

ROYAUME DU MAROC  
-----  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ (19)  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
-----



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية والتجارية  
-----

## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :  
**MA 38723 B1**

(51) Cl. internationale :  
**F03D 5/00**

(43) Date de publication :  
**28.04.2017**

---

(21) N° Dépôt :  
**38723**

(22) Date de Dépôt :  
**05.06.2014**

(30) Données de Priorité :  
**12.06.2013 IT TO2013A000481**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:  
**PCT/IT2014/000155 05.06.2014**

(71) Demandeur(s) :  
**KITE GEN RESEARCH S.R.L., Corso Lombardia 63/D I-10099 San Mauro Torinese (TO) (IT)**

(72) Inventeur(s) :  
**IPPOLITO, Massimo**

(74) Mandataire :  
**CABINET ABDERRAZIK**

---

(54) Titre : **COLLECTEUR D'ÉNERGIE ÉOLIENNE FORMANT VOILE**

(57) Abrégé : L'invention concerne une aile à fonctionnement bi-mode, qui peut passer d'une forme arquée à une forme plane sans distorsion et vice versa, constituée de trois ou de plus de trois profils d'aile de production d'énergie (1-1, 1-2, 1-3) connectés en série et articulés les uns par rapport aux autres par au moins une articulation (2, 3) disposée entre au moins une paire desdits profils d'aile de production d'énergie (1-1, 1-2, 1-3) adjacents.

AILE A FONCTIONNEMENT BIMODAL

## ABREGE

5 L'invention concerne une aile à fonctionnement bimodal pour  
passer d'une forme cintrée à une forme plane indéformée et  
inversement, composée d'au moins deux profils alaires de  
puissance (1-1, 1-2, 1-3) connectés en série et articulés  
réciproquement au moyen d'au moins un joint d'articulation  
10 (2, 3) interposé entre au moins une paire de tels profils  
alaires de puissance (1-1, 1-2, 1-3) adjacents.  
(FIG. 1.)

AILE A FONCTIONNEMENT BIMODAL

La présente invention se réfère à une aile à fonctionnement bimodal.

5 Dans toutes les applications aérodynamiques communes, comme par exemple des aubes de turbines à gaz, des aubes d'éoliennes et des surfaces portantes d'aéronefs, l'objectif final du profil aérodynamique est de transférer une charge distribuée vers la base de l'aube ou de l'aile.  
10 La résistance structurelle obtenue au moyen, par exemple, d'un longeron en double T, permet de répondre au moment de flexion généré par la charge distribuée.

Dans le cas d'un profil alaire de puissance, appartenant à un système utilisé pour extraire de l'énergie  
15 du vent, la présence exclusivement d'efforts de tension pure fait en sorte qu'une configuration en arc de l'ouverture d'ail portante génère une portance aérodynamique utile, en même temps, à la fois au maintien de sa propre forme et à la génération d'énergie.

20 Comme cela est connu, une configuration d'efforts de tension pure nécessite une résistance structurelle bien inférieure par rapport au cas dans lequel il existe un moment de flexion. Par conséquent, le profil aérodynamique du profil alaire de puissance peut être aminci afin  
25 d'améliorer le rendement aérodynamique, c'est-à-dire le rapport portance sur résistance, en augmentant à la fin les performances énergétiques d'une installation de haute altitude pour l'extraction d'énergie à partir du vent.

L'extraction d'énergie à partir du vent s'effectue au  
30 moyen de systèmes comprenant des ailes ultralégères, à haut rendement aérodynamique, soumises à des charges d'aile portante élevées, en modalité de structure en tension.

La demande de brevet n. WO2008120257, au nom de la Demanderesse, décrit un système d'extraction d'énergie à

partir du vent au moyen d'un train de profils alaires de puissance connectés en série, manœuvrés au moyen de cabestans servo-assistés, commandés de manière autonome par un système de contrôle intelligent. Un profil alaire de puissance immergé dans un courant éolien est donc connecté, par l'intermédiaire d'au moins un câble, à un générateur autonome qui convertit en courant électrique l'énergie éolienne capturée à un niveau de troposphère. Les profils alaires de puissance sont manœuvrés de manière à remorquer les modules auxquels ils sont connectés et permettre la conversion d'énergie éolienne en énergie électrique au moyen d'au moins un système de génération, comprenant au moins un générateur/moteur. Les câbles sont adaptés à la fois pour transmettre de l'énergie mécanique de et vers les profils alaires pour le remorquage des modules et pour contrôler la trajectoire de vol des profils alaires eux-mêmes.

La puissance qu'un profil alaire est en mesure de soutirer au vent est une fonction aussi bien du rendement aérodynamique du profil alaire que de la surface de celui-ci. En particulier, cette puissance augmente avec le carré du rendement aérodynamique et linéairement avec la surface.

Le rendement d'un profil alaire dépend de la forme du profil. Cette forme optimale doit cependant être maintenue même quand le profil alaire est soumis aux contraintes des forces de résistance-portance (*drag-lift*). Dans ce but, il est possible d'avoir recours à l'utilisation de profils alaires semi-rigides.

Contrairement aux profils alaires complètement flexibles, les profils alaires semi-rigides sont munis, par exemple, d'un châssis extrêmement léger sous l'effet duquel les profils alaires peuvent prendre une forme analogue à celle des ailes rigides des planeurs. Les profils alaires peuvent, par exemple, être structurés avec des losanges

réalisés avec des polymères. Le recours à la semi-rigidité garantit une amélioration considérable des performances, non seulement sous l'effet du meilleur rendement aérodynamique, mais également grâce à la plus grande  
5 facilité de pilotage.

En particulier, la rigidité peut être asymétrique par rapport aux deux dimensions du profil alaire de manière à garantir une flexibilité latérale utile pour le rétablissement du profil alaire dans un système  
10 correspondant de rétablissement.

Un premier problème concernant l'extraction d'énergie à partir du vent au moyen de systèmes comprenant des ailes ultralégères est représenté par la déformation aéro-élastique du profil alaire soumis aux forces  
15 aérodynamiques. En fonction du dimensionnement et du choix des matériaux, il existe la possibilité que la rigidité le long de la corde de l'aile ne soit pas suffisante pour maintenir la forme du profil, avec pour conséquence le risque de réduction de performances et de rendement. La  
20 forme cintrée de l'aile est maintenue du point de vue aérodynamique durant le vol avec un gradient de portance des sections alaires, en réduisant ou en annulant la nécessité d'un longeron.

Un deuxième problème concernant l'extraction d'énergie  
25 à partir du vent au moyen de systèmes comprenant des ailes ultralégères est représenté par la gestion d'un comportement bimodal de vol, en assumant une assiette en glissement sur l'aile (*sideslip*) et une assiette de production (*power generating*). Avec l'assiette en glissement  
30 sur l'aile, l'aile est rappelée au moyen d'un seul câble de liaison. Pour disposer d'une stabilité suffisante, dans cette phase, la forme cintrée du vol en assiette de production doit être abandonnée en faveur d'une configuration filante.



La demande de brevet n° WO2011121557 affronte le premier problème en décrivant un système de mise en œuvre des commandes pour le vol d'un profil alaire de puissance contrôlé au moyen d'au moins deux câbles pour la conversion  
5 d'énergie éolienne en énergie électrique ou mécanique, comprenant une première unité pour exercer une action d'enroulement-déroulement paritaire desdits câbles, et une deuxième unité interposée entre le profil alaire de puissance et la première unité pour réaliser une action de  
10 contrôle différentiel des câbles. Le système comprend un unique moteur qui actionne la deuxième unité de contrôle des câbles et la première unité comprend, pour chaque câble, deux séries de poulies d'enroulement sans superposition du câble, disposées sur des axes horizontaux  
15 respectifs communs superposés l'un à l'autre.

La demande de brevet n° WO2009035492 affronte le deuxième problème en décrivant un profil alaire de puissance comprenant un premier élément de contrôle agissant dans une première configuration de force, dans  
20 laquelle le premier élément de contrôle est utilisé pour tenir sous contrôle le vol du profil alaire de puissance durant une phase de génération de puissance, le profil alaire de puissance comprend en outre un deuxième élément de contrôle utilisé pour contrôler le vol du profil alaire  
25 de puissance dans la deuxième configuration de force durant la phase de rétablissement, dans cette deuxième phase, la force associée à la configuration est réduite par rapport à la première phase associée à la génération de puissance.

Un but de la présente invention est donc de résoudre  
30 les problèmes précités de l'art antérieur en fournissant une aile formée par des profils alaires de puissance qui permette de maintenir inaltérée la forme du profil alaire et de permettre un comportement bimodal en vol.

Un autre but de la présente invention est de fournir

une aile comprenant une surface alaire reliée à une ou plusieurs nervures parallèles suivant la direction de la corde de tels profils alaires de puissance, cette aile comprenant en outre au moins un joint formé par des bords  
5 de toile externes, reliés respectivement à une paire de nervures externes et à une paire de bords de toile internes, ce joint convergeant symétriquement par rapport à une corde appartenant aux profils alaires de puissance.

Les buts et avantages précités, ainsi que d'autres, de  
10 l'invention, lesquels ressortiront de la suite de la description, sont atteints avec une aile à fonctionnement bimodal comme celle décrite dans la revendication 1. Des modes de réalisation préférés et des variantes non banales de la présente invention font l'objet des revendications  
15 dépendantes.

Il est entendu que toutes les revendications jointes font partie intégrante de la présente description.

Il s'avèrera immédiatement évident qu'il sera possible d'apporter à ce qui est décrit d'innombrables variantes et  
20 modifications (par exemple relatives à la forme, à des dimensions, des dispositions et des parties avec des fonctionnalités équivalentes) sans s'écarter du domaine de protection de l'invention tel qu'il ressort des revendications jointes.

25 La présente invention sera mieux décrite par certains modes de réalisation préférés, fournis à titre d'exemple et non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 1 représente une vue de face d'une  
30 réalisation préférée d'une aile selon la présente invention ;

- les Figures 2 et 3 représentent respectivement une vue en plan de la surface inférieure et supérieure de l'aile de la Figure 1 ;



- les Figures 4 et 5 représentent respectivement un détail agrandi IV et V de l'aile de la Figure 1 ;
- la Figure 6 représente une vue de côté de l'aile de la Figure 1 ;
- 5 - la Figure 7 représente un détail agrandi VII de l'aile de la Figure 6 ;
- les Figures 8 et 9 représentent respectivement une vue axonométrique de la surface inférieure et supérieure de l'aile de la Figure 1 ;
- 10 - les Figures 10 et 11 représentent respectivement un détail agrandi X et XI de l'aile de la Figure 8 ; e
- les Figures 12 et 13 représentent respectivement un détail agrandi XII et XIII de l'aile de la Figure 9.

En faisant référence aux Figures, il est possible de  
15 noter qu'une aile selon la présente invention à fonctionnement bimodal est composée d'au moins deux profils alaires de puissance 1-1, 1-2, 1-3, connectés en série et articulés réciproquement au moyen d'au moins un joint d'articulation 2, 3 interposé entre au moins une paire de  
20 tels profils alaires de puissance 1-1, 1-2, 1-3 adjacents.

Avantageusement, chacun de ces profils alaires de puissance 1-1, 1-2, 1-3 est constitué par au moins un claveau rigide, ces claveaux étant articulés mutuellement grâce à l'interposition d'un tel joint respectif 2, 3 pour  
25 permettre la fonction bimodale de l'aile selon la présente invention, en particulier en concentrant dans de tels joints 2, 3 les éventuelles oscillations d'assiette. En effet, pour pouvoir gérer de manière opportune à la fois la phase de génération de puissance et la manœuvre de  
30 récupération en glissement sur l'aile, l'ensemble des profils alaires 1-1, 1-2, 1-3 doit pouvoir passer à travers deux formes, d'où le fonctionnement bimodal : une forme cintrée, durant la phase de génération et une forme plane indéformée pour la manœuvre de récupération en glissement sur l'aile.



Chaque profil alaire 1-1, 1-2, 1-3 comprend au moins une surface alaire 4 reliée à une ou plusieurs nervures externes 5 en fonction d'exosquelette. Les nervures 5 (*bumps*), disposées parallèles suivant la direction de la corde alaire et externes à la surface alaire 4 ont le désavantage d'augmenter légèrement la résistance aérodynamique, mais ont l'avantage de garantir le maintien de la forme du profil alaire respectif 1-1, 1-2, 1-3.

La surface alaire 4 est réalisée de préférence en toile très résistante, enduite avec des résines thermoplastiques ou thermodurcissables : en particulier, cette toile remplit la double fonction de résister aux contraintes, après avoir atteint la forme cintrée en phase de génération de puissance, et de fournir la rigidité élastique, utile pour ramener l'aile selon la présente invention dans la configuration plane indéformée durant la phase de récupération en glissement sur l'aile.

En référence aux Figures 4, 5, 10, 11, 12 et 13, chaque joint 2, 3, est formé de bords de toile externes 6, 7, reliés respectivement à une paire de nervures externes 5-1, 5-2, et à une paire de bords de toile internes 8, 9. Chaque joint 2, 3 est symétrique par rapport à une corde le long de laquelle convergent les bords de toile 8, 9.

La configuration à forme plane indéformée de l'aile selon la présente invention, associée à la phase de récupération en glissement sur l'aile, correspond au joint 3 en position dilatée (Figures 5, 11 et 13), caractérisé par les bords de toile internes 8, 9, dépliés et tangents à la surface alaire 4.

La configuration à forme cintrée de l'aile selon la présente invention, associée à la phase de génération de puissance, correspond au joint 2 en position contractée (Figures 4, 10 et 12), caractérisé par les bords de toile internes 8, 9, repliés à l'intérieur du profil alaire, en

permettant la convergence et le contact le long de la corde  
10 de la paire de bords de toile externes 6, 7.

La présente invention atteint le but au moyen d'une  
aile indéformée dans une configuration plane et déformée  
5 par les charges aérodynamiques dans une configuration  
cintrée, dans laquelle la rigidité de la structure permet  
de maintenir la configuration indéformée en assumant une  
assiette en glissement sur l'aile (*sideslip*) et de déformer  
la structure pour obtenir une configuration cintrée en  
10 assumant une assiette de production (*power generating*).

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention,  
la forme de l'aile est asymétrique afin de pouvoir  
exploiter utilement l'asymétrie pour la phase de dérapage.  
Cette configuration offre l'opportunité de réaliser des  
15 segments particulièrement rigides dans la direction de la  
corde alaire et efficaces du point de vue aérodynamique.

## REVENDICATIONS

1. Aile avec un fonctionnement bimodal en passant d'une forme  
5 d'arc à une forme plane non déformée et vice-versa,  
caractérisée en ce que:
- il est composée de trois ou plusieurs profils d'aile de  
puissance (1-1, 1-2, 1-3) connectés en série et  
mutuellement articulés par l'intermédiaire d' au moins un  
10 joint articulé (2, 3) interposée entre au moins une paire  
de ledites profils d'aile de puissance (1-1, 1-2, 1-3)  
adjacentes ;
  - il comprend au moins une surface de l'aile (4) relié à une  
ou plusieurs nervures parallèles (5) le long d'une  
15 direction de corde de ledites profils d'aile de puissance  
(1-1, 1-2, 1-3); et
  - au moins un desdits joints (2, 3) se compose de bords de  
tissu extérieurs (6, 7), reliés respectivement à une paire  
desdites nervures (5-1, 5-2) externes et à une paire de  
20 bords de tissu interne (8, 9), ledit joint (2,  
3) en convergent symétriquement par rapport à une corde  
(10) appartenant auxdits profils d'aile de puissance (1-1,  
1-2, 1-3).
2. Aile selon la Revendication 1, caractérisée en ce que chacun  
25 desdits profils d'aile de puissance (1-1, 1-2, 1-3) est  
composé d'au moins un claveau rigide, à savoir un claveau  
d'angle.
3. Aile selon la Revendication 1, caractérisée en ce que une  
30 configuration dans ladite forme plane non déformée  
correspond à un desdites joints articulés (2, 3) dans une  
position largement répandue, ledits bords de tissu interne  
(8, 9) en étant étirés et tangentes à ladite surface  
de l'aile (4).
4. Aile selon la Revendication 1, caractérisée en ce que une  
35 configuration de ladite forme d'arc correspond à un desdites  
joints articulés (2, 3) dans une position rétractée, ledits  
bords de tissu interne (8, 9) en étant pliées à l'intérieur  
dudit profil d'aile (1-1, 1-2, 1-3).

5. Aile selon la Revendication 1, caractérisée en ce que lesdits un ou plusieurs nervures (5) sont externes à la surface de l'aile (4), au fin d'effectuer une fonction d'exosquelette.
- 5 6. Aile selon la Revendication 1, caractérisée en ce que lesdits un ou plusieurs nervures (5) sont placés le long d'une surface concave de ladite surface de l'aile (4).
- 10 7. Aile selon la Revendication 1, caractérisée en ce que au moins deux extrémités terminales de lesdites profils d'aile de puissance (1-1, 1-3), et en particulier lesdits claveaux d'angle rigides qui composent lesdits profils, aux lesquelles des brides de contrôle de ladite aile sont reliés, sont munis d'une structure de renforcement apte à  
15 répartir les charges induites par lesdites brides au moins sur lesdits deux profils d'aile de puissance (1-1, 1-3).
8. Aile selon la Revendication 1, caractérisée en ce que ladite surface d'aile (4) est constituée d'un tissu revêtu de résines thermoplastiques ou thermodurcissables.
- 20 9. Aile selon la Revendication 1, caractérisée en ce que il présente une forme asymétrique.

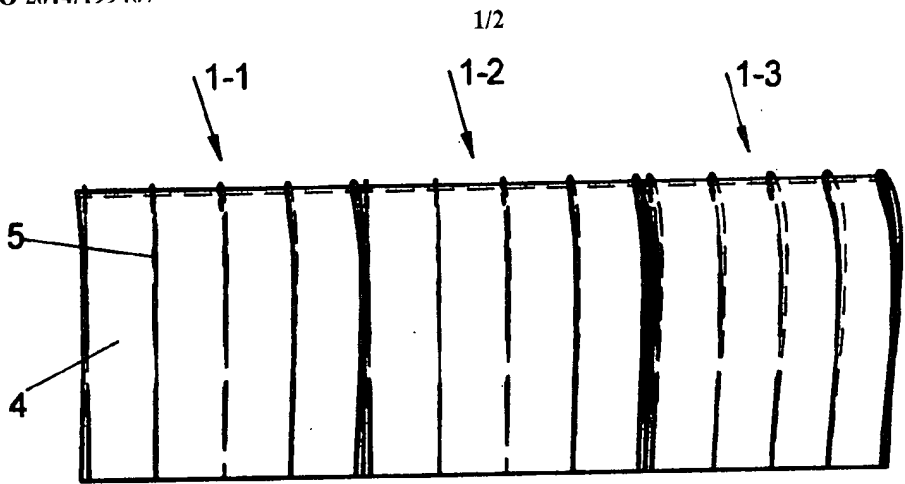


Fig. 2

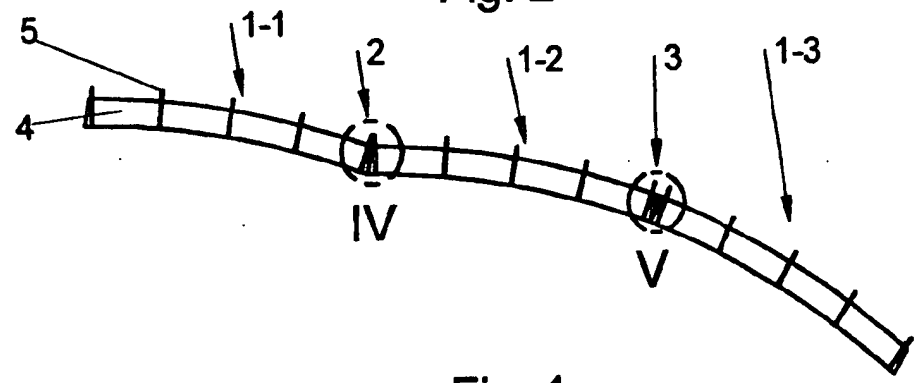


Fig. 1

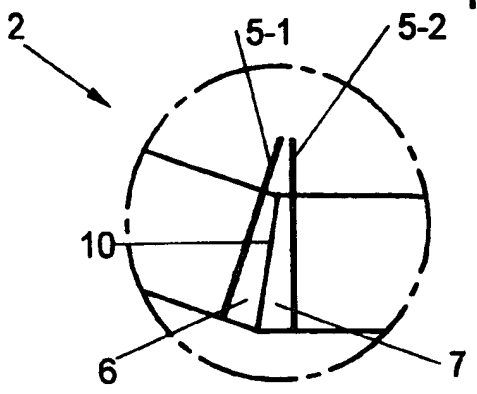


Fig. 4

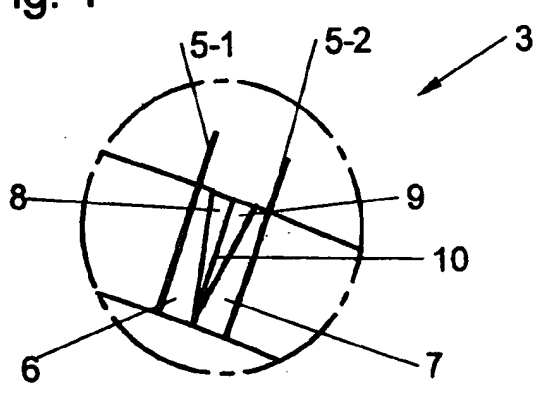


Fig. 5

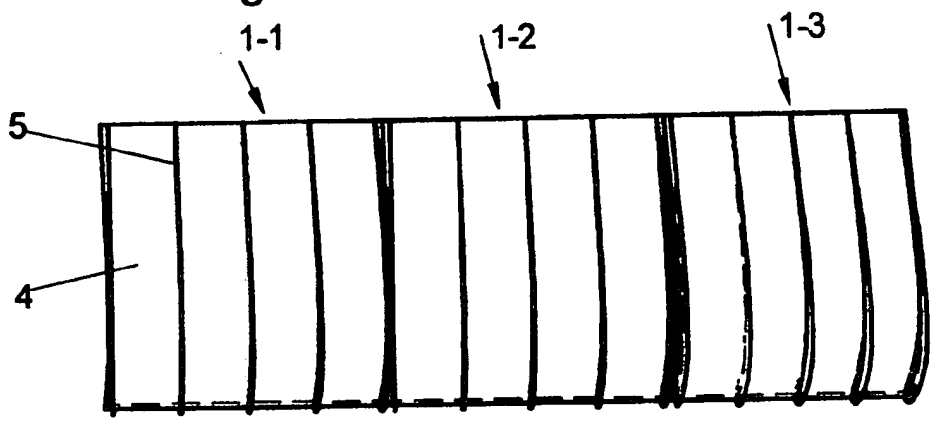


Fig. 3

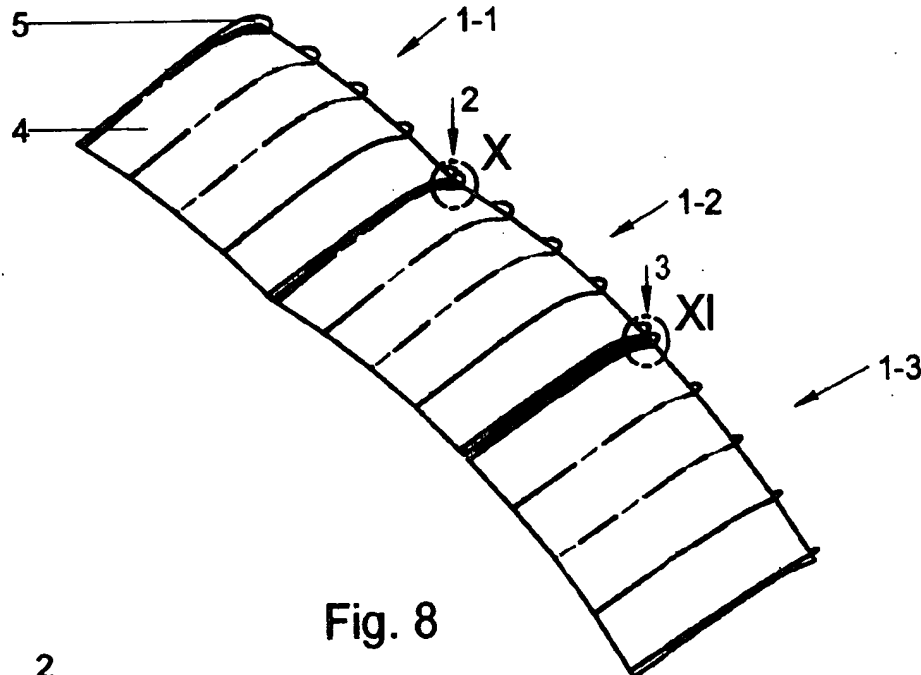


Fig. 8

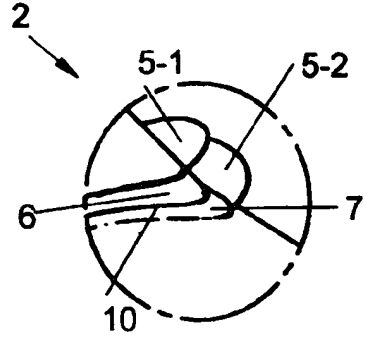


Fig. 10

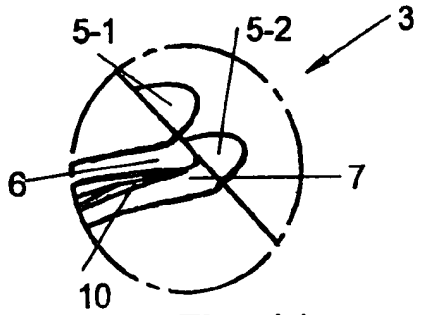


Fig. 11

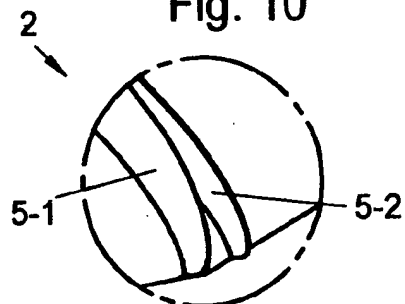


Fig. 12

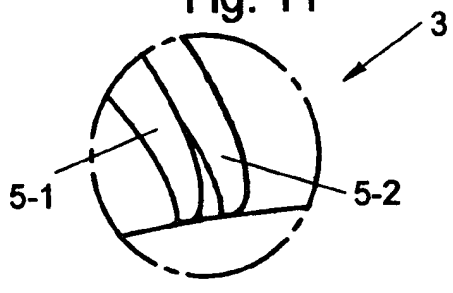


Fig. 13

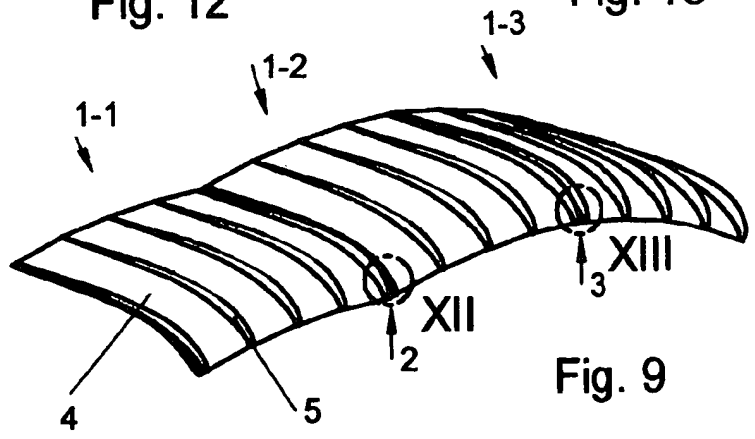


Fig. 9



**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION  
 SUR LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
 protection de la propriété industrielle telle que modifiée et  
 complétée par la loi 23-13*

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 38723	Date de dépôt : 05/06/2014
Déposant : KITE GEN RESEARCH S.R.L.	Date d'entrée en phase nationale : 28/12/2015
	Date de priorité: 12/06/2013
Intitulé de l'invention : COLLECTEUR D'ÉNERGIE ÉOLIENNE FORMANT VOILE	
<b>Classement de l'objet de la demande :</b>	
CIB : F 03D 5/00	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: M.TAHIRI	Date d'établissement du rapport : 28/04/2017
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
  - Revendications  
9
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
  - Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
  - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)

**Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 5: Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté (N)	Revendications 1-9 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-9 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-9 Revendications aucune	Oui Non



**1. Nouveauté (N) :**

Aucun des documents trouvés ne divulgue une aile avec un fonctionnement bimodal composé de bords de tissu extérieurs reliés respectivement à une paire de nervures telles que décrit dans la revendication 1.

Donc, l'objet de la revendication indépendante 1 et des revendications dépendante 2 à 9 est nouveau selon les dispositions de l'Article 26 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. Activité inventive (AI) :**

Le document D1 est considéré comme l'état de technique le plus proche à l'objet de la revendication 1. Cette dernière diffère en ce que l'aile est composé de bords de tissu extérieurs reliés respectivement à une paire de nervures. L'effet technique de cette différence réside dans le fait de permettre la transformation de l'aile d'une forme plane à une d'arc et inversement.

Le problème technique à résoudre est la conception d'une articulation d'aile à un fonctionnement bimodal.

L'homme de métier ne peut pas résoudre le problème posé, à partir de la conception de l'aile dans D1, sans faire preuve d'un esprit inventif. En effet, la forme des nervures n'est pas mentionnée explicitement dans le document D1 et l'introduction de cette caractéristique dans D1 n'est pas évidente.

Par conséquent, l'objet de la revendication indépendante 1 et des revendications dépendantes 2 à 9 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

**3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.