

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 083 523**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **19 07237**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 64 C 39/02** (2019.01), B 64 F 3/02, B 64 D 27/24,
B 64 C 29/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Alimentation en courant pour aéronef et aéronef correspondant.

②2 Date de dépôt : 01.07.19.

③0 Priorité : 04.07.18 DE 10 2018 116 164.6.

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 10.01.20 Bulletin 20/02.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 04.08.23 Bulletin 23/31.

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) : *Dr. Ing. h.c. F. Porsche
Aktiengesellschaft / — DE.*

⑦2 Inventeur(s) : BENDER Stefan et FAURI Mikel.

⑦3 Titulaire(s) : *Dr. Ing. h.c. F. Porsche
Aktiengesellschaft /.*

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Nuss.

FR 3 083 523 - B1



Description

Titre de l'invention : Alimentation en courant pour aéronef et aéronef correspondant

- [0001] La présente invention concerne un aéronef, en particulier un aéronef entièrement électrique capable de décoller et d'atterrir à la verticale ("*vertical take-off and landing*" - VTOL). L'invention concerne en outre une alimentation en courant correspondante.
- [0002] Par VTOL, on entend dans le jargon de la technique aérospatiale tout type d'aéronef, de drone ou de fusée qui a la capacité de décoller et d'atterrir essentiellement à la verticale et sans piste de décollage et d'atterrissage. Dans ce qui suit, ce terme générique est utilisé dans un sens large qui inclut non seulement les aéronefs à ailes rigides à surfaces portantes, mais également des giravions comme des hélicoptères, des autogires et des girodynes ainsi que des hybrides tels que les hélicoptères combinés ainsi que les convertiplanes. Sont également inclus les aéronefs qui ont la capacité de décoller et d'atterrir sur des pistes particulièrement courts ("*short take-off and landing*" - STOL), de décoller sur de courtes pistes et d'atterrir à la verticale ("*short take-off and vertical landing*", STOVL) ou de décoller à la verticale mais d'atterrir à l'horizontale ("*vertical take-off and horizontal landing*", VTHL).
- [0003] Pendant la phase de décollage et d'atterrissage, le besoin en courant d'un VTOL est élevé. La batterie d'un VTOL entraîné à l'électricité selon l'état de la technique doit donc satisfaire à des exigences très élevées non seulement en termes de capacité mais également en termes de densité de puissance.
- [0004] Le document WO 2010/031384 A2 divulgue un procédé de décollage d'un drone au moyen d'une catapulte de décollage qui apporte l'énergie du décollage de telle sorte que tout d'abord la catapulte de décollage est orientée avant le décollage. La catapulte de décollage est recouverte d'une protection visuelle qui n'est enlevée qu'après l'orientation et immédiatement avant le décollage.
- [0005] Le document DE 10 2016 219 473 A1 concerne un drone destiné à être arrimé sur un véhicule. Le drone comporte en l'occurrence un accumulateur d'énergie ainsi qu'un ensemble d'arrimage qui permet d'arrimer le drone sur le véhicule. En outre, le drone comporte au moins une unité de communication qui permet la communication avec le véhicule et/ou avec un appareil externe d'un utilisateur du véhicule, ainsi qu'au moins une unité de détermination de position qui permet de détecter une position de l'utilisateur du véhicule. Le drone est en l'occurrence configuré pour, après un signal d'activation pouvant être prédéterminé qui peut être saisi par l'unité de communication, déterminer la position de l'utilisateur par l'intermédiaire de l'unité de détermination de position, pour se désarrimer du véhicule, pour se diriger vers l'utilisateur du véhicule

en correspondance à la position détectée et pour suivre automatiquement ce dernier.

[0006] Le document DE 10 2007 003 458 A1 décrit un dispositif d'alimentation automatique en énergie d'un petit aéronef alimenté par batterie, pour garantir une utilisation quasi ininterrompue de l'aéronef et éviter la présence permanente d'un opérateur. Dans ce but est prévue une plateforme d'atterrissage et de rechargement à laquelle est associé un magasin de batteries et en dessous de laquelle est prévu un dispositif de chargement.

[0007] Pour résoudre le problème évoqué plus haut, une source d'énergie alternative est proposée, laquelle ne contribue pas au poids total de l'aéronef. Cette proposition est basée sur la découverte suivante : l'aéronef équipé d'une batterie de bord possède une masse $M_{eVTOL} + M_{Batt}$ et une surface de rotor A_{eVTOL} . Pour la puissance $P_{eVTOL/Batt}$ nécessaire pour le décollage, on a : $P_{eVTOL/Batt} \sim \frac{1}{A_{eVTOL}} \sim \sqrt{(M_{eVTOL} + M_{Batt})^3}$.

[0008] Lorsque la batterie est enlevée de l'aéronef, on a pour la puissance P_{eVTOL} nécessaire pour son décollage : $P_{eVTOL} \sim \frac{1}{A_{eVTOL}} \sim \sqrt{M_{eVTOL}^3}$.

[0009] Une batterie possédant ses propres rotors aurait une masse $M_{Batt} + M_{overhead}$ et une surface de rotor A_{Batt} . Pour la puissance nécessaire au décollage, on a dans ce cas : $P_{Batt} \sim \frac{1}{A_{Batt}} \sim \sqrt{(M_{Batt} + M_{overhead})^3}$.

[0010] Lorsque l'équation ci-dessous est vérifiée, la puissance globalement nécessaire pour la sustentation est réduite de sorte qu'un VTOL entraîné électriquement auquel est accouplée une batterie de vol autonome serait avantageux :

$$\frac{A_{eVTOL} + A_{Batt}}{A_{eVTOL}} > \frac{(M_{eVTOL} + M_{Batt} + M_{overhead})^3}{(M_{eVTOL} + M_{Batt})^3}$$

[0011] L'invention propose donc un aéronef et en particulier un aéronef entièrement électrique, capable, au sens indiqué plus haut, de décoller et d'atterrir à la verticale, ainsi qu'une alimentation en courant pour un tel aéronef.

[0012] L'invention a pour objet une alimentation en courant pour un aéronef, caractérisée par les caractéristiques suivantes :

- l'alimentation en courant comprend un drone pouvant voler doté de rotors, d'un convertisseur de tension continue, d'une batterie destinée à entraîner les rotors et d'un dispositif de verrouillage destiné à assurer une liaison enfichable entre le drone et l'aéronef,
- le drone est réalisé pour assurer la liaison enfichable au moyen du dispositif de verrouillage jusqu'à ce que l'aéronef atteigne une altitude de vol prédéterminée et
- l'alimentation en courant est configurée de telle sorte que la batterie alimente l'aéronef en courant au moyen du convertisseur de tension continue tant que la liaison enfichable est maintenue.

- [0013] Cette alimentation en courant est encore caractérisée en ce que :
- le drone est en outre réalisé pour revenir automatiquement à proximité du sol lorsque l'altitude de vol est atteinte ; et
 - le drone est en outre réalisé pour établir une liaison de communication avec l'aéronef en vue de régler un comportement de vol commun.
- [0014] L'invention a encore pour objet un aéronef présentant une alimentation en courant selon l'invention et un entraînement entièrement électrique.
- [0015] Cet aéronef est encore caractérisé en ce que :
- l'aéronef comprend des surfaces portantes rabattues ou rabattables ;
 - l'aéronef comprend un système de batterie à recharge rapide ;
 - l'aéronef comprend des hélices carénées fixes à l'horizontale pour le décollage et l'atterrissage ;
 - l'aéronef présente des lamelles et
 - les hélices carénées horizontales peuvent être recouvertes sélectivement par les lamelles ;
 - l'aéronef comprend des hélices carénées fixes à la verticale pour générer une propulsion ; et
 - l'aéronef peut être commandé sélectivement de manière entièrement autonome.
- [0016] Ainsi, l'aéronef peut par exemple être équipé de surfaces portantes rabattues ou même rabattables sélectivement. Une variante appropriée augmente la surface alaire active en vol horizontal, sans pour autant augmenter la surface au sol de l'aéronef.
- [0017] En outre, l'aéronef peut disposer d'un système de batterie à recharge rapide qui délivre l'énergie d'entraînement pour le décollage et l'atterrissage à la verticale ainsi que pour le vol horizontal, et qui permet une recharge rapide de l'aéronef à l'arrêt.
- [0018] Pour entraîner l'aéronef, au lieu de rotors à déplacement libre, on peut en l'occurrence utiliser plusieurs hélices carénées ("*ducted fans*") également de différentes tailles, connues hors du domaine de la technique aérienne, par exemple pour les aéroglisseurs ou les hydroglisseurs. Dans un tel mode de réalisation, la carène cylindrique qui entoure l'hélice peut réduire considérablement les pertes de poussée provoquées par les tourbillons à la pointe des pales. Des hélices carénées appropriées peuvent être orientées à l'horizontale ou à la verticale, être réalisées avec une possibilité de pivotement entre les deux positions ou, pour des raisons aérodynamiques, être recouvertes en vol horizontal par des lamelles ("*louvers*"). De plus, on peut imaginer de créer une poussée purement horizontale au moyen d'hélices carénées fixes.
- [0019] Enfin, en plus d'un fonctionnement de préférence entièrement autonome de l'aéronef, dans le cas d'une qualification suffisante, on peut également envisager de confier au contrôle manuel au pilote humain, ce qui confère à l'ensemble selon l'invention la plus

grande flexibilité de manipulation possible.

- [0020] Un exemple de réalisation de l'invention est représenté dans les dessins et va maintenant être décrit plus en détail.
- [0021] [Fig.1] représente le décollage d'un aéronef selon l'invention.
- [0022] [Fig.2] représente l'aéronef avant son passage en vol de croisière.
- [0023] Les figures 1 et 2 représentent conjointement les caractéristiques de construction et de fonctionnement d'un mode de réalisation préféré de l'aéronef 10 selon l'invention.
- [0024] Pendant le décollage représenté dans la [Fig.1], les systèmes de rotor 11, 13 accordés l'un à l'autre au moyen d'une liaison de communication 18 entre l'aéronef 10 et le drone 12 assurent conjointement la sustentation. L'aéronef 10 est ici l'appareil maître ("*master*") et le drone 12 équipé de sa propre batterie 15 l'appareil suiveur ("*slave*"). Les deux batteries 15 sont raccordées l'une à l'autre et alimentent à la fois l'aéronef 10 et les rotors 13 du drone 12. Un convertisseur de tension continue ("*DC-to-DC converter*") 14 embarqué sur le drone 12 assure que les tensions sont conformes et commande le flux d'énergie.
- [0025] Lorsque la hauteur de transition est atteinte, le drone 12 à batterie autonome est libéré et revient vers le sol. L'aéronef 10 poursuit alors le vol exclusivement avec sa propre batterie de bord 15.
- [0026] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

Revendications

[Revendication 1]

Alimentation en courant pour un aéronef (10), dans laquelle :

- l'alimentation en courant comprend un drone (12) pouvant voler doté de rotors (13), d'un convertisseur (14) de tension continue, d'une batterie (15) destinée à entraîner les rotors (13) et d'un dispositif de verrouillage (17) destiné à assurer une liaison enfichable (16) entre le drone (12) et l'aéronef (10),
- le drone (12) est réalisé pour assurer la liaison enfichable (16) au moyen du dispositif de verrouillage (17) jusqu'à ce que l'aéronef (10) atteigne une altitude de vol prédéterminée et
- l'alimentation en courant est configurée de telle sorte que la batterie (15) alimente l'aéronef (10) en courant au moyen du convertisseur (14) de tension continue tant que la liaison enfichable (16) est maintenue,

alimentation en courant caractérisée en ce que :

- le drone (12) à batterie autonome est en outre réalisé pour établir une liaison de communication (18) avec l'aéronef (10) en vue de régler un comportement de vol commun et,
- l'aéronef (10) présente un fonctionnement entièrement autonome.

[Revendication 2]

Alimentation en courant selon la revendication 1, caractérisée par la caractéristique suivante :

- le drone (12) est en outre réalisé pour revenir automatiquement à proximité du sol lorsque l'altitude de vol est atteinte.

[Revendication 3]

Aéronef (10) présentant une alimentation en courant selon l'une des revendications 1 et 2, un entraînement entièrement électrique et un fonctionnement entièrement autonome.

[Revendication 4]

Aéronef (10) selon la revendication 3, caractérisé par la caractéristique suivante :

- l'aéronef (10) comprend des surfaces portantes rabattues ou rabattables.

- [Revendication 5] Aéronef (10) selon la revendication 3 ou 4, caractérisé par la caractéristique suivante :
- l'aéronef (10) comprend un système de batterie à recharge rapide.
- [Revendication 6] Aéronef (10) selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé par la caractéristique suivante :
- l'aéronef (10) comprend des hélices carénées (11) fixes à l'horizontale pour le décollage et l'atterrissage.
- [Revendication 7] Aéronef (10) selon la revendication 6, caractérisé par les caractéristiques suivantes :
- l'aéronef (10) présente des lamelles et
 - les hélices carénées (11) horizontales peuvent être recouvertes sélectivement par les lamelles.
- [Revendication 8] Aéronef (10) selon l'une des revendications 3 à 7, caractérisé par la caractéristique suivante :
- l'aéronef (10) comprend des hélices carénées fixes à la verticale pour générer une propulsion.

[Fig. 1]

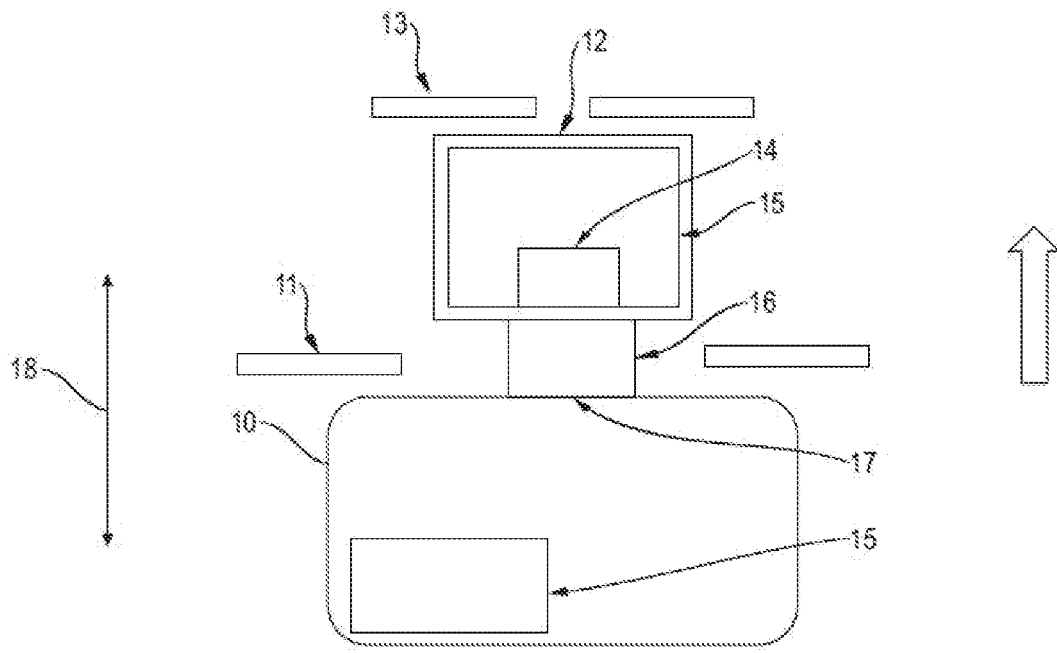


Fig. 1

[Fig. 2]

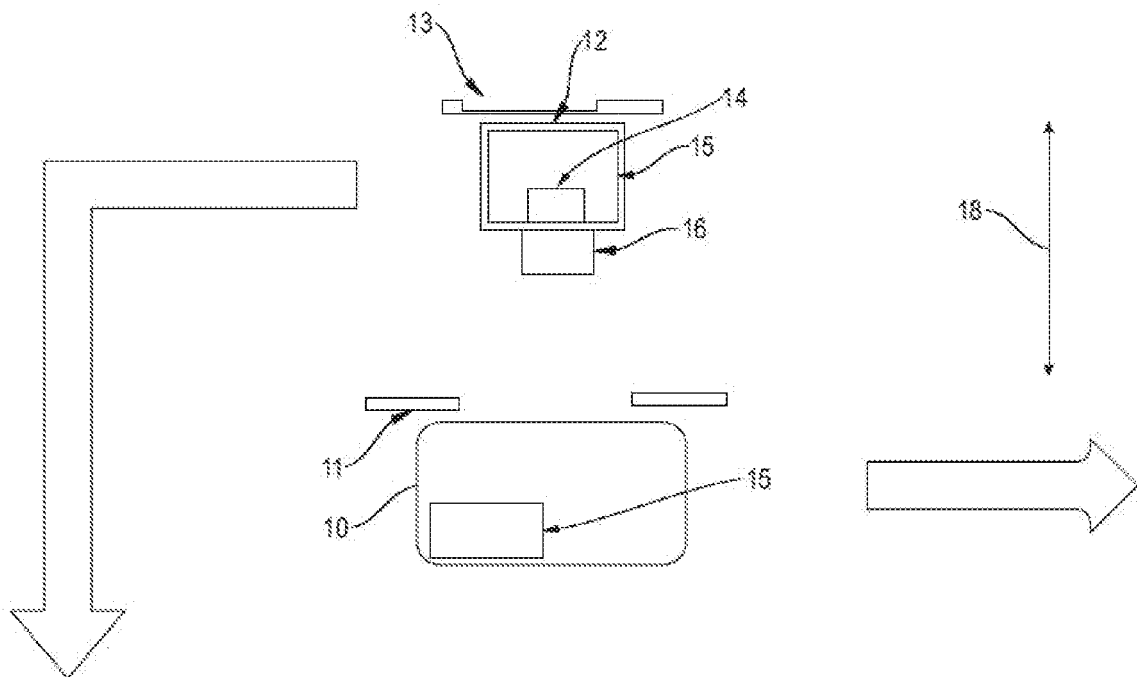


Fig. 2

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 (nouveau) 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

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

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.

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**

US2017158354 A1 (BOURNE FREDERICK L [US] ET AL.)
8 juin 2017 (2017-06-08)

US2015336677 A1 (SMAOUI HICHEM [FR] ET AL.)
26 novembre 2015 (2015-11-26)

US5454531 A (MELKUTI ATTILA [US])
3 octobre 1995 (1995-10-03)

US2018065737 A1 (KROO ILAN [US])
8 mars 2018 (2018-03-08)

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

WO2014011255 A2 (MORRISON CONSULTING GROUP INC W [US])
16 janvier 2014 (2014-01-16)

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

NEANT