aéronef comportant une aile avec une structure avec des deuxièmes systèmes de fixation et un deuxième moyen de connexion, le système autonome de propulsion à hélice comportant :

[0008] - un châssis avec des premiers systèmes de fixation qui sont destinés à coopérer avec les deuxièmes systèmes de fixation pour assurer une fixation amovible du système autonome sur la structure,

[0009] - au moins une pile à combustible fixée au châssis,

[0010] - un moteur électrique fixé au châssis et présentant un arbre de sortie,

[0011] - un arbre moteur entraîné en rotation par ledit arbre de sortie,

[0012] - une hélice fixée sur l'arbre moteur,

[0013] - un contrôleur convertissant un courant électrique délivré par les piles à combustible vers un courant électrique délivré au moteur électrique,

[0014] - une canalisation d'arrivée d'hydrogène et une canalisation d'arrivée d'air qui assurent l'acheminement vers les piles à combustible respectivement de l'hydrogène et de l'air,

[0015] - un ensemble d'équipements auxiliaires assurant le fonctionnement des piles à combustible, et

[0016] - un premier moyen de connexion en liaison avec le contrôleur et destiné à se connecter avec le deuxième moyen de connexion.

[0017] Un tel système autonome peut donc être facilement démonté et remonté en fonction des besoins de l'aéronef.

[0018] Avantageusement, le système autonome comporte en parallèle plusieurs moteurs électriques, chacun comporte un arbre de sortie, et le système autonome comporte une boîte à engrenages qui assure l'accouplement mécanique entre les arbres de sortie et l'arbre moteur solidaire de l'hélice.

[0019] Avantageusement, le système autonome comporte une peau extérieure, au moins une écope au niveau de la peau extérieure et une tuyère d'éjection, et un système de refroidissement avec un échangeur de chaleur, l'échangeur de chaleur est alimenté en air frais depuis ladite au moins une écope, l'échangeur de chaleur rejette de l'air chaud et l'air chaud est évacué à travers la tuyère d'éjection.

[0020] Avantageusement, le système autonome comporte un réservoir d'hydrogène fixé au châssis et hydrauliquement connecté à la canalisation d'arrivée d'hydrogène.

[0021] Selon un mode de réalisation particulier, le réservoir est cylindrique, le châssis comporte au moins trois anneaux emmanchés et fixés sur le réservoir, avec un anneau central qui porte une première partie des premiers systèmes de fixation, un anneau avant qui est en avant par rapport à l'anneau central et qui porte une deuxième partie des premiers systèmes de fixation, un anneau arrière qui est en arrière par rapport à l'anneau central, le châssis comporte une structure avant qui est solidaire de l'anneau avant et qui s'étend en avant par rapport au réservoir et à laquelle sont fixés le moteur électrique avec son arbre de sortie, l'arbre moteur et l'hélice, et le châssis comporte une structure arrière qui est solidaire de l'anneau arrière et qui s'étend en arrière par rapport au réservoir.

[0022] Avantageusement, l'anneau central et l'anneau avant sont disposés, par rapport à une direction longitudinale X du système autonome de propulsion à hélice, de part et d'autre du centre de gravité du système autonome.

[0023] Selon un autre mode de réalisation particulier, le châssis correspond à une nacelle moteur comportant un ensemble de cadres structurels sur lesquels sont fixés des

panneaux, le châssis comporte une partie centrale dans laquelle un premier desdits cadres structurels porte une première partie des premiers systèmes de fixation et un deuxième desdits cadres structurels porte une deuxième partie des premiers systèmes de fixation, le châssis comporte une structure avant qui s'étend en avant par rapport à la partie centrale et à laquelle sont fixés au moins le moteur électrique avec son arbre de sortie, l'arbre moteur et l'hélice, et le châssis comporte une structure arrière qui s'étend en arrière par rapport à la partie centrale.

[0024] Avantageusement, le réservoir est cylindrique et fixé à la partie centrale du châssis.

[0025] Avantageusement encore, le châssis comporte une porte conformée pour permettre le remplacement du réservoir.

[0026] Selon un autre mode de réalisation particulier, le système autonome de propulsion comporte un empennage (550b, 550c) en partie arrière ou à proximité de sa partie arrière.

Brève description des dessins

[0027] Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints, parmi lesquels :

[0028] [fig.1] est une vue en perspective d'un aéronef comportant une pluralité de systèmes autonomes de propulsion à hélice selon un mode de réalisation de l'invention,

[0029] [fig.2] est une représentation schématique d'un système autonome de propulsion à hélice selon un mode de réalisation de l'invention,

[0030] [fig.3] est une vue en perspective d'un système autonome de propulsion à hélice selon un premier mode de réalisation particulier,

[0031] [fig.4] est une vue en perspective d'un système autonome de propulsion à hélice selon un deuxième mode de réalisation particulier, et

[0032] [fig.5] est une vue en perspective d'un aéronef comportant une pluralité de systèmes autonomes de propulsion à hélice selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

[0033] EXPOSE DETAILLE DE MODES DE REALISATION

[0034] Dans la description qui suit, les termes relatifs à une position sont pris en référence à un aéronef en position d'avancement, c'est-à-dire comme il est représenté sur la Fig. 1 où la flèche F montre la direction d'avancement de l'aéronef.

[0035] La Fig. 1 montre un aéronef 100 qui présente un fuselage 102 de part et d'autre duquel est fixée une aile 104. Sous chaque aile 104 est fixé au moins un système autonome de propulsion à hélice 150. Dans le mode de réalisation de l'invention présenté à la Fig. 1, il y a trois systèmes autonomes 150 par aile 104.

[0036] Pour chaque système autonome 150, l'aile 104 présente un emplacement au niveau

duquel le système autonome 150 se fixe de manière facilement amovible lors d'une escale de l'aéronef sur un aéroport. Dans le mode de réalisation de l'invention présenté à la Fig. 1, l'emplacement est sous l'aile 104 mais dans un autre mode de réalisation, il peut être au-dessus de l'aile 104. D'une manière générale, chaque aile 104 comporte au moins un emplacement.

[0037] Dans la description qui suit, et par convention, on appelle X la direction longitudinale du système autonome 150 orientée positivement dans le sens d'avancement de l'aéronef 100, on appelle Y la direction transversale du système autonome 150 qui est horizontale lorsque l'aéronef est au sol, et Z la direction verticale ou hauteur verticale lorsque l'aéronef est au sol, ces trois directions X, Y et Z étant orthogonales entre elles.

[0038] A cette fin, le système autonome 150 comporte un châssis (152, Fig. 3 ; 452, Fig. 4) qui comporte des premiers systèmes de fixation et l'aile 104 comporte une structure avec des deuxièmes systèmes de fixation qui coopèrent avec les premiers systèmes de fixation pour assurer la fixation amovible du système autonome 150 sur la structure au niveau d'un emplacement. Le système autonome 150 comporte une peau extérieure qui est fixée au châssis 152, 452 et qui forme une surface aérodynamique du système autonome 150.

[0039] La Fig. 2 montre une représentation schématique d'un système autonome 150 qui comporte au moins une pile à combustible 202, un moteur électrique 204 qui entraîne en rotation un arbre moteur et une hélice 206. La direction longitudinale X est l'axe de rotation de l'hélice.

[0040] La pile à combustible 202 est une pile dans laquelle la génération d'une tension électrique se fait grâce à l'oxydation sur une électrode d'un combustible réducteur, ici l'hydrogène, couplée à la réduction sur l'autre électrode d'un oxydant, ici l'oxygène de l'air. A cette fin, le système autonome 150 comporte une canalisation d'arrivée d'hydrogène et une canalisation d'arrivée d'air qui assurent l'acheminement vers les piles à combustible 202 respectivement de l'hydrogène et de l'air.

[0041] L'aéronef 100 comporte également au moins un réservoir d'hydrogène 212.

[0042] La canalisation d'arrivée d'hydrogène est hydrauliquement connectée à un réservoir d'hydrogène 212. La canalisation d'arrivée d'air est par exemple une écope au niveau de la peau extérieure du système autonome 150.

[0043] Le moteur électrique 204 et les piles à combustible 202 sont fixés sur le châssis 152 et l'hélice 206 est fixée sur l'arbre moteur qui est entraîné en rotation par un arbre de sortie du moteur électrique.

[0044] Le système autonome 150 comporte également un contrôleur 208 qui comporte en particulier un convertisseur électrique qui convertit un courant électrique continu délivré par les piles à combustible 202 vers un courant électrique continu ou alternatif délivré au moteur électrique 204. La conversion vers le courant électrique continu ou

alternatif dépend du type de moteur électrique utilisé.

[0045] Le système autonome 150 comporte également un ensemble d'équipements auxiliaires 210 (« Balance Of Plant » en anglais) qui contient les équipements nécessaires au fonctionnement des piles à combustible 202, comme par exemple les circuits de refroidissement ainsi que d'alimentation en hydrogène et en air comprimé, ainsi que les pompes, les compresseurs, les échangeurs de chaleur, les capteurs et autres équipements nécessaires au fonctionnement desdits circuits.

[0046] Le système autonome 150 comporte également un premier moyen de connexion 218 qui se connecte avec un deuxième moyen de connexion 220 de l'aéronef 100 lorsque le système autonome 150 est mis en place à son emplacement. Le deuxième moyen de connexion 220 est en liaison avec un système de commande de la poussée 222 de l'aéronef 100. Le système de commande de la poussée 222 contrôle en particulier la poussée de chaque système autonome 150.

[0047] Le premier et le deuxième moyens de connexion sont par exemple des émetteurs/récepteurs sans fil, par exemple Wifi®, ou des connecteurs électriques pour une liaison filaire.

[0048] Le deuxième moyen de connexion 220 est arrangé sur l'aile 104 au niveau de l'emplacement. Ces premier 218 et deuxième 220 moyens de connexion assurent le transfert de commande et d'informations entre le système de commande de la poussée 222 de l'aéronef 100, d'une part, et le contrôleur 208 et l'équipement auxiliaire électrique 210, d'autre part. Cette connexion permet entre autres de commander la vitesse de rotation du moteur électrique 204.

[0049] Le premier moyen de connexion 218 est en liaison avec le contrôleur 208 et l'équipement auxiliaire électrique 210.

[0050] Un tel système autonome 150 peut ainsi être monté et démonté facilement de la structure de l'aile 104 et ainsi remplacé en cas de besoin lors d'une escale de l'aéronef sur un aéroport. Selon un premier exemple, cela permet de remplacer un système autonome par un autre système autonome 150 en cas de panne, en minimisant les impacts sur les opérations de l'aéronef. Selon un deuxième exemple, lorsque le système autonome comporte un réservoir d'hydrogène, cela permet de remplacer un système autonome dont le réservoir d'hydrogène est vide ou partiellement vide, par un système autonome 150 dont le réservoir d'hydrogène est suffisamment plein pour permettre la prochaine mission de l'aéronef. Cela permet ainsi à l'aéronef de redécoller de l'aéroport sans attendre le remplissage du réservoir d'hydrogène vide ou partiellement vide, dans la mesure où le remplacement du système autonome est plus rapide que le remplissage du réservoir.

[0051] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le réservoir 212 est indépendant du système autonome 150 et se fixe à la structure de l'aile 104 ou à une structure d'un

fuselage de l'aéronef par des moyens de fixation amovibles permettant le remplacement du réservoir 212 lorsqu'il est vide par exemple.

[0052] Pour une intégration plus poussée, le système autonome 150 peut comporter le réservoir d'hydrogène 212 qui est alors solidaire du châssis 152.

[0053] Le système autonome 150 peut également comporter en parallèle, plusieurs moteurs électriques 204 alimentés par les piles à combustible 202 où chaque moteur électrique 204 comporte un arbre de sortie. Dans ce mode de réalisation, le système autonome 150 comporte une boîte à engrenages 205 qui assure l'accouplement mécanique entre les arbres de sortie de ces moteurs électriques 204 et l'arbre moteur solidaire de l'hélice 206.

[0054] Pour assurer le refroidissement des différents éléments, le système autonome 150 comporte un système de refroidissement 214 qui assure le refroidissement des piles à combustible 202, du contrôleur 208, des moteurs 204 et de la boîte à engrenages 205.

[0055] Le système de refroidissement 214 comporte un échangeur de chaleur qui est alimenté en air frais depuis l'extérieur par des écopes au niveau de la peau extérieure. L'air frais se réchauffe en traversant l'échangeur de chaleur qui rejette alors de l'air chaud qui est évacué à l'extérieur à travers une tuyère d'éjection à l'arrière du système autonome 150.

[0056] Les écopes peuvent être réparties sur le périmètre de la peau extérieure et elles peuvent être par exemple du type NACA ou être du type affleurant par rapport à la peau extérieure.

[0057] La tuyère d'éjection peut être à section variable afin de réguler le flux d'air de refroidissement en fonction des besoins et de la température de l'air extérieur.

[0058] Le système autonome 150 peut également comporter des batteries 216 qui alimentent le contrôleur 208 en cas de besoin, par exemple lorsqu'un surplus de puissance est demandé par exemple au décollage.

[0059] La Fig. 3 montre un premier mode de réalisation du châssis 152 lorsque le réservoir 212 est intégré au système autonome 150. Le réservoir 212 est cylindrique avec son axe parallèle avec la direction longitudinale X.

[0060] Le châssis 152 comporte au moins trois anneaux 302a-c, qui sont emmanchés et fixés sur le réservoir 212. Les anneaux 302a-c assurent en partie une reprise des efforts qui s'exercent sur le réservoir 212 du fait de la pression de l'hydrogène.

[0061] Le châssis 152 supporte également les différents éléments constituant le système autonome 150 et il transfère des efforts générés par ces différents éléments et par la rotation de l'hélice 206 vers la structure de l'aile 104.

[0062] Le châssis 152 comporte un anneau central 302a qui porte une première partie 304a des premiers systèmes de fixation, ici une plaque avec des alésages pour la mise en place de boulons de fixation avec la structure de l'aile 104.

[0063] Le châssis 152 comporte un anneau avant 302b qui est en avant par rapport à l'anneau central 302a. L'anneau avant 302b porte une deuxième partie 304b des premiers systèmes de fixation, ici deux bielles 306 montées articulées de part et d'autre d'un plan milieu vertical du réservoir 212 entre une première chape 308a de l'anneau avant 302b et une deuxième chape 308b de la structure de l'aile 104.

[0064] Le châssis 152 comporte une structure avant 310 qui est solidaire de l'anneau avant 302b et qui s'étend en avant par rapport au réservoir 212. Certains éléments parmi lesquels le moteur électrique 204 avec son arbre de sortie, l'arbre moteur et l'hélice 206 sont fixés à la structure avant 310.

[0065] La structure avant 310 prend ici la forme d'une cage réalisée par des poutrelles fixées entre elles et fixées à l'anneau avant 302b.

[0066] Le châssis 152 comporte un anneau arrière 302c qui est en arrière par rapport à l'anneau central 302a.

[0067] Le châssis 152 comporte une structure arrière 312 qui est solidaire de l'anneau arrière 302c et qui s'étend en arrière par rapport au réservoir 212. Le système de refroidissement 214, avec en particulier la tuyère d'éjection, est fixé à la structure arrière 312.

[0068] La structure arrière 312 prend ici la forme d'une cage réalisée par des poutrelles fixées entre elles et fixées à l'anneau arrière 302c.

[0069] Les autres éléments du système autonome 150 sont fixés sur au moins l'un des anneaux 302a-c, sur la structure avant 310 ou sur la structure arrière 312.

[0070] Afin d'assurer un bon équilibrage du système autonome 150 lorsqu'il est en place sur l'aéronef 100, l'anneau central 302a et l'anneau avant 302b sont disposés, par rapport à la direction longitudinale X, de part et d'autre du centre de gravité du système autonome 150.

[0071] Dans ce mode de réalisation, le réservoir 212 a une fonction structurelle puisqu'il supporte les autres éléments du système autonome 150 à travers les anneaux 302a-c.

[0072] La Fig. 4 montre un deuxième mode de réalisation du châssis. Le châssis 452 correspond à une nacelle moteur comportant un ensemble de cadres structurels 402a-g sur lesquels sont fixés des panneaux formant la peau extérieure du système autonome 150. Les cadres structurels peuvent être reliés entre eux par des éléments structurels non représentés sur la figure, tels que par exemple des lisses. Le châssis comporte une partie centrale, s'étendant entre les cadres 402c et 402f, dans laquelle un premier cadre structurel 402e porte une première partie 404a des premiers systèmes de fixation (ici une plaque avec des alésages pour la mise en place de boulons de fixation avec la structure de l'aile 104) et un deuxième cadre structurel 402c porte une deuxième partie 404b des premiers systèmes de fixation (ici deux bielles 406 montées articulées de part et d'autre d'un plan milieu vertical du système autonome 150 entre une première chape

408a du cadre 402c et une deuxième chape 408b de la structure de l'aile 104). Le châssis comporte une structure avant 410 qui s'étend en avant par rapport à la partie centrale et à laquelle sont fixés au moins le moteur électrique avec son arbre de sortie, l'arbre moteur et l'hélice. La structure avant 410 comprend ici les cadres 402a-c. Le châssis comporte aussi une structure arrière 412 qui s'étend en arrière par rapport à la partie centrale. Le système de refroidissement 214, avec en particulier la tuyère d'éjection, est fixé à la structure arrière 412. La structure arrière 412 comprend ici les cadres 402f-g.

[0073] Les autres éléments du système autonome 150 sont fixés sur au moins l'un des cadres 402a-g.

[0074] De façon avantageuse, afin d'assurer un bon équilibrage du système autonome 150 lorsqu'il est en place sur l'aéronef 100, le premier cadre structurel 402e portant la première partie 404a des premiers systèmes de fixation et le deuxième cadre structurel 402c portant la deuxième partie 404b des premiers systèmes de fixation sont disposés, par rapport à une direction longitudinale X du système autonome de propulsion à hélice 150, de part et d'autre du centre de gravité du système autonome 150.

[0075] Le châssis 452 supporte les différents éléments constituant le système autonome 150 et il transfère des efforts générés par ces différents éléments et par la rotation de l'hélice 206 vers la structure de l'aile 104.

[0076] Avantageusement, le réservoir 212 est intégré au système autonome 150. Dans l'exemple représenté sur la figure, le réservoir est cylindrique et fixé à la partie centrale du châssis. Dans ce mode de réalisation, le réservoir n'a pas de fonction structurelle autre que celle de résister à la pression de l'hydrogène, puisque le support des autres éléments du système autonome 150 s'effectue uniquement à travers les cadres 402a-g.

[0077] Avantageusement encore, le châssis comporte une porte conformée pour permettre le remplacement du réservoir. Pour des raisons de clarté, la porte n'est pas représentée sur la figure. Cette porte est mobile entre une position fermée et une position ouverte. En position fermée, la porte est alignée avec le reste de la peau extérieure. En position ouverte, la porte laisse libre une ouverture qui permet le passage du réservoir 212 pour son remplacement.

[0078] La Fig. 5, comparable à la Fig. 1, montre un aéronef 100 qui présente un fuselage 102 de part et d'autre duquel est fixée une aile 104. Sous chaque aile 104 est fixé au moins un système autonome de propulsion à hélice 150. Dans le mode de réalisation de l'invention présenté à la Fig. 5, il y a deux systèmes autonomes 150 par aile 104 : deux systèmes autonomes 150a-b sont fixés à l'aile tribord et deux systèmes 150c-d sont fixés à l'aile bâbord. Chacun des systèmes autonomes 150b et 150c comporte en outre au moins un empennage 550b-c. De préférence, cet empennage est disposé en partie arrière ou à proximité de la partie arrière du système autonome considéré. Un tel

empennage contribue alors à la stabilité aérodynamique de l'aéronef. Comme illustré dans l'exemple illustré par la figure, le fuselage 102 de l'aéronef peut ainsi ne pas comporter d'empennage arrière. Selon une première alternative illustrée sur la figure, l'empennage 550b-c d'un système autonome 150b, 150c comporte une seule surface aérodynamique disposée de façon verticale lorsque l'aéronef est stationné au sol. Selon d'autres alternatives, cet empennage comporte plusieurs surfaces aérodynamiques, par exemple deux surfaces aérodynamiques disposées en V ou quatre surfaces aérodynamiques disposées en croix. De préférence, les systèmes autonomes qui comportent des empennages correspondent à au moins une paire de systèmes autonomes, les deux systèmes autonomes 150b, 150c d'une même paire étant disposés de façon symétrique de part et d'autre d'un plan milieu vertical XZ du fuselage 102 de l'aéronef. De façon avantageuse, un empennage horizontal 560 peut être fixé aux deux systèmes autonomes 150b, 150c d'une même paire. De façon particulière, l'empennage horizontal 560 est fixé à des empennages 550b-c desdits systèmes autonomes, comme illustré sur la figure. Dans le mode de réalisation illustré par la figure, l'aéronef comporte lesdits systèmes autonomes 150b-c comportant des empennages, ainsi que des systèmes autonomes 150a, 150d ne comportant pas d'empennage. Les différents systèmes autonomes sont disposés de façon symétrique de part et d'autre du plan milieu vertical XZ du fuselage 102 de l'aéronef. De façon particulière, les systèmes autonomes 150b, 150c qui comprennent des empennages ont une longueur supérieure à la longueur des systèmes autonomes 150a, 150d qui ne comprennent pas d'empennage. Cela est avantageux, étant donné que l'efficacité aérodynamique des empennages 550b-c et/ou 560 est d'autant meilleure que ces empennages sont éloignés des ailes 104, à l'arrière de celles-ci.

[0079] Dans chacun des modes de réalisation décrits ci-dessus, c'est-à-dire lorsqu'un réservoir 212 est embarqué dans chaque système autonome 150, l'aéronef 100 peut comporter un circuit de remplissage pour remplir chaque réservoir 212 à partir d'une citerne lorsque l'aéronef 100 est au sol. A cette fin, l'aéronef 100 comporte un orifice de remplissage 219 accessible depuis l'extérieur et des canalisations de remplissage 217 hydrauliquement connectées entre l'orifice de remplissage 219 et le réservoir 212 de chaque système autonome 150. Les canalisations de remplissage 217 sont ici dans les ailes 104 et l'orifice de remplissage 219 est ici au bout de l'aile 104.

[0080] Lorsque le système autonome 150 n'incorpore pas le réservoir 212, il peut y avoir plusieurs réservoirs 212 qui sont intégrés à l'aéronef 100. Le ou chaque réservoir 212 peut être agencé dans les ailes 104 ou dans le fuselage 102 et l'aéronef 100 comporte une canalisation d'apport 213 hydrauliquement connectée entre un réservoir 212 et la canalisation d'arrivée d'hydrogène de chaque système autonome 150.

[0081] Les canalisations d'apport 213 sont ici disposées dans les ailes 104.

[0082] L'utilisation de tels systèmes autonomes 150 permet d'adapter le nombre et la puissance des systèmes autonomes 150 aux besoins de l'aéronef 100 pour faire un trajet donné, c'est-à-dire en fonction de la distance à parcourir et du poids de l'aéronef 100 en charge.

[0083] Afin de prendre en compte les systèmes autonomes 150 qui sont fixés aux ailes 104 pour ledit trajet, le système de commande de la poussée 222 est programmable. La programmation du système de commande de la poussée 222 consiste à indiquer au système de commande de la poussée 222, pour chaque emplacement de l'aile 104, si un système autonome 150 est présent audit emplacement ou non et quel est le type du système autonome 150 présent, c'est-à-dire quelles sont les caractéristiques techniques dudit système autonome 150 présent.

[0084] La programmation s'effectue manuellement par le pilote de l'aéronef 100 à partir d'un clavier par exemple, ou automatiquement par reconnaissance de la présence ou non d'un système autonome 150 à chaque emplacement et par téléchargement de ses caractéristiques techniques depuis le système autonome 150, par exemple depuis une mémoire de l'équipement auxiliaire électrique 210.

[0085] La programmation peut également s'effectuer à l'aide de scénarios préenregistrés, où chaque scénario correspond à une configuration particulière des systèmes autonomes 150.

[0086] Dans le mode de réalisation de l'invention de la Fig. 1, l'aéronef 100 comporte un empennage vertical arrière 215, mais dans un autre mode de réalisation, l'aéronef 100 ne comporte pas d'empennage vertical arrière 215 et le contrôle de la trajectoire de l'aéronef 100 est alors assuré par un contrôle différentiel entre les systèmes autonomes 150 qui sont à bâbord et les systèmes autonomes 150 qui sont à tribord, un tel contrôle étant assuré par le système de commande de la poussée 222.

Revendications

[Revendication 1] Système autonome de propulsion à hélice (150) pour un aéronef (100) comportant une aile (104) avec une structure avec des deuxièmes systèmes de fixation et un deuxième moyen de connexion (220), le système autonome de propulsion à hélice (150) comportant :
- un châssis (152, 452) avec des premiers systèmes de fixation qui sont destinés à coopérer avec les deuxièmes systèmes de fixation pour assurer une fixation amovible du système autonome (150) sur la structure,
- au moins une pile à combustible (202) fixée au châssis,
- un moteur électrique (204) fixé au châssis et présentant un arbre de sortie,
- un arbre moteur entraîné en rotation par ledit arbre de sortie,
- une hélice (206) fixée sur l'arbre moteur,
- un contrôleur (208) convertissant un courant électrique délivré par les piles à combustible (202) vers un courant électrique délivré au moteur électrique (204),
- une canalisation d'arrivée d'hydrogène et une canalisation d'arrivée d'air qui assurent l'acheminement vers les piles à combustible (202) respectivement de l'hydrogène et de l'air,
- un ensemble d'équipements auxiliaires (210) assurant le fonctionnement des piles à combustible (202),
- un premier moyen de connexion (218) en liaison avec le contrôleur (208) et destiné à se connecter avec le deuxième moyen de connexion (220), et
- un réservoir d'hydrogène (212) cylindrique, fixé au châssis (152, 452) et hydrauliquement connecté à la canalisation d'arrivée d'hydrogène,
le système autonome de propulsion à hélice (150) étant caractérisé en ce que le châssis (152) comporte au moins trois anneaux (302a-c) emmanchés et fixés sur le réservoir (212), avec un anneau central (302a) qui porte une première partie des premiers systèmes de fixation (304a), un anneau avant (302b) qui est en avant par rapport à l'anneau central (302a) et qui porte une deuxième partie des premiers systèmes de fixation (304b), un anneau arrière (302c) qui est en arrière par rapport à l'anneau central (302a), en ce que le châssis (152) comporte une structure avant (310) qui est solidaire de l'anneau avant (302b) et qui s'étend en avant par rapport au réservoir (212) et à laquelle sont fixés le

moteur électrique (204) avec son arbre de sortie, l'arbre moteur et l'hélice (206), et en ce que le châssis (152) comporte une structure arrière (312) qui est solidaire de l'anneau arrière (302c) et qui s'étend en arrière par rapport au réservoir (212).

[Revendication 2] Système autonome de propulsion à hélice (150) selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'anneau central (302a) et l'anneau avant (302b) sont disposés, par rapport à une direction longitudinale X du système autonome de propulsion à hélice (150), de part et d'autre du centre de gravité du système autonome (150).

[Revendication 3] Système autonome de propulsion à hélice (150) pour un aéronef (100) comportant une aile (104) avec une structure avec des deuxièmes systèmes de fixation et un deuxième moyen de connexion (220), le système autonome de propulsion à hélice (150) comportant :
- un châssis (152, 452) avec des premiers systèmes de fixation qui sont destinés à coopérer avec les deuxièmes systèmes de fixation pour assurer une fixation amovible du système autonome (150) sur la structure,
- au moins une pile à combustible (202) fixée au châssis,
- un moteur électrique (204) fixé au châssis et présentant un arbre de sortie,
- un arbre moteur entraîné en rotation par ledit arbre de sortie,
- une hélice (206) fixée sur l'arbre moteur,
- un contrôleur (208) convertissant un courant électrique délivré par les piles à combustible (202) vers un courant électrique délivré au moteur électrique (204),
- une canalisation d'arrivée d'hydrogène et une canalisation d'arrivée d'air qui assurent l'acheminement vers les piles à combustible (202) respectivement de l'hydrogène et de l'air,
- un ensemble d'équipements auxiliaires (210) assurant le fonctionnement des piles à combustible (202), et
- un premier moyen de connexion (218) en liaison avec le contrôleur (208) et destiné à se connecter avec le deuxième moyen de connexion (220),
le système autonome de propulsion à hélice (150) étant caractérisé en ce que le châssis (452) correspond à une nacelle moteur comportant un ensemble de cadres structurels (402a-g) sur lesquels sont fixés des panneaux, le châssis comporte une partie centrale dans laquelle un premier (402e) desdits cadres structurels porte une première partie

(404a) des premiers systèmes de fixation et un deuxième (402c) desdits cadres structurels porte une deuxième partie (404b) des premiers systèmes de fixation, le châssis comporte une structure avant (410) qui s'étend en avant par rapport à la partie centrale et à laquelle sont fixés au moins le moteur électrique (204) avec son arbre de sortie, l'arbre moteur et l'hélice (206), et le châssis comporte une structure arrière (412) qui s'étend en arrière par rapport à la partie centrale.

[Revendication 4] Système autonome de propulsion à hélice (150) selon la revendication 3, caractérisé en ce que le réservoir (212) est cylindrique et fixé à la partie centrale du châssis.

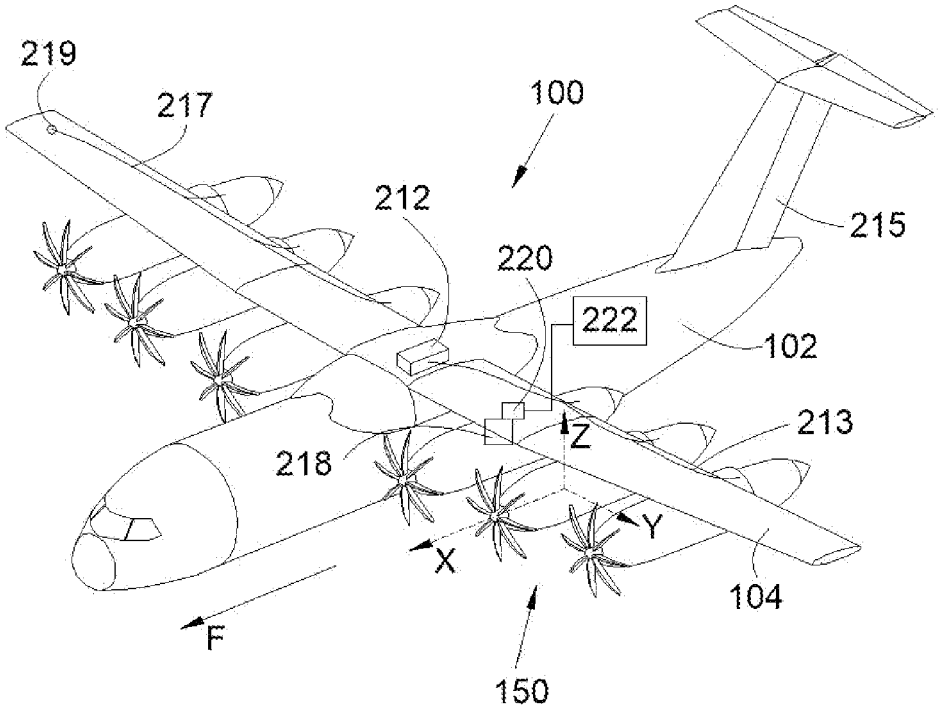
[Revendication 5] Système autonome de propulsion à hélice (150) selon la revendication 4, caractérisé en ce que le châssis comporte une porte conformée pour permettre le remplacement du réservoir.

[Revendication 6] Système autonome de propulsion à hélice (150) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte en parallèle, plusieurs moteurs électriques (204), en ce que chacun comporte un arbre de sortie, et en ce que le système autonome (150) comporte une boîte à engrenages (205) qui assure l'accouplement mécanique entre les arbres de sortie et l'arbre moteur solidaire de l'hélice (206).

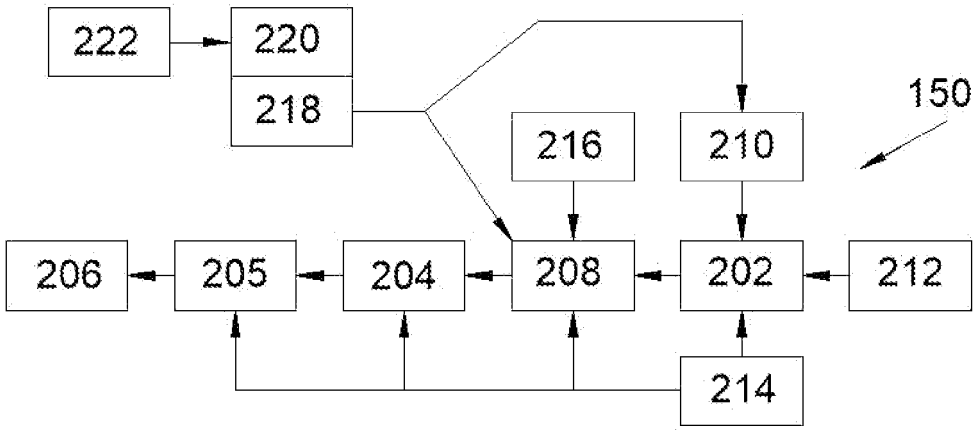
[Revendication 7] Système autonome de propulsion à hélice (150) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte une peau extérieure, au moins une écope au niveau de la peau extérieure et une tuyère d'éjection, et un système de refroidissement (214) avec un échangeur de chaleur, en ce que l'échangeur de chaleur est alimenté en air frais depuis ladite au moins une écope, en ce que l'échangeur de chaleur rejette de l'air chaud et en ce que l'air chaud est évacué à travers la tuyère d'éjection.

[Revendication 8] Système autonome de propulsion à hélice (150) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un empennage (550b, 550c) en partie arrière ou à proximité de sa partie arrière.

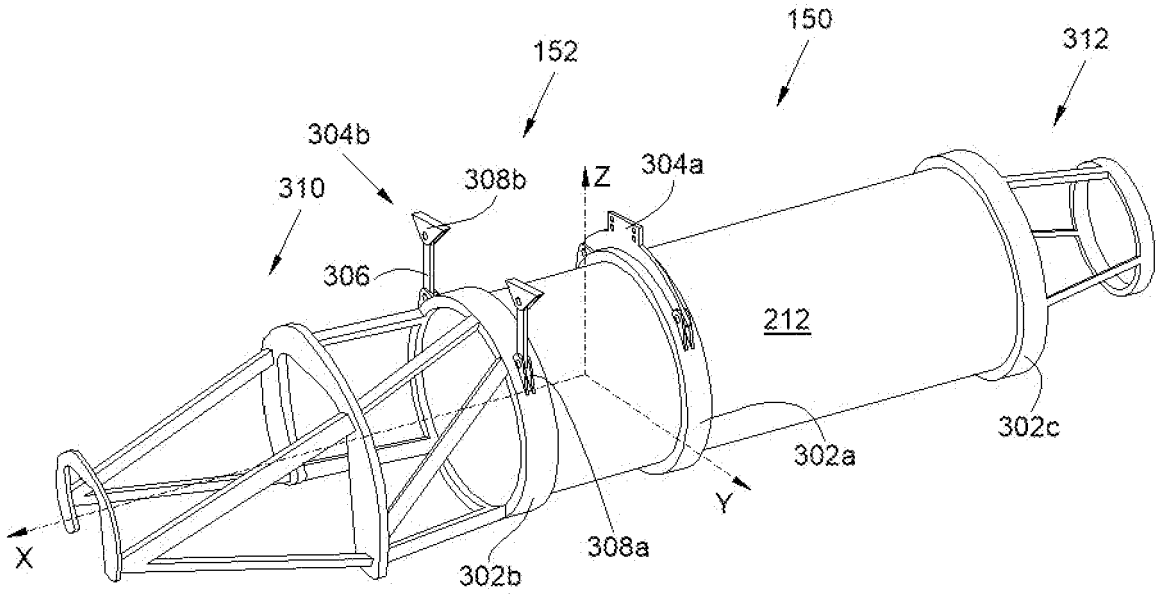
[Fig. 1]



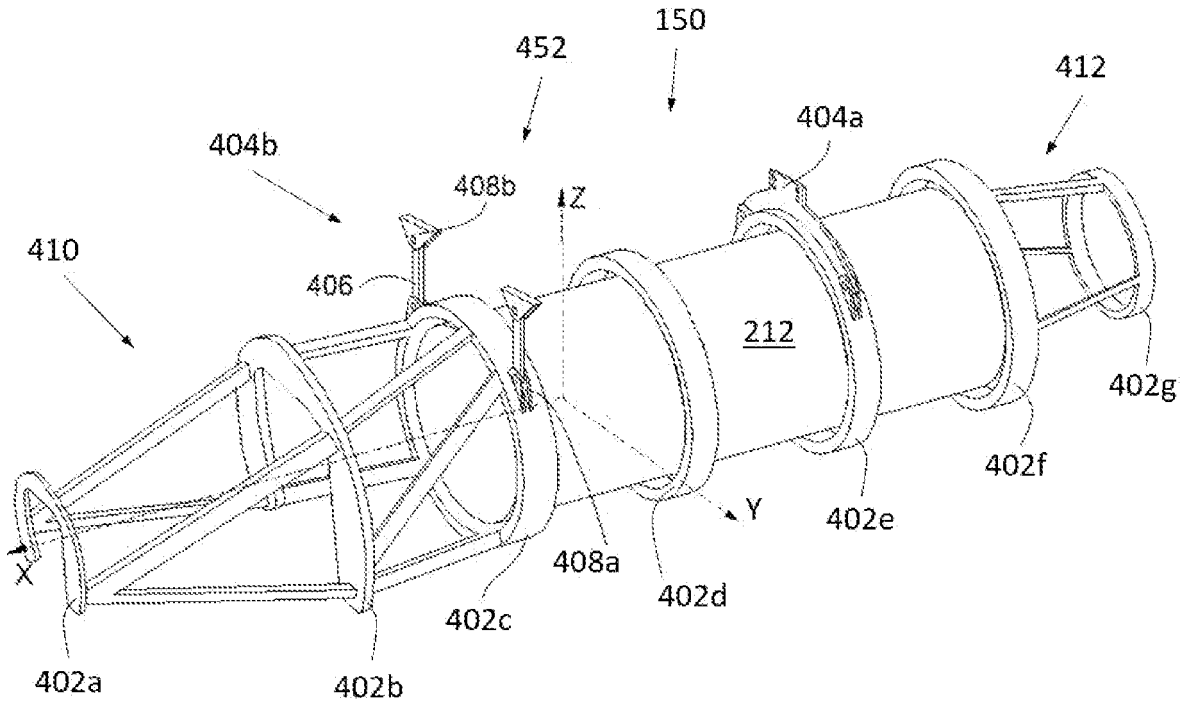
[Fig. 2]



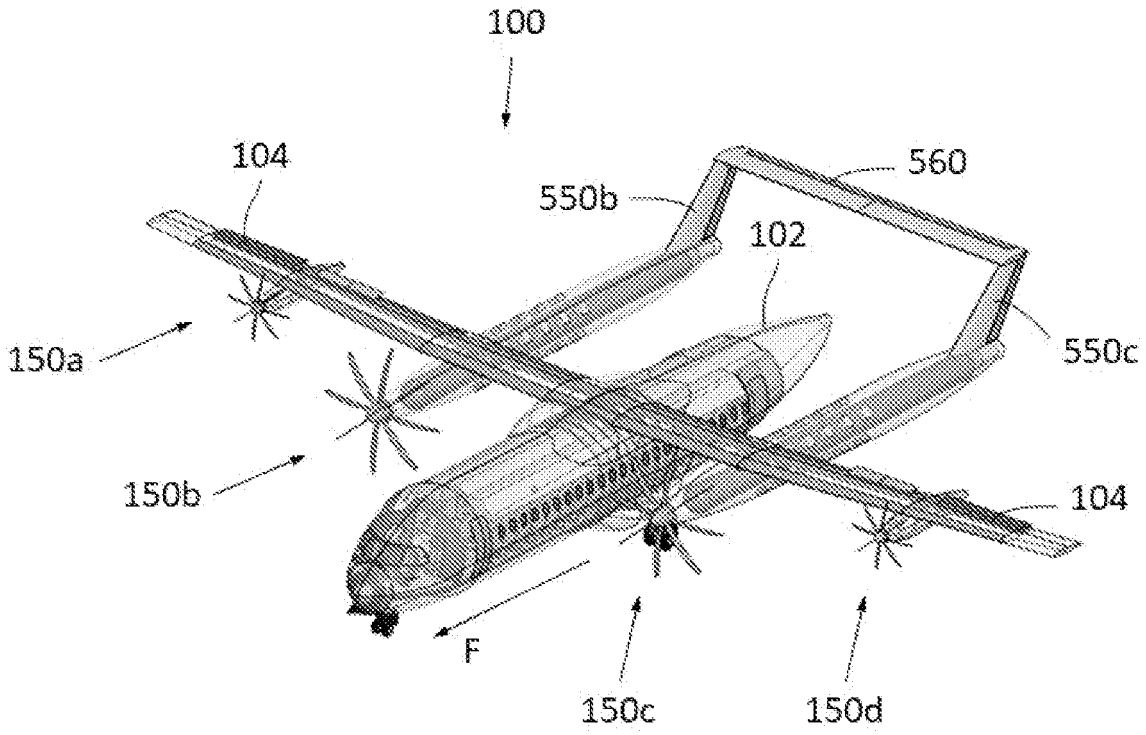
[Fig. 3]



[Fig. 4]


150
452
412
404a
404b
408b
Z
410
406
212
402g
402f
Y
402e
X
408a
402d
402c
402a
402b

[Fig. 5]


100
104
560
550b
102
150a
550c
150b
104
F
150c
150d

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 2017/327219 A1 (ALBER MARK R [US])
16 novembre 2017 (2017-11-16)

US 2004/028966 A1 (HIBBS BART D [US] ET AL) 12 février 2004 (2004-02-12)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT