

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.05.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.12.24 Bulletin 24/49.

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) : SAS Beyond Aerospace Société par
actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : CHOMEL Valentin, ACCORINTI
Flavio, LENG Yuchen et DULER Matthieu Pettes.

73 Titulaire(s) : SAS Beyond Aerospace Société par
actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : AUGUST DEBOUZY.

54 Gaine d'air de gestion thermique pour les systèmes aéroportés à piles à combustibles.

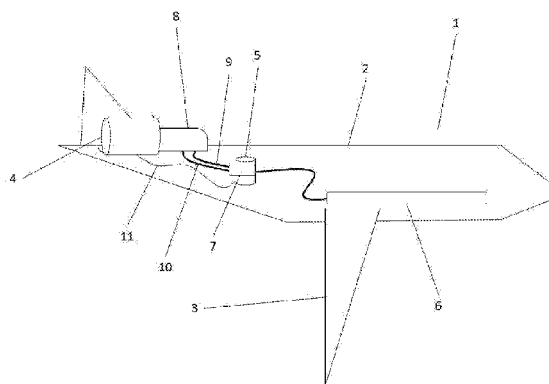
57 La présente invention concerne un aéronef compre-
nant un système de refroidissement intégré au fuselage, et
au moins une hélice entraînée par un moteur électrique
adaptée pour propulser l'aéronef, le système de refroidisse-
ment comprenant :

au moins une gaine de refroidissement (ou gaine d'air),
implantée au sein du fuselage de l'aéronef, pourvue d'une
entrée et d'une sortie d'air, la gaine de refroidissement étant
conçue pour permettre la circulation de l'air entre l'entrée
d'air et la sortie d'air;

au moins un échangeur de chaleur positionné au sein de
la gaine de refroidissement, l'échangeur de chaleur étant
conçu pour transférer de l'énergie thermique à l'air circulant
dans la gaine de refroidissement;

dans lequel, l'entrée d'air est positionnée dans une zone
de surpression engendrée par l'air accéléré par la rotation
de l'hélice, et la sortie d'air est stratégiquement positionnée
sur une surface externe du fuselage balayée par le flux d'air
accéléré par la rotation de l'hélice, causant une zone de
moindre pression facilitant la circulation de l'air à
travers la gaine de refroidissement, permettant ainsi une
dissipation efficace de la chaleur à travers l'échangeur de
chaleur.

Figures pour l'abrégi : figure 1, figure 2.



Description

Titre de l'invention : Gaine d'air de gestion thermique pour les systèmes aéroportés à piles à combustibles

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne un aéronef, plus particulièrement un aéronef propulsé par des moteurs électriques alimentés par pile à combustible à hydrogène. L'invention trouve notamment application avec des aéronefs électriques et notamment des avions implémentant l'invention décrite.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Les aéronefs actuels et plus précisément les avions sont propulsés à partir de l'énergie produite par combustion de kérosène. L'aviation civile est un très gros émetteur de gaz à effet de serre dont le dioxyde de carbone. Il est impératif de développer des solutions alternatives qui ne produisent pas ou peu de gaz à effet de serre. Les aéronefs à propulsion électrique sont une solution pour réduire les gaz à effet de serre émis par l'aviation civile. L'emploi de batteries n'est pas optimal au regard du poids de celles-ci. La solution de propulsion électrique alimentée par pile à combustible à hydrogène est une solution possible pour remplacer les batteries.

[0003] La gestion thermique de la pile à combustible à hydrogène joue un rôle clé pour le bon fonctionnement de la pile à combustible. L'une des problématiques de la propulsion électrique alimentée par pile à combustible à hydrogène réside dans le refroidissement de la pile à combustible. En effet, l'efficacité d'une pile à combustible est supérieure à celle du moteur à combustion interne, mais la chaleur générée par une pile à combustible, par exemple de type PEM (Proton Exchange Membrane, en français pile à combustible à membrane échangeuse de protons), est importante. De 50 à 60% de l'énergie produite par la pile à combustible se fait sous forme d'énergie thermique et donc sous forme de chaleur à évacuer. De plus, pour fonctionner de manière efficace, les piles à combustible de type LT, pour « Low Température » (basse température en français), doivent être maintenues à des températures basses, de l'ordre de 80°C.

[0004] Ainsi, le bon refroidissement de la pile à combustible est décisif pour permettre leur bonne utilisation et ne pas réduire leur durée de vie.

[0005] Il est déjà prévu des systèmes de refroidissement pour l'aviation. Un fluide caloporteur (liquide ou vapeur) circulant entre le dispositif à refroidir et un échangeur de chaleur peut être prévu. L'échangeur de chaleur est disposé dans une gaine de refroidissement avec une entrée d'air, également appelée écope et une sortie d'air. Du fait du déplacement de l'avion, l'écope prélève de l'air extérieur qui circule dans la gaine de

refroidissement, puis traverse l'échangeur de chaleur. L'échangeur de chaleur transfère de l'énergie thermique du fluide caloporteur à l'air qui réchauffée est ensuite évacuée par la sortie d'air.

[0006] Ces systèmes de refroidissement sont notamment prévus pour refroidir l'électronique présente à bord des aéronefs.

[0007] Toutefois, pour évacuer l'énergie thermique produite par une pile à combustible servant à alimenter les moteurs électriques permettant la propulsion d'un aéronef, les dimensions de ces systèmes d'échanges de chaleur doivent être importantes. En effet, plus la quantité de chaleur à évacuer est grande et plus le débit d'air à prévoir est important. Afin d'avoir des flux d'air plus importants, il est en général nécessaire de prévoir des entrées d'air plus grandes et des gaines d'air dimensionnées pour ce but, ce qui a des conséquences négatives sur l'aérodynamisme, et plus spécifiquement sur la traînée de l'aéronef et la masse de l'aéronef à déplacer.

[0008] Ainsi, les solutions actuelles permettant d'évacuer des quantités de chaleur importantes, notamment issues de piles à combustible, dans un aéronef présentent des désavantages importants pour l'aérodynamisme, en termes d'augmentation de traînée, d'aérodynamisme et de la masse de l'aéronef.

[0009] La présente invention vise à résoudre, au moins en partie, ces inconvénients.

Résumé de l'invention

[0010] La présente invention concerne un aéronef comprenant un système de refroidissement intégré au fuselage, et au moins une hélice entraînée par un moteur électrique adaptée pour propulser l'aéronef, le système de refroidissement comprenant :

- au moins une gaine de refroidissement (ou gaine d'air), implantée au sein du fuselage de l'aéronef, pourvue d'une entrée et d'une sortie d'air, la gaine de refroidissement étant conçue pour permettre la circulation de l'air entre l'entrée d'air et la sortie d'air;
- au moins un échangeur de chaleur positionné au sein de la gaine de refroidissement, l'échangeur de chaleur étant conçu pour transférer de l'énergie thermique à l'air circulant dans la gaine de refroidissement;

dans lequel, l'entrée d'air est positionnée dans une zone de surpression engendrée par l'air accéléré par la rotation de l'hélice, et la sortie d'air est stratégiquement positionnée sur une surface externe du fuselage balayée par le flux d'air accéléré par la rotation de l'hélice, causant une zone de moindre pression facilitant la circulation de l'air à travers la gaine de refroidissement, permettant ainsi une dissipation efficace de la chaleur à travers l'échangeur de chaleur.

[0011] L'objectif de ces aménagements est d'assurer un débit suffisant pour le refroidissement.

dissement, tout en minimisant l'impact de l'échangeur sur la traînée, via la réduction de la perte de charge induite. Pour ce faire, il est crucial que la différence de pression disponible soit supérieure à la perte de charge générée par l'échangeur de chaleur et à la perte de charge de gaine de refroidissement elle-même. Plus cette différence de pression est importante, moins la perte de charge de l'échangeur affecte la traînée. L'évacuation de la charge thermique s'effectue alors avec un impact moindre sur l'aérodynamique de l'aéronef.

- [0012] Par aéronef, il est entendu tout véhicule capable de se déplacer dans les airs et notamment un avion, un hélicoptère, etc.
- [0013] Par fuselage, il est entendu tout type de structure principale d'un aéronef. Par exemple, le fuselage peut être composé d'une structure monocoque ou semi-monocoque, ou encore d'une structure à cadres et longerons. Le fuselage peut être de diverses formes et tailles, adaptées à différents types d'aéronefs, qu'il s'agisse d'avions de ligne, de jets d'affaires, de petits avions à hélices, d'avions militaires, de drones ou d'hélicoptères sans pour autant se limiter à ces catégories.
- [0014] Par système de refroidissement, il est entendu tout système permettant d'évacuer de l'énergie thermique au moyen d'un échangeur de chaleur.
- [0015] Par gaine de refroidissement ou encore conduite de refroidissement, il est entendu une gaine ou conduite permettant à de l'air frais provenant de l'extérieur de circuler. L'air frais est prélevé par une écope également appelée entrée d'air et est évacué par une sortie d'air. La gaine de refroidissement peut être de toute forme employée dans l'aéronautique pour des gaines de refroidissement, mais n'est pas limitée aux formes existantes. La gaine de refroidissement peut être en carbone, en matériau métallique, comme par exemple de l'aluminium et ses alliages, ou quelconque typologie de matériaux composites (comme par exemple à base de fibres de carbone, fibre de verre), plastiques techniques, polymères, céramiques techniques.
- [0016] La gaine peut présenter des embranchements appelées splitters, il s'agit de séparations dans la gaine permettant à l'écoulement de se séparer en deux ou plus sous-écoulements en amont ou en aval de l'échangeur de chaleur. Ces derniers peuvent être verticaux, horizontaux ou dans toute autre configuration géométrique.
- [0017] Par échangeur de chaleur, il est entendu un dispositif permettant le transfert de chaleur entre deux fluides, de quelconque nature, ou plus ayant des températures différentes. Les fluides peuvent être séparés par une paroi solide pour éviter leur mélange ou leur contact direct. L'un des fluides, généralement à une température plus élevée, cède de la chaleur à l'autre, entraînant ainsi un refroidissement ou un réchauffement du fluide en question.
- [0018] Un échangeur de chaleur diphasique (évaporateur et condenseur) est également une option d'échangeur de chaleur. Dans ce dernier l'un des fluides cède de la chaleur

latente en changeant de phase (condensation ou évaporation) tandis que l'autre fluide se réchauffe ou se refroidit.

- [0019] Les échangeurs de chaleur peuvent adopter diverses formes, dimensions et matériaux.
- [0020] L'échangeur de chaleur peut par exemple refroidir un fluide caloporteur, liquide, vapeur ou gazeux, avec l'air circulant dans la gaine. L'échangeur de chaleur peut également prélever directement l'énergie thermique sur le dispositif à refroidir par pure conduction thermique ou en utilisant un quelconque dispositif passif à pompage capillaire ou non tel quel des caloducs (heat pipes en anglais) ou des "vapour chamber". L'échangeur de chaleur peut réaliser le transfert d'énergie thermique vers l'air de la gaine par tout moyen notamment au moyen d'ailettes, "pin", cônes, ailettes cassées, trouées etc. et d'une section quelconque comme par exemple triangulaire, cylindrique, rectangulaire etc.
- [0021] Par transfert d'énergie thermique à l'air, il est entendu que de la chaleur est transférée à l'air par contact avec l'échangeur de chaleur.
- [0022] Par propulseur, hélice, ventilateur ou soufflante carénée adaptée pour propulser l'aéronef, il est entendu une hélice qui permet de faire avancer l'aéronef. Il peut s'agir d'une hélice de traction ou de propulsion. L'hélice comprend des pales autrement appelées des aubes. Ce propulseur peut être actionné par un moteur électrique.
- [0023] Par moteur électrique, il est entendu tout type de dispositif qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique rotative. Dans ce cas, ce moteur électrique est adapté à la propulsion d'un aéronef.
- [0024] Par propulseur en fonctionnement, il est entendu que l'hélice produit une force suffisante pour avoir un impact sur le mouvement de l'aéronef.
- [0025] Dans le cas d'un propulseur étant une hélice, les zones de pression se distribuent de la façon suivante:
 - Zone de dépression devant l'hélice : Lorsque l'hélice tourne, elle crée une zone de basse pression ou de dépression devant elle. C'est cette dépression qui attire l'air vers l'hélice.
 - Zone de surpression derrière l'hélice : À mesure que l'air est poussé vers l'arrière par l'hélice, sa pression augmente. Cela crée une zone de haute pression ou de surpression derrière l'hélice. C'est cette expulsion d'air à haute pression qui génère la poussée qui propulse l'avion vers l'avant.
- [0026] Dans le cas d'un propulseur étant une soufflante électrique carénée, les zones de pression se distribuent de la façon suivante:
 - Zone de dépression à l'entrée : Lorsque l'air est aspiré dans le carénage de nacelle, une zone de basse pression ou de dépression se forme à l'entrée du conduit. C'est cette dépression qui attire l'air dans le système.

- Zone de surpression dans le conduit : À mesure que l'air est accéléré par les pales du ventilateur, sa pression augmente. Cela crée une zone de haute pression ou de surpression dans le conduit.
- Zone de dépression derrière le ventilateur : Juste derrière les pales du ventilateur, une autre zone de dépression se forme. Cela est dû à l'accélération de l'air par le ventilateur, qui "tire" l'air derrière lui.
- Zone de surpression à la sortie : L'air à haute pression dans le conduit est finalement expulsé à l'arrière de l'EDF, créant une autre zone de surpression

[0027] Par entrée d'air, il est entendu tout type d'entrée d'air employée dans l'aéronautique pour des systèmes de refroidissement sans pour autant être limitée à ces types. Par exemple, l'entrée d'air peut être composée de plusieurs ouvertures donnant dans la gaine de refroidissement.

[0028] L'entrée d'air est positionnée à un endroit de haute pression d'air lors de l'avancée de l'avion, par exemple au niveau du nez de l'avion ou sur un côté, en dessous ou en dessus du fuselage, ou encore sur une aile, sur l'emplanture de l'aile ou à la base de la dérive, ou sur un pylône maintenant une nacelle, etc.

[0029] L'entrée d'air peut être disposée dans une zone située en aval du propulseur, afin qu'une portion de l'air accéléré par ce dernier soit dirigée dans la gaine de refroidissement ou plus généralement qu'il bénéficie d'une zone de surpression. Cette entrée d'air peut se situer directement dans le flux d'air ou sur une zone de surpression, soit de façon à ce qu'une partie du flux d'air soit dévié par un dispositif dédié. Autrement dit, l'hélice permet de souffler de l'air dans la gaine pour accélérer sa circulation.

[0030] Dans le cas du propulseur étant une soufflante carénée, alors l'entrée d'air peut se situer dans la nacelle, en aval de l'hélice.

[0031] Par sortie d'air, il est entendu tout type de sortie d'air employée dans l'aéronautique pour des systèmes de refroidissement sans pour autant être limitée à ces types. Par exemple, la sortie d'air peut être composée de plusieurs ouvertures depuis la gaine de refroidissement. De plus, il peut y avoir plusieurs sorties d'air, chacune correspondant à une bifurcation de la gaine de refroidissement. La gaine peut présenter un ou plusieurs sorties, ainsi plusieurs gaines peuvent présenter une seule sortie commune.

[0032] La sortie d'air peut être placée dans une zone de basse pression engendrée par le propulseur, soit en amont (lorsque l'air est aspiré), soit en aval (juste derrière les pales du ventilateur, suite à l'accélération de l'air par le propulseur, qui "aspire" l'air derrière lui) ou, via un effet venturi d'aspiration, sur les zones du fuselage ou de la nacelle où la vitesse d'écoulement de l'air augmente du fait de l'action du propulseur. Autrement dit, l'hélice permet d'aspirer l'air contenu dans la gaine pour accélérer sa circulation.

[0033] Positionner la sortie d'air dans une zone de dépression du fuselage ou de la nacelle augmente le différentiel de pression disponible.

- [0034] Positionner l'entrée d'air dans une zone de surpression du fuselage ou de la nacelle augmente le différentiel de pression disponible.
- [0035] Une augmentation du différentiel de pression disponible permet par exemple de surmonter une perte de charge potentiellement plus importante. Cette perte de charge peut être due à la géométrie de la gaine ou à un échangeur de chaleur ayant une surface de contact plus grande avec l'air. En conséquence, cela peut améliorer l'évacuation de l'énergie thermique, augmentant ainsi l'efficacité du système de refroidissement.
- [0036] Plus la chaleur à dissiper est importante, plus le besoin en débit d'air pour la dissiper est important, plus la perte de charge causée par l'échangeur de chaleur est grande. Cette situation entraîne une réduction significative de la différence entre le saut de pression disponible et la perte de charge introduite et a pour conséquence une traînée aérodynamique néfaste à l'aéronef.
- [0037] L'entrée d'air est positionnée à un endroit de plus grande pression d'air lors de l'avancée de l'avion par rapport à la sortie d'air, par exemple dans la partie avant de l'avion.
- [0038] La sortie d'air est positionnée à un endroit de moindre pression d'air lors de l'avancée de l'avion par rapport à l'entrée d'air, par exemple dans la partie arrière de l'avion.
- [0039] L'entrée d'air peut comporter une partie mobile qui se déplace en fonction du besoin de flux d'air pour refroidir l'échangeur. Par exemple, l'entrée d'air peut comprendre un clapet ou des volets de modulation ou un ou plusieurs déflecteurs qui s'ouvrent plus ou moins en fonction du débit d'air nécessaire.
- [0040] La sortie d'air peut comporter une partie mobile qui se déplace en fonction du besoin de flux d'air pour refroidir l'échangeur. Par exemple, la sortie d'air peut comprendre un clapet ou des volets de modulation ou un ou plusieurs déflecteurs qui s'ouvrent plus ou moins en fonction du débit d'air nécessaire.
- [0041] Par devant ou amont de l'hélice, il est entendu devant un plan attaché au référentiel de l'aéronef et dans lequel l'hélice évolue. Par devant ce plan il est entendu du côté par où le flux d'air traversant l'hélice arrive lorsque l'hélice est en fonctionnement. Dans le cadre d'un avion, devant l'hélice signifie positionné du côté du plan qui est situé du côté du nez de l'avion.
- [0042] Par derrière ou aval de l'hélice, il est entendu devant un plan attaché au référentiel de l'aéronef et dans lequel l'hélice évolue. Par derrière ce plan il est entendu du côté par où le flux d'air traversant l'hélice est accéléré lorsque l'hélice est en fonctionnement. Dans le cadre d'un avion, derrière l'hélice signifie positionné du côté du plan qui est situé du côté du cône arrière de l'avion.
- [0043] Par cercle circonscrit à l'hélice, il est entendu le cercle, dans un référentiel fixe par rapport à l'avion, formé par une série de petites sorties positionnées sur la paroi interne

de la nacelle en correspondance des sommets des pales. Il s'agit également du cercle passant par l'ensemble des sommets de l'hélice et ayant pour centre, le centre de l'hélice.

- [0044] Par positionnée dans une zone devant l'hélice de sorte que l'air sortant de la sortie d'air passe au moins en partie dans un cercle circonscrit à l'hélice ou dans un plan parallèle à ce cercle circonscrit en amont de l'hélice lorsque l'hélice est en fonctionnement, il est entendu que la sortie est positionnée de sorte à être dans une zone dans laquelle l'hélice produit une dépression lors de son fonctionnement. Ainsi, lorsque l'hélice est en fonctionnement, le flux d'air qui sort de la gaine de refroidissement sort dans une zone de dépression créée par l'hélice, ce qui génère une dépression à la sortie de la gaine de refroidissement. Autrement dit, la zone est définie comme une zone dans laquelle la pression de l'air est plus faible lorsque l'hélice est en fonctionnement.
- [0045] Par positionnée dans une zone derrière l'hélice de sorte que l'air entrant dans l'entrée d'air passe au moins en partie dans un cercle circonscrit à l'hélice lorsque l'hélice est en fonctionnement, il est entendu que l'entrée est positionnée de sorte à être dans une zone dans laquelle l'hélice produit une surpression lors de son fonctionnement. Ainsi, lorsque l'hélice est en fonctionnement, le flux d'air entre dans la gaine de refroidissement depuis une zone de surpression créée par l'hélice, ce qui génère une surpression à l'entrée de la gaine de refroidissement. Autrement dit, la zone est définie comme une zone dans laquelle la pression de l'air est plus élevée lorsque l'hélice est en fonctionnement.
- [0046] Par ventilateur électrique, il est entendu tout type de dispositif mécanique alimenté par l'électricité qui est conçu pour déplacer l'air.
- [0047] Le ventilateur est alimenté par le système de génération électrique de l'aéronef qu'il aide à refroidir. Cela signifie qu'une partie de l'énergie électrique produite par le système est utilisée pour faire fonctionner le ventilateur. Toutefois, cette consommation d'énergie est compensée par l'augmentation de l'efficacité du système de refroidissement, ce qui permet de maintenir une température de fonctionnement sûre et efficace pour l'ensemble du système de propulsion de l'aéronef.
- [0048] Par ventilateur dans la gaine, il est entendu un dispositif mécanique intégré à l'intérieur de la gaine de refroidissement. Ce ventilateur, qui peut être composé d'une hélice ou de plusieurs ailettes, est spécifiquement conçu pour accélérer le déplacement de l'air à travers la gaine. Son rôle principal est de favoriser l'échange de chaleur en augmentant le débit d'air à travers l'échangeur de chaleur, optimisant ainsi l'efficacité du système de refroidissement.
- [0049] Le ventilateur peut être positionné à différents points le long de la gaine. Par exemple, il peut être placé en amont de l'échangeur de chaleur, c'est-à-dire avant

l'échangeur dans le sens du flux d'air. Cela permet de pousser l'air à travers l'échangeur, augmentant ainsi la quantité d'énergie thermique qui peut être transférée depuis l'échangeur à l'air.

- [0050] Alternativement, le ventilateur peut être positionné en aval de l'échangeur de chaleur, soit après l'échangeur dans le sens du flux d'air. Dans ce cas, le ventilateur aspire l'air à travers l'échangeur, ce qui peut être particulièrement utile pour maintenir le débit d'air dans les situations où la pression de l'air à la sortie de la gaine est faible.
- [0051] Si le système comprend plusieurs échangeurs de chaleur, un ou plusieurs ventilateurs peuvent être installés entre ces échangeurs. Cette configuration permet d'optimiser le saut de pression à travers chaque échangeur, augmentant ainsi l'efficacité globale du système de refroidissement. Ce type de configuration des ventilateurs est ainsi définie "en série".
- [0052] Plusieurs ventilateurs de dimensions plus réduites peuvent être installés l'un à côté de l'autre pour assurer que le bon débit d'air s'écoule à travers l'échangeur. Ce type de configuration des ventilateurs est ainsi définie "en parallèle".
- [0053] Le ventilateur peut comporter une partie mobile qui se déplace en fonction du besoin de flux d'air pour refroidir l'échangeur. Par exemple, la vitesse de rotation du ventilateur peut être modulée en fonction du débit d'air nécessaire, ou les pales du ventilateur peuvent être orientées de manière à optimiser les performances du ventilateur en fonction des besoins. Une combinaison de ces deux approches est également possible.
- [0054] En termes de positionnement, le ventilateur peut être monté de manière axiale, c'est-à-dire aligné avec le flux d'air circulant dans la gaine, ou de manière radiale, c'est-à-dire perpendiculaire au flux d'air. Chacune de ces configurations offre des avantages spécifiques. Par exemple, un montage axial (entrée axiale, sortie axiale) assure un débit d'air plus important et une distribution homogène du flux d'air, favorisant un échange de chaleur régulier sur l'ensemble de l'échangeur. Ce type de ventilateur favorise le débit par rapport au saut de pression et est utilisé lorsque le débit d'air à fournir est élevé et le saut de pression à fournir est moindre. À l'inverse, un montage radial (entrée axiale, sortie radiale) est utile lorsque le saut de pression de pression à fournir est plus important par rapport au débit d'air nécessaire.
- [0055] La taille et la forme du ventilateur peuvent également varier en fonction des spécificités de la gaine de refroidissement et de l'échangeur de chaleur. Par exemple, dans une gaine de faible diamètre, un ventilateur avec des pales courtes et inclinées peut être privilégié pour maximiser le débit d'air. Inversement, dans une gaine plus large, un ventilateur avec des pales longues et droites peut être utilisé pour générer un flux d'air plus puissant.
- [0056] Enfin, le ventilateur peut être équipé de dispositifs de régulation et de contrôle,

permettant d'ajuster son fonctionnement en temps réel en fonction des conditions de vol, des performances du propulseur électrique et des exigences de refroidissement. Ces dispositifs peuvent inclure des capteurs de température et de pression, des contrôleurs de vitesse de rotation, et des systèmes de commande des pales. Cette sophistication technologique contribue à optimiser la performance du système de refroidissement tout en minimisant l'impact sur l'efficacité énergétique et l'aérodynamique de l'aéronef.

- [0057] Selon un mode de réalisation, le système de refroidissement sert à refroidir une pile à combustible.
- [0058] Les piles à combustible type LT, pour « Low Température » (basse température en français), génèrent beaucoup de chaleur et nécessitent d'être maintenues à des températures contrôlées. Ainsi, un tel système de refroidissement est d'autant plus adapté pour refroidir les piles à combustible à hydrogène.
- [0059] Selon un mode de réalisation, la gaine de refroidissement est positionnée dans le fuselage de l'aéronef.
- [0060] Cela permet d'améliorer l'aérodynamisme de l'aéronef.
- [0061] Selon un mode de réalisation, l'aéronef comprend en outre un carénage (une nacelle) dans laquelle l'hélice et la sortie d'air sont positionnées.
- [0062] Un carénage de nacelle pour une soufflante carénée électrique permet d'améliorer le rendement de l'hélice et d'assurer que la sortie d'air est entièrement et de manière stable placée dans une zone de dépression. En effet, le carénage de la nacelle assure une stabilité de la zone de dépression située devant l'hélice, en plaçant la sortie d'air dans le carénage de la nacelle, devant l'hélice, cela assure que la sortie d'air est positionnée en permanence dans la zone de dépression.
- [0063] Par nacelle d'une soufflante carénée, il est entendu la partie entourant l'hélice et permettant d'améliorer le rendement de celle-ci. Le carénage est un élément de la nacelle (également appelée « duct » en anglais). L'hélice est fixée sur la nacelle et le moteur de l'hélice est disposé dans la nacelle. La sortie d'air est positionnée sur la paroi interne du carénage.
- [0064] Selon un mode de réalisation, la sortie d'air présente plusieurs ouvertures réparties sur toute la circonférence intérieure de la nacelle.
- [0065] Selon un mode de réalisation, la sortie d'air pourrait être positionnée à l'arrière de la nacelle, dans une zone de dépression créée par l'accélération de l'air. Cette configuration permettrait d'exploiter cette dépression pour faciliter l'évacuation de l'air chaud du système de refroidissement, tout en minimisant l'impact sur la traînée de l'aéronef.
- [0066] Cela permet d'éviter le déséquilibre périodique de la charge mécanique sur l'hélice, c'est-à-dire d'avoir à des endroits une plus grande force appliquée sur l'hélice. Ces dis-

torsions réduisent le rendement du moteur.

- [0067] Par des ouvertures réparties sur toute la circonférence intérieure de la nacelle, il est entendu que les ouvertures sont disposées de manière sensiblement symétrique par rapport au centre de l'hélice, c'est-à-dire disposées selon une symétrie axiale de centre le centre de l'hélice. Par exemple, les ouvertures peuvent être disposées de manière sensiblement continue le long de la circonférence intérieure de la carène. Pas toutes les ouvertures peuvent avoir le même diamètre en fonction de l'équilibrage du débit d'air dans chaque ouverture.
- [0068] Selon un mode de réalisation, la gaine de refroidissement comprend une deuxième sortie d'air et l'aéronef comprend en outre une deuxième hélice positionnée dans une deuxième carène, et dans laquelle la deuxième sortie d'air est positionnée devant la deuxième hélice dans une deuxième carène.
- [0069] Ainsi, deux sorties d'air sont prévues pour évacuer l'air entrant dans la gaine de refroidissement. Ces deux sorties d'air sont toutes deux disposées respectivement dans les zones de dépression engendrées par l'hélice et la deuxième hélice. Ainsi, l'air contenu dans la gaine est aspiré par deux hélices ce qui accélère encore plus la circulation de l'air dans la gaine de refroidissement.
- [0070] Selon un mode de réalisation, les produits de réaction issus de la pile à combustible sont injectés sous pression dans la gaine de refroidissement en amont de l'échangeur de chaleur et en direction de la sortie d'air.
- [0071] Cela permet d'accélérer l'éjection de l'air contenu dans la gaine et ainsi d'améliorer l'efficacité de l'évacuation de l'énergie thermique apportée par l'échangeur de chaleur.
- [0072] Par produit de réaction, il est entendu les éléments produits par la réaction d'oxydation lorsque la pile à combustible produit de l'électricité. Dans le cas d'une pile à combustion à hydrogène, les produits de la réaction produisant de l'électricité sont principalement de la vapeur d'eau.
- [0073] Selon un mode de réalisation, l'entrée d'air peut être équipée d'un système de volets réglables, permettant de moduler la quantité d'air entrant en fonction des besoins en refroidissement. Ces volets, en s'ouvrant et en se fermant, peuvent contrôler le débit d'air entrant dans la gaine de refroidissement et ainsi, optimiser l'efficacité du refroidissement et la traînée aérodynamique en résultant en fonction des conditions de vol et de la charge thermique du système.
- [0074] Dans encore un mode de réalisation, l'entrée d'air peut comporter un système de conduits internes conçus pour diriger l'air de manière optimale vers l'échangeur de chaleur. Ces conduits peuvent être conçus pour minimiser la perte de charge et maximiser l'efficacité de l'échange thermique.
- [0075] Selon un mode de réalisation, l'entrée d'air pourrait être configurée pour recueillir de l'air non seulement depuis l'avant, mais également depuis les côtés, à l'aide de conduits

auxiliaires. Cette configuration pourrait augmenter le débit d'air disponible pour le refroidissement, tout en permettant une plus grande flexibilité dans le positionnement de l'entrée d'air sur le fuselage.

- [0076] Selon un mode de réalisation, la sortie d'air peut être équipée d'un système de volets réglables, permettant de moduler la quantité d'air entrant en fonction des besoins en refroidissement. Ces volets permettraient de contrôler le débit d'air sortant de la gaine de refroidissement, optimisant ainsi l'efficacité du refroidissement et la traînée aérodynamique en fonction des conditions de vol et de la charge thermique du système.
- [0077] Selon un mode de réalisation, la sortie d'air pourrait comprendre plusieurs ouvertures stratégiquement placées le long du fuselage pour optimiser la répartition de l'air et minimiser la perturbation du flux d'air autour de l'aéronef.
- [0078] Selon un mode de réalisation, la sortie d'air pourrait être conçue pour diriger l'air sortant de manière à minimiser l'impact sur l'aérodynamique de l'aéronef. Par exemple, l'air pourrait être dirigé de manière à se mélanger de manière optimale avec le flux d'air autour de l'aéronef, minimisant ainsi la traînée.
- [0079] Selon un mode de réalisation, la sortie d'air pourrait être conçue pour diriger l'air sortant de manière à contribuer à la propulsion de l'aéronef. Bien que cet effet serait probablement minime, il pourrait néanmoins contribuer à l'efficacité globale de l'aéronef.
- [0080] Selon un mode de réalisation, le ventilateur dans la gaine peut être associé à un variateur de vitesse électronique ou mécanique. Ce dernier permet de réguler finement la vitesse de rotation du ventilateur en fonction des besoins en refroidissement, permettant ainsi de minimiser la consommation électrique tout en assurant un refroidissement adéquat du système.
- [0081] Selon un mode de réalisation, le ventilateur dans la gaine peut être équipé de pales à pas variable. Ceci permet d'ajuster dynamiquement l'angle des pales en fonction des conditions de vol et des exigences de refroidissement. Ainsi, le ventilateur peut fournir un débit d'air optimal quelles que soient les conditions de vol.
- [0082] Selon un mode de réalisation, le ventilateur dans la gaine peut être configuré pour fonctionner en mode réversible. En d'autres termes, il peut inverser la direction de son flux d'air, ce qui peut être utile pour dissiper rapidement la chaleur accumulée dans la gaine en cas de surchauffe, ou pour réduire la consommation d'énergie en conditions de faible charge thermique.
- [0083] Selon un mode de réalisation, plusieurs ventilateurs pourraient être disposés le long de la gaine de refroidissement. Cette configuration en série ou en parallèle pourrait permettre une modulation plus fine du débit d'air à travers l'échangeur de chaleur et une répartition plus uniforme de la température à l'intérieur de la gaine.
- [0084] Selon un mode de réalisation, le ventilateur dans la gaine pourrait être conçu pour

fonctionner en conjonction avec un système de récupération de chaleur. En récupérant une partie de la chaleur dégagée par le système électrique et en la réutilisant pour le chauffage de la cabine ou le dégivrage des ailes, par exemple, l'efficacité énergétique globale de l'aéronef pourrait être améliorée.

- [0085] Selon un mode de réalisation, l'entrée d'air est située dans une zone de forte pression naturelle du fuselage de l'aéronef sans impact direct de l'hélice tandis que la sortie d'air est positionnée dans une zone de basse pression engendrée par l'hélice.
- [0086] Selon un mode de réalisation, l'entrée d'air est située dans une zone de surpression engendrée par l'hélice tandis que la sortie d'air est positionnée dans une zone de basse pression naturelle du fuselage de l'aéronef sans impact direct de l'hélice.
- [0087] Selon un mode de réalisation, il n'y a pas de ventilateur dans la gaine de refroidissement.
- [0088] Selon un mode de réalisation, l'entrée d'air comprend un filtre à air pour empêcher l'entrée de débris.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

- [0089] [Fig.1] représente un avion selon un mode de réalisation de l'état de la technique.
- [0090] [Fig.2] représente le système de refroidissement selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0091] [Fig.3] représente un diagramme correspondant au fonctionnement du système de refroidissement selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0092] [Fig.4] représente une vue tridimensionnelle de la gaine de refroidissement selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0093] [Fig.5] représente plusieurs types de sorties d'air dans une nacelle selon l'invention.
- [0094] [Fig.6] représente plusieurs types de gaines selon l'invention.
- [0095] [Fig.7] représente la configuration de la gaine de refroidissement et de ses éléments intérieurs en considérant un ventilateur en amont de l'échangeur de chaleur selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0096] [Fig.8] représente la configuration de la gaine de refroidissement et de ses éléments intérieurs en considérant plusieurs ventilateurs installés en parallèle selon un mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0097] La [Fig.1] représente un avion 1.
- [0098] L'avion comprend un fuselage 2, des ailes 3. Il s'agit d'un avion propulsé par des moteurs électriques 4 alimentés via le câble 11 par de l'électricité produite par une pile à combustible d'hydrogène 5 alimentée par de l'hydrogène stocké dans un réservoir 6.
- [0099] La pile à combustible 6 est refroidie par un système de refroidissement comprenant un circuit de refroidissement de la pile à combustible 7, une unité de refroidissement

(échangeur de chaleur) 8 et deux tuyaux 9 et 10 permettant de transporter un fluide caloporteur entre l'unité 8 et le circuit de refroidissement de la pile à combustible 7.

Ainsi, le premier tuyau 9 permet de transporter le fluide caloporteur du circuit de refroidissement de la pile à combustible 7 à l'unité de refroidissement 8. Inversement, le deuxième tuyau 10 permet de transporter le fluide caloporteur de l'unité de refroidissement 8 au circuit de refroidissement de la pile à combustible 7.

- [0100] Le circuit de refroidissement de la pile à combustible 7 n'est pas décrit précisément. Toutefois, tout circuit de refroidissement de pile à combustible peut être utilisé. Par exemple, il est possible de prévoir que le liquide caloporteur circule dans les plaques bipolaires de la pile à combustible. Le contact entre le fluide caloporteur et les cellules permet le transfert de l'énergie thermique produite par les cellules de la pile à combustible 5.
- [0101] L'unité de refroidissement 8 comprend un échangeur de chaleur et une gaine de refroidissement. Ces éléments seront décrits plus en détail dans les figures suivantes.
- [0102] La [Fig.2] représente le système de refroidissement selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0103] L'unité de refroidissement 8 comprend un échangeur de chaleur air/liquide 12 positionné dans une gaine de refroidissement 13. La gaine de refroidissement 13 présente une entrée d'air 14 et une sortie d'air 15.
- [0104] L'entrée d'air 14 est positionnée de sorte à permettre à l'air extérieur de rentrer dans la gaine 13. L'entrée d'air 14 est donc positionnée à un endroit de haute pression lorsque l'avion avance, par exemple au niveau du nez de l'avion ou sur un côté, un dessous ou un dessus du fuselage, ou encore sur une aile, sur un pylône maintenant une nacelle, etc. Dans le cas du mode de réalisation décrit aux figures 1 et 2, l'entrée d'air 14 est positionnée au-dessus du fuselage à la base de la dérive. et de surpression généré par l'hélice 16.
- [0105] L'entrée d'air 14 est positionnée dans une zone de surpression générée par l'hélice 16.
- [0106] La sortie d'air 15 est positionnée de sorte à permettre à l'air présent dans la gaine 13 d'être évacuée. La sortie d'air 15 est donc positionnée à un endroit de moindre pression lorsque l'avion avance et notamment de moindre pression par rapport à la pression au niveau de l'entrée d'air 14. Par exemple, la sortie d'air 15 peut être disposée dans la partie arrière de l'avion. Dans le cas du mode de réalisation décrit aux figures 1 et 2, la sortie d'air 15 est positionnée dans le flux d'air généré par l'hélice 16 de façon à bénéficier d'un effet d'aspiration de type venturi. Plus précisément, la sortie d'air 15 est positionnée sur la face du fuselage en contact avec le flux d'air généré par l'hélice 16.
- [0107] La [Fig.5] décrit plus en détail la position de la sortie d'air 15 lorsque celle-ci est po-

sitionnée au niveau de la nacelle 20. La nacelle 20 est un mode de réalisation de l'invention mais pas nécessaire.

- [0108] Ainsi, l'air froid extérieur rentre par l'entrée d'air 14 traverse la partie en amont 17 de la gaine 13 puis traverse l'échangeur de chaleur 12. L'air froid en contact avec l'échangeur de chaleur 12 se charge en énergie thermique, c'est-à-dire que l'air se réchauffe. Puis l'air chaud traverse la partie en aval 18 de la gaine 13 pour enfin sortir par la sortie d'air 15. L'hélice 16 en fonctionnement crée une surpression à l'entrée d'air 14 et donc l'air entre plus rapidement dans la gaine 13 ce qui accélère la circulation de l'air dans la gaine 13. L'hélice 16 en fonctionnement crée une dépression au niveau de la sortie d'air 15. L'air à la sortie de la sortie d'air 15 est donc aspiré par l'air accéléré par l'hélice 16, ainsi, l'air est évacué plus rapidement en dehors de la gaine 13 ce qui accélère la circulation de l'air dans la gaine 13.
- [0109] Les produits de réaction issus de la pile à combustible peuvent être injectés sous pression dans la partie aval 18 de la gaine 13. Ces produits sont acheminés par un tuyau 5 à un dispositif d'injection 19 disposé dans la partie aval 18 de la gaine 13. L'injection des produits de combustion se fait dans le sens de circulation de l'air dans la gaine de refroidissement 13, à savoir de l'entrée d'air 14 vers la sortie d'air 15.
- [0110] Le système de refroidissement décrit aux figures 1 et 2 est un système de refroidissement basé sur un fluide caloporteur qui ne change pas de phase. Le système de refroidissement peut également s'appuyer sur un fluide à changement de phase, dans ce cas le système de refroidissement comprend un évaporateur placé au niveau de la pile à combustible de sorte à transférer l'énergie thermique de la pile à combustible vers le fluide caloporteur. Puis le fluide à l'état de vapeur passe dans un condenseur placé dans la gaine 13 à la place de l'échangeur de chaleur air/liquide 12. Le système de refroidissement peut aussi comprendre également un détendeur pour détendre le fluide ou une turbine pour extraire de la puissance mécanique une pompe pour permettre la circulation du fluide caloporteur. Puis le gaz détendu passe à nouveau dans l'évaporateur.
- [0111] La [Fig.3] représente un diagramme correspondant au système de refroidissement.
- [0112] A l'étape S21, le liquide caloporteur traverse le circuit de refroidissement de la pile à combustible 7. Le liquide monte en température et ainsi emmagasine de l'énergie thermique produite par les cellules de la pile à combustible 5.
- [0113] A l'étape S22, le liquide caloporteur chaud est transmis via le tuyau 9 à l'échangeur de chaleur 12 compris dans l'unité de refroidissement 8.
- [0114] A l'étape S23, le liquide caloporteur chaud est refroidi dans l'échangeur de chaleur 12 grâce à l'air circulant dans la gaine.
- [0115] A l'étape S24, le liquide caloporteur froid est transmis via le tuyau 10 au circuit de refroidissement de la pile à combustible 7.

- [0116] Les étapes S21 à S24 sont ensuite répétées en boucle.
- [0117] La [Fig.4] représente une vue tridimensionnelle d'une réalisation de l'unité de refroidissement 8.
- [0118] On retrouve les mêmes éléments que ceux décrits à la [Fig.2], à savoir, une gaine 13 avec une entrée d'air 14 et une sortie d'air 15. L'échangeur de chaleur 12 est positionné dans la gaine 13. La sortie d'air 15 se fait par la face intérieure de la nacelle 20 en amont de l'hélice 16.
- [0119] Le flux d'air traversant la gaine de refroidissement 13 est représenté par des fils blancs. Le flux d'air entre dans la gaine 13 par l'entrée d'air 14 puis traverse la partie amont 17 de la gaine 13. Ensuite le flux d'air traverse l'échangeur de chaleur 12 où il décharge l'échangeur de chaleur en énergie thermique. Le flux d'air chaud traverse alors la partie aval 18 de la gaine 13 pour sortir par la sortie d'air 15 qui débouche dans la nacelle 20 devant l'hélice.
- [0120] La [Fig.5] représente plusieurs types de sorties d'air dans la nacelle 20 selon l'invention.
- [0121] A la [Fig.5], il est représenté plus précisément la sortie d'air 15 dans la face interne de la nacelle 20 qui peut prendre plusieurs formes et dimensions et avoir plusieurs ouvertures. La description des figures précédentes s'applique ici.
- [0122] Dans les trois représentations, la nacelle 20 entoure l'hélice 16, plus précisément la carène de la nacelle 20. La zone dans la nacelle 20 présente devant l'hélice 16 représente une zone de dépression lorsque l'hélice 16 est en fonctionnement. Dans les trois exemples, les ouvertures 21, 22.1, 22.2 et 23 de chaque sortie d'air 15 (15, 15.1, 15.2, 15.3) sont situées dans cette zone de dépression.
- [0123] Dans la représentation de la nacelle à gauche dans la [Fig.5], la sortie d'air 15 prend la forme d'une unique ouverture 21 dans la face interne de la nacelle 20. Cela est plus simple à concevoir, mais présente l'inconvénient de faire travailler l'hélice 16 de manière dissymétrique et donc d'appliquer une contrainte sur l'axe de rotation de l'hélice.
- [0124] Dans la représentation de la nacelle au centre dans la [Fig.5], la sortie d'air 15 prend la forme de deux ouvertures 22.1 et 22.2 situées symétriquement l'une par rapport à l'autre par rapport à l'axe de l'hélice 16. Cela présente l'avantage d'équilibrer la pression que subit l'hélice 16 et donc d'appliquer des contraintes plus faibles sur l'axe de rotation de l'hélice que dans le cas de gauche. Toutefois, bien que la pression soit équilibrée par rapport à l'axe de rotation de l'hélice 16, l'hélice 16 subit des pressions variables à iso distance du centre de l'hélice 16. Cela entraîne des distorsions de charge sur l'hélice 16.
- [0125] Dans la représentation de la nacelle à droite dans la [Fig.5], la sortie d'air 15 prend la forme d'un anneau 23 situé sur la paroi interne de la nacelle 20. Cela réduit les dis-

torsions de charge sur l'hélice 16.

[0126] L'invention n'est pas limitée à ces trois types de sorties d'air 15.

[0127] La [Fig.6] représente deux formes de gaines différentes de celle représentée à la [Fig.2].

[0128] Les gaines représentées à la [Fig.6] disposent d'une entrée d'air 14 comme cela a été précédemment décrit. Cette entrée d'air 14 peut assumer une forme quelconque. L'entrée d'air 14 est reliée à la partie amont de la gaine 17. En revanche, les gaines possèdent deux sorties d'air 15.1 et 15.2 formées par une bifurcation en deux de la gaine.

[0129] Plus précisément dans la gaine représentée à gauche sur la [Fig.6], il est prévu un seul échangeur de chaleur 12. L'air sortant de l'échangeur de chaleur 12 est réparti dans les deux parties aval 18.1 et 18.2 de la gaine, chacune de ces bifurcations possède sa propre sortie d'air 15.1 et 15.2.

[0130] Dans la gaine représentée à droite sur la [Fig.6], il est prévu deux échangeurs de chaleur indépendants 12.1 et 12.2, un échangeur pour chaque partie aval 18.1 ou 18.2 de la gaine. A la sortie de l'échangeur de chaleur 12.1, l'air passe dans la partie aval 18.1. A la sortie de l'échangeur de chaleur 12.2, l'air passe dans la partie aval 18.2.

[0131] Lorsque la gaine prévoit deux sorties d'air 12.1 et 12.2, comme cela est décrit avec la [Fig.6], chaque sortie peut être positionnée sur une nacelle différente dans le cas d'avions avec deux ou plus moteurs.

[0132] La [Fig.7] représente un diagramme correspondant à une configuration du gaine de refroidissement pour alimenter un échangeur de chaleur avec un ventilateur.

[0133] A l'étape S25 l'air frais rentre depuis l'extérieur dans le gaine de refroidissement à travers l'entrée d'air.

[0134] A l'étape S26 l'air frais s'écoule dans la conduite d'air

[0135] A l'étape S27 la ventilateur pousse l'air à entrer dans l'échangeur de chaleur

[0136] A l'étape S28 l'air passe à travers l'échangeur et en échangeant de la chaleur avec le liquide caloporteur l'air se chauffe.

[0137] A l'étape S29 l'air chaud s'écoule à travers le gaine de refroidissement vers la sortie.

[0138] A l'étape S30 l'air est expulsé en dehors de l'avion à travers la sortie d'air.

[0139] Les étapes de S25 à S30 se font à travers un circuit ouvert.

[0140] La [Fig.8] représente un diagramme correspondant à une configuration du gaine de refroidissement pour alimenter un échangeur de chaleur en utilisant deux ventilateurs installées en parallèle.

[0141] A l'étape S31 l'air aspiré par les ventilateurs S33 et S34 rentre dans le gaine de refroidissement à travers l'entrée d'air.

[0142] A l'étape S32 l'air passe à travers le gaine de refroidissement.

[0143] Aux l'étapes S33 et S34 l'air est poussé par les ventilateurs.

- [0144] A l'étape S35 l'air passe à travers l'échangeur et en échangeant de la chaleur avec le liquide caloporteur l'air se chauffe.
- [0145] A l'étape S36 l'air chaud s'écoule à travers le gaine de refroidissement vers la sortie.
- [0146] A l'étape S337 l'air est expulsé en dehors de l'avion à travers la sortie d'air.
- [0147] Les étapes de S231 à S37 se font à travers un circuit ouvert.

Revendications

- [Revendication 1] Un aéronef comprenant un système de refroidissement intégré au fuselage, et au moins une hélice entraînée par un moteur électrique adaptée pour propulser l'aéronef, le système de refroidissement comprenant :
- au moins une gaine de refroidissement (ou gaine d'air), implantée au sein du fuselage de l'aéronef, pourvue d'une entrée et d'une sortie d'air, la gaine de refroidissement étant conçue pour permettre la circulation de l'air entre l'entrée d'air et la sortie d'air;
 - au moins un échangeur de chaleur positionné au sein de la gaine de refroidissement, l'échangeur de chaleur étant conçu pour transférer de l'énergie thermique à l'air circulant dans la gaine de refroidissement;
- dans lequel, l'entrée d'air est positionnée dans une zone de surpression engendrée par l'air accéléré par la rotation de l'hélice, et la sortie d'air est stratégiquement positionnée sur une surface externe du fuselage balayée par le flux d'air accéléré par la rotation de l'hélice, causant une zone de moindre pression facilitant la circulation de l'air à travers la gaine de refroidissement, permettant ainsi une dissipation efficace de la chaleur à travers l'échangeur de chaleur.
- [Revendication 2] Aéronef selon la revendication 1, dans laquelle le système de refroidissement sert à refroidir un système pile à combustible.
- [Revendication 3] Aéronef selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins un ventilateur est situé à l'intérieur de la gaine pour faciliter l'écoulement de l'air.
- [Revendication 4] Aéronef selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de refroidissement comprend plusieurs échangeurs de chaleur placés à différents emplacements de la gaine de refroidissement.
- [Revendication 5] Aéronef selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la sortie d'air est située dans une zone de faible pression naturelle du fuselage de l'aéronef en vol, sans impact direct de l'air accéléré par l'hélice.
- [Revendication 6] Aéronef selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'entrée d'air est située dans une zone de forte pression naturelle du fuselage de

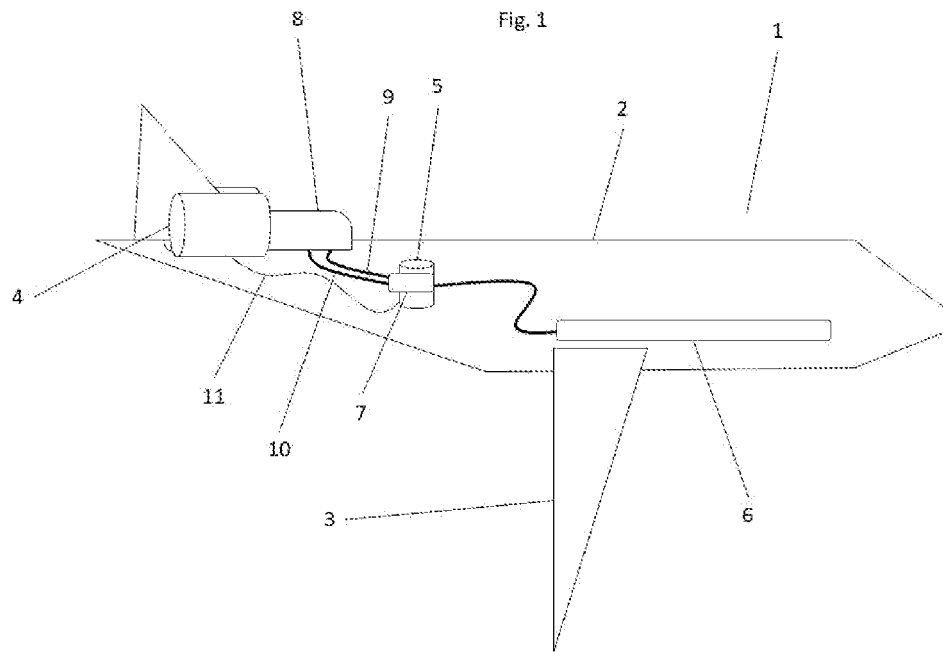
l'aéronef sans impact direct de l'hélice.

[Revendication 7] Aéronef selon l'une des revendications précédentes comprenant en outre un carénage de nacelle dans laquelle l'hélice et l'entrée d'air sont positionnées, l'entrée d'air positionnée dans une zone de surpression engendrée par l'hélice dans ce carénage de nacelle.

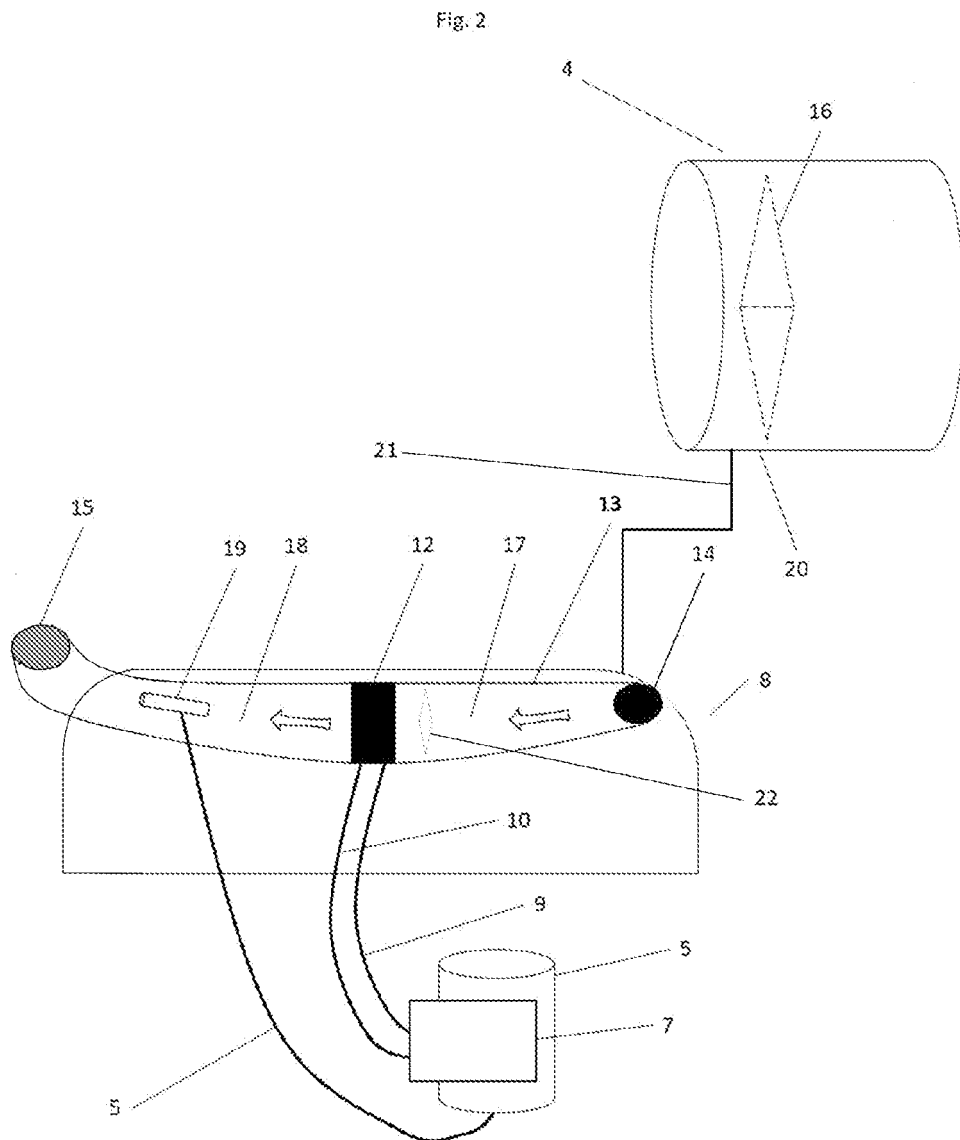
[Revendication 8] Aéronef selon la revendication 1, dans lequel au moins une gaine de refroidissement a plusieurs entrées d'air ou plusieurs sorties d'air.

[Revendication 9] Aéronef selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les entrées et sorties d'air sont contrôlées pour contrôler le flux d'air circulant dans la gaine.

[Fig. 1]

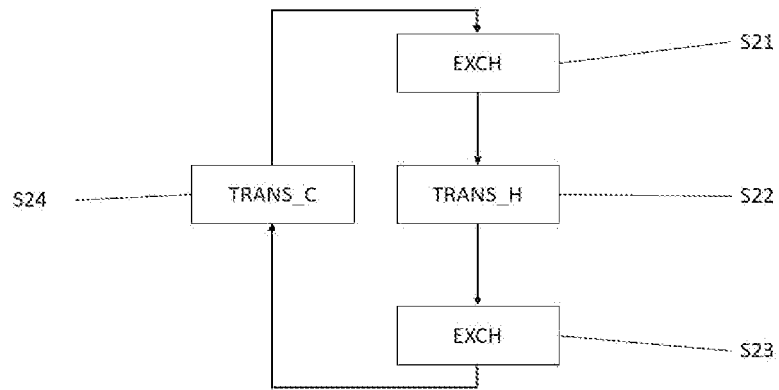


[Fig. 2]



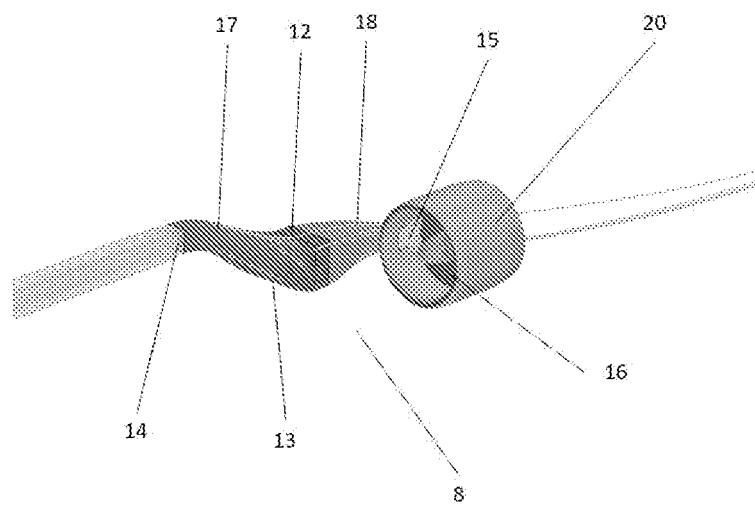
[Fig. 3]

Fig. 3

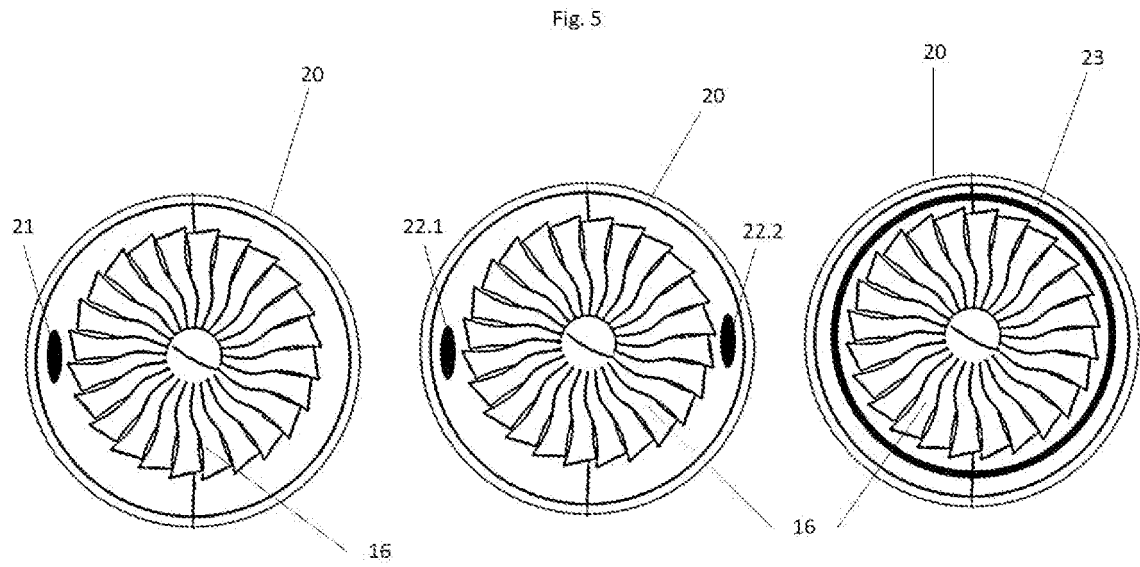


[Fig. 4]

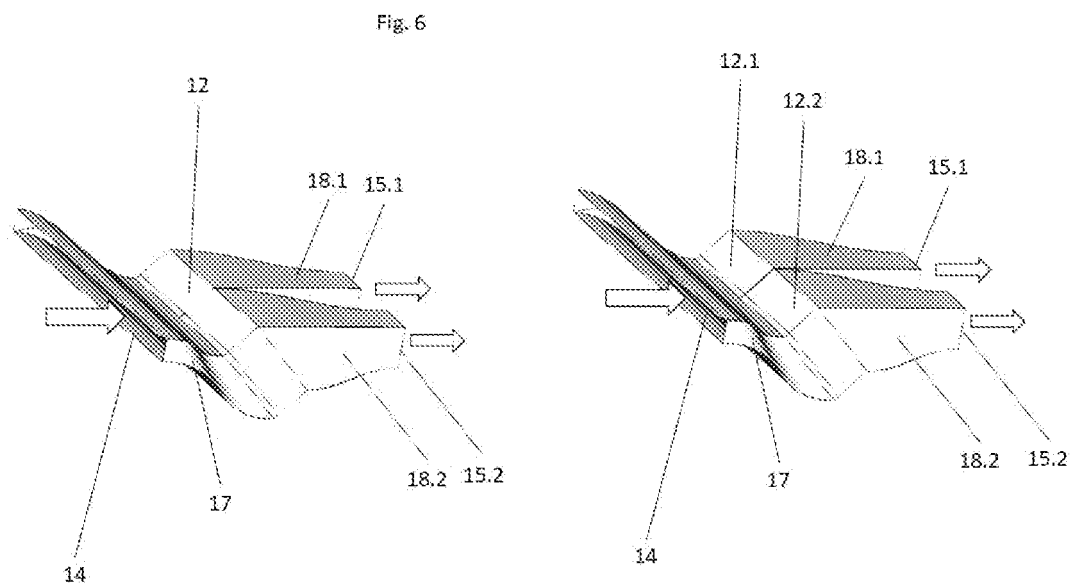
Fig. 4



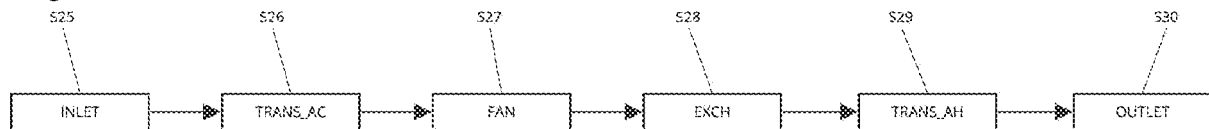
[Fig. 5]



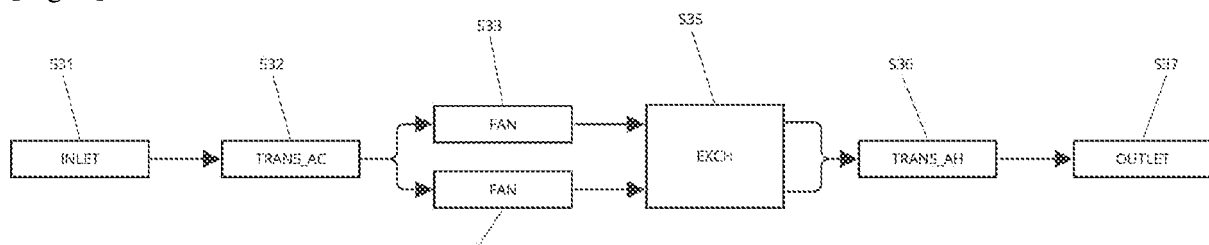
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 919904
FR 2305468

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		
Y	ABU KASIM A F B ET AL: "Performance and failure analysis of a retrofitted Cessna aircraft with a Fuel Cell Power System fuelled with liquid hydrogen", JOURNAL OF POWER SOURCES, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 521, 13 janvier 2022 (2022-01-13), XP086936454, ISSN: 0378-7753, DOI: 10.1016/J.JPOWSOUR.2022.230987 [extrait le 2022-01-13]	1-6, 8, 9	B64D 37/30 B64D 41/00 H01M 8/04089
A	* page 1 - page 11; figures 3, 4, 8a * -----	7	
Y	Zeroavia: "ZeroAvia Signs Agreement with Textron Aviation to Develop Hydrogen-Electric Powertrain for the Cessna Grand Caravan", / 29 septembre 2022 (2022-09-29), pages 1-4, XP093101242, Extrait de l'Internet: URL:https://www.prnewswire.com/news-releases/zeroavia-signs-agreement-with-textron-aviation-to-develop-hydrogen-electric-power-train-for-the-cessna-grand-caravan-301636691.html [extrait le 2023-11-14]	1-6, 8, 9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B64C F02K B64D F02C
A	* le document en entier * -----	7	
Y	US 1 427 872 A (VERVILLE ALFRED V) 5 septembre 1922 (1922-09-05)	1-6, 8, 9	
A	* page 1 - page 3; figures 3-5 * -----	7	
A	US 2017/037756 A1 (JULIEN ANDRE [CA] ET AL) 9 février 2017 (2017-02-09) * le document en entier * ----- -/-	1-9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 décembre 2023		Morasch, Alexander	
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	

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 919904
FR 2305468

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		
A	US 2 171 817 A (HERBERT WAGNER ET AL) 5 septembre 1939 (1939-09-05) * le document en entier * -----	1-9	
A	US 2019/256214 A1 (DIONNE LUC [CA] ET AL) 22 août 2019 (2019-08-22) * le document en entier * -----	1-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 décembre 2023		Morasch, Alexander	
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 2305468 FA 919904**

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 **01-12-2023**
 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
US 1427872	A	05-09-1922	AUCUN
US 2017037756	A1	09-02-2017	CA 2938105 A1 07-02-2017
			CN 108138654 A 08-06-2018
			EP 3128155 A1 08-02-2017
			ES 2712480 T3 13-05-2019
			PL 3128155 T3 31-07-2019
			US 2017037756 A1 09-02-2017
			US 2019203620 A1 04-07-2019
			WO 2017024393 A1 16-02-2017
US 2171817	A	05-09-1939	AUCUN
US 2019256214	A1	22-08-2019	CA 3033874 A1 19-08-2019
			EP 3527490 A1 21-08-2019
			PL 3527490 T3 16-08-2022
			US 2019256214 A1 22-08-2019