



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2012/08/13
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2013/03/07
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2014/03/03
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2012/051892
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2013/030489
(30) Priorité/Priority: 2011/09/04 (FR1157829)

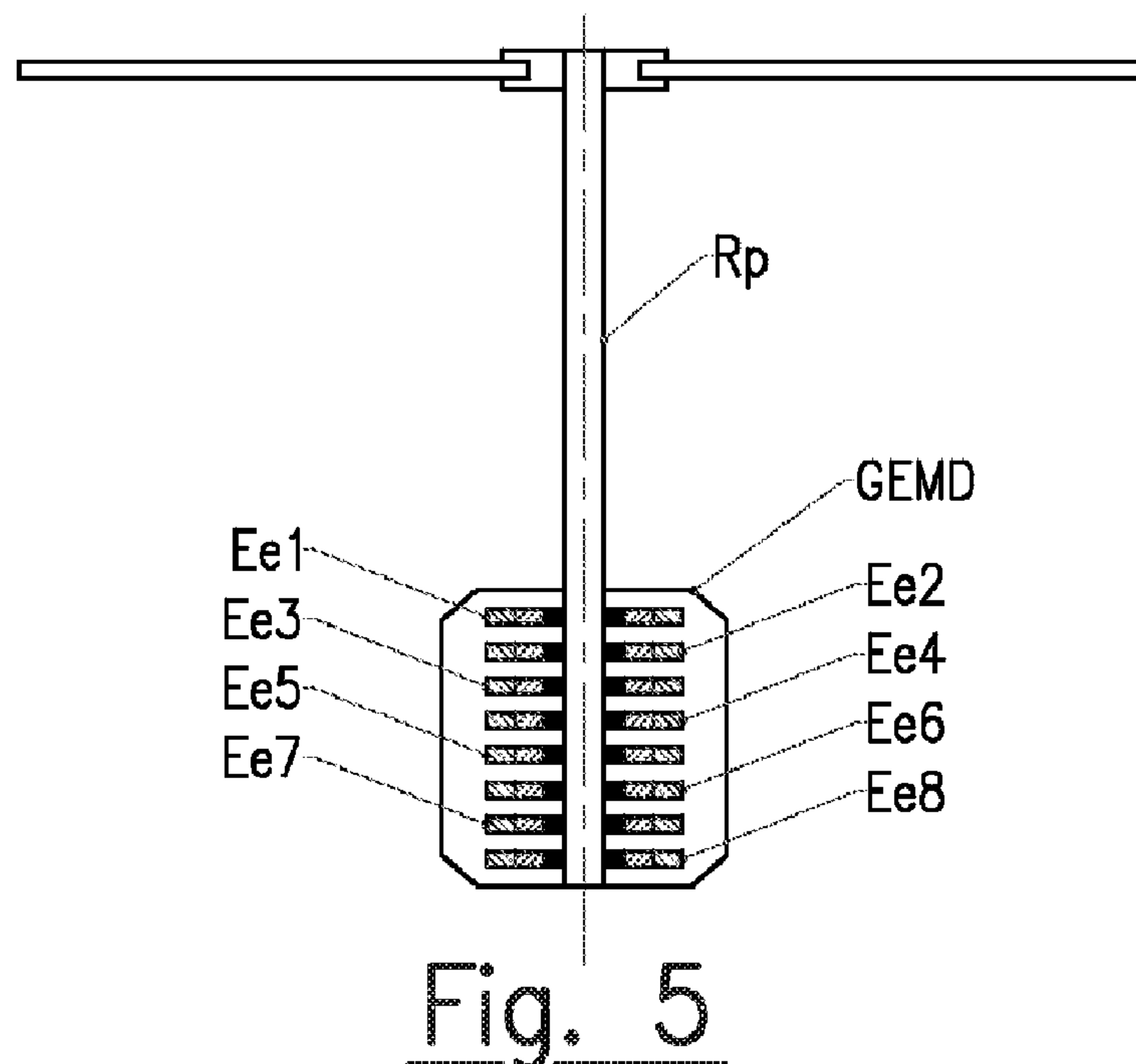
(51) Cl.Int./Int.Cl. *B64C 27/14* (2006.01),
B60K 6/383 (2007.10), *B64D 27/24* (2006.01),
B64D 35/08 (2006.01), *H02K 16/00* (2006.01)

(71) Demandeurs/Applicants:
CHANTRIAUX, ERIC, FR;
CHRETIEN, PASCAL, AU

(72) Inventeurs/Inventors:
CHANTRIAUX, ERIC, FR;
CHRETIEN, PASCAL, AU

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : AERONEF EQUIPE D'UN GROUPE ELECTROMOTEUR DISTRIBUE A ROUES LIBRES
(54) Title: AIRCRAFT COMPRISING A DISTRIBUTED ELECTRIC POWER UNIT WITH FREE WHEELS



(57) Abrégé/Abstract:

Aéronef à voilures tournantes ou fixes comportant un ou plusieurs rotors et/ou une ou plusieurs hélices, le ou les rotors et/ou la ou les hélices étant mis en rotation à vitesse variable ou constante par au moins un arbre (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), ledit aéronef



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

intégrant un groupe moteur (GEMD) configuré pour assurer la propulsion et/ou la sustentation dudit aéronef en mettant en rotation ledit arbre, se caractérisant par le fait que : • - le groupe moteur (GEMD) est un groupe électromoteur distribué composé de plusieurs éléments électromoteurs (Eel, Ee2, Een) empilés, chaque élément étant adapté pour produire, sur l'arbre de rotation (Rpl, Rp2, Rp, RAC, H), une fraction de la puissance totale nécessaire à la propulsion et/ou à la sustentation dudit aéronef, • - le groupe électromoteur distribué (GEMD) est en prise directe avec l'arbre de rotation (Rpl, Rp2, Rp, RAC, H), aucun mécanisme de transmission de mouvement n'étant interposé entre ledit groupe et ledit arbre, • - chaque élément électromoteur (Eel, Ee2, Een) est connecté directement à l'arbre de rotation (Rpl, Rp2, Rp, RAC, H) et comporte au moins un stator fixe (St), au moins un rotor mobile (Rt) et au moins une roue libre (RI) mécanique ou électromagnétique en prise directe avec ledit arbre de rotation, ledit rotor mobile (Rt) coopérant avec ladite roue libre (RI) de manière à s'accoupler audit arbre de rotation en cas de fonctionnement normal de l'élément électromoteur (Eel, Ee2, Een) et se désaccoupler dudit arbre en cas de panne dudit élément électromoteur, • - les axes de rotation des rotors mobiles (Rt), des roues libres (RI) et de l'arbre de rotation (Rpl, Rp2, Rp, RAC, H) sont coaxiaux.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2013/030489 A3(43) Date de la publication internationale
7 mars 2013 (07.03.2013)

(51) Classification internationale des brevets :

B64C 27/14 (2006.01) *B60K 6/383* (2007.10)
B64D 35/08 (2006.01) *B64D 27/24* (2006.01)
H02K 16/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2012/051892

(22) Date de dépôt international :

13 août 2012 (13.08.2012)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1157829 4 septembre 2011 (04.09.2011) FR

(72) Inventeurs; et

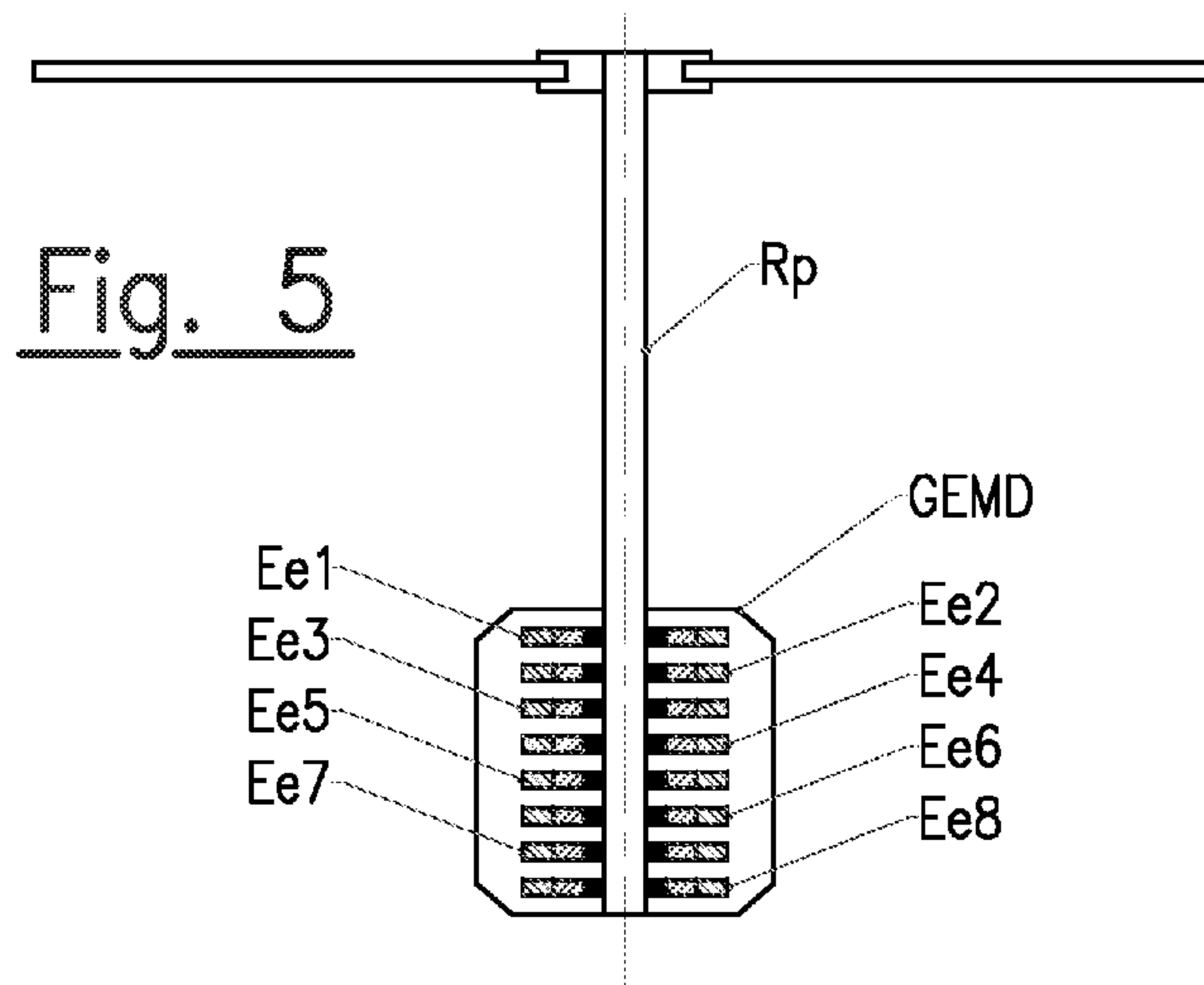
(71) **Déposants** : **CHANTRIAUX, Eric** [FR/FR]; 532, Chemin de la Rose, F-13100 Aix-en-Provence (FR). **CHRETIEN, Pascal** [FR/AU]; PO Box 1108, Oxley, QLD 4075 (AU).

(74) **Mandataire** : **ROMAN, Alexis**; Cabinet ROMAN, 35, Rue Paradis, BP 30064, F-13484 Marseille Cedex 20 (FR).

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : AIRCRAFT COMPRISING A DISTRIBUTED ELECTRIC POWER UNIT WITH FREE WHEELS(54) **Titre** : AÉRONEF ÉQUIPÉ D'UN GROUPE ÉLECTROMOTEUR DISTRIBUÉ À ROUES LIBRES

(57) **Abstract** : The invention relates to a rotary- or fixed-wing aircraft comprising one or more rotors and/or one or more propellers, in which the rotor(s) and/or propeller(s) are rotated at a variable or constant speed by at least one shaft (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), and the aircraft includes a power unit (GEMD) configured to propel and/or lift the aircraft by rotating the shaft. The aircraft is characterized in that: the power unit (GEMD) is a distributed electric power unit formed by multiple stacked electric power elements (Ee1, Ee2, Ee3, Ee4, Ee5, Ee6, Ee7, Ee8), each element being adapted to confer, on the rotation shaft (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), a fraction of the total power necessary in order to propel and/or lift the aircraft; the distributed electric power unit (GEMD) is in direct engagement with the rotation shaft (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), with no movement transmission mechanism being inserted between the unit and the shaft; each electric power element (Ee1, Ee2, Ee3, Ee4, Ee5, Ee6, Ee7, Ee8) is directly connected to the rotation shaft (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H) and comprises at least one fixed stator (St), at least one moving rotor (Rt) and at least one mechanical or electromagnetic free wheel (RI) in direct engagement with the rotation shaft, said moving rotor (Rt) co-operating with the free wheel (RI) such as to be coupled to the rotation shaft during normal operation of the electric power unit (Ee1, Ee2, Ee3, Ee4, Ee5, Ee6, Ee7, Ee8) and to be disconnected from the shaft in the event of the failure of the electric power element; and the rotation shafts of the moving rotors (Rt), the free wheels (RI) and the rotation shaft (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H) are coaxial.

(57) **Abrégé** :

[Suite sur la page suivante]

WO 2013/030489 A3

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale :

30 mai 2013

Aéronef à voilures tournantes ou fixes comportant un ou plusieurs rotors et/ou une ou plusieurs hélices, le ou les rotors et/ou la ou les hélices étant mis en rotation à vitesse variable ou constante par au moins un arbre (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), ledit aéronef intégrant un groupe moteur (GEMD) configuré pour assurer la propulsion et/ou la sustentation dudit aéronef en mettant en rotation ledit arbre, se caractérisant par le fait que : • - le groupe moteur (GEMD) est un groupe électromoteur distribué composé de plusieurs éléments électromoteurs (Eel, Ee2, Een) empilés, chaque élément étant adapté pour produire, sur l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), une fraction de la puissance totale nécessaire à la propulsion et/ou à la sustentation dudit aéronef, • - le groupe électromoteur distribué (GEMD) est en prise directe avec l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), aucun mécanisme de transmission de mouvement n'étant interposé entre ledit groupe et ledit arbre, • - chaque élément électromoteur (Eel, Ee2, Een) est connecté directement à l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H) et comporte au moins un stator fixe (St), au moins un rotor mobile (Rt) et au moins une roue libre (RI) mécanique ou électromagnétique en prise directe avec ledit arbre de rotation, ledit rotor mobile (Rt) coopérant avec ladite roue libre (RI) de manière à s'accoupler audit arbre de rotation en cas de fonctionnement normal de l'élément électromoteur (Eel, Ee2, Een) et se désaccoupler dudit arbre en cas de panne dudit élément électromoteur, • - les axes de rotation des rotors mobiles (Rt), des roues libres (RI) et de l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H) sont coaxiaux.

- 1 -

AERONEF EQUIPE D'UN GROUPE ELECTROMOTEUR DISTRIBUE A ROUES LIBRES

5

Description

Domaine technique de l'invention.

10

L'invention a pour objet un aéronef à voilure tournante ou fixe équipé d'un groupe électromoteur distribué composé d'un empilement d'éléments électromoteurs produisant chacun une fraction de la puissance totale nécessaire pour la mise en rotation d'un arbre, chaque dit élément électromoteur intégrant une roue libre.

15

L'invention concerne le domaine technique des transmissions électromagnétiques de puissance appliquées aux aéronefs à voilures fixes (avions) ou tournantes (hélicoptères), pilotés ou non (par exemple : drones).

20

État de la technique.

25

Généralement, les systèmes de propulsion classiques pour aéronefs comportent : un moteur thermique ou turbomoteurs, ou turboréacteurs double flux, et un réducteur mécanique à base d'engrenages couplé à l'arbre du rotor. Les réducteurs à base d'engrenages sont actuellement utilisés :

- sur hélicoptères, pour transmettre le couple mécanique produit par le ou les moteurs ou turbomoteurs actionnant le ou les rotors (principaux et/ou arrière). On passe ainsi d'une vitesse de rotation élevée (typiquement 30.000 tours/min pour

- 2 -

une turbine) à une faible vitesse sur l'arbre rotor (comprise entre 500 et 300 tours/minute pour les hélicoptères usuels).

- sur avions, les moteurs ou turbomoteurs entraînent des hélices (ou rotors).

Il est à noter que les boîtes de transmissions mécaniques montées sur les machines modernes sont supposées tenir 30 minutes de vol sans lubrification en cas de rupture du carter, à condition de voler à puissance réduite, ce qui implique dans le meilleur des cas l'annulation de la mission, et dans des cas malheureusement fréquents la perte de la machine et équipages suite à la désintégration prématurée en vol des ensembles mécaniques. Sur un terrain d'opérations la résilience aux impacts balistiques est fondamentale. En résumé, dans le cas où le réducteur mécanique est défectueux, l'aéronef et l'équipage peuvent être perdus. Les conséquences sont donc, en général, dramatiques.

On connaît par le document brevet CA 2.230.270 (MARTEL) un arbre multi-motorisé permettant d'utiliser plusieurs moteurs sur un même aéronef. Chaque moteur est capable de produire la totalité de la puissance totale nécessaire à la propulsion de l'aéronef. Ce dispositif permet, en cas de panne d'un des moteurs, d'utiliser le moteur restant. Toutefois, l'arbre de sortie de chaque moteur est décalé de l'arbre de l'hélice, un système complexe de poulies et d'embrayages assurant le transfert d'énergie. Non seulement ce système de propulsion nécessite un encombrement relativement important puisque l'ensemble moteur est surdimensionné de part la redondance envisagée, mais il n'offre pas une sécurité optimale dans le cas où les poulies et les embrayages seraient défectueux.

Le document brevet KR 2004.0018612 (KOREA AEROSPACE) décrit un système de propulsion permettant d'améliorer la réactivité de l'appareil en détectant rapidement et précisément l'état dudit système avec un contrôleur de propulsion. Ce système comprend : un groupe générateur d'énergie ; une génératrice ; un ensemble de batteries ; deux moteurs électriques pilotés par un driver. Les moteurs électriques ne sont pas dans une architecture distribuée où chacun produit une fraction de la puissance totale nécessaire à la propulsion de

- 3 -

l'avion, chacun desdits moteurs étant totalement indépendant. Ici encore, ce système de propulsion n'offre pas une sécurité optimale dans le cas où l'un des moteurs serait défectueux.

5 Le document brevet US 2009/0145998 (SALYER) décrit un système de propulsion hybride pour aéronefs et notamment pour hélicoptères. Ce système comprend : un groupe générateur d'énergie ; une génératrice ; un moteur électrique dont le rotor est coaxial au rotor principal de l'hélicoptère ; un ensemble de batteries pouvant servir seules à alimenter le moteur électrique. Dans le cas
10 où le moteur électrique venait à être défectueux, la sécurité de l'aéronef ne serait plus convenablement assurée.

 Le document brevet US 5.054.716 (WILSON) décrit un système de propulsion pour aéronefs de type « tiltrotor ». Un unique moteur est associé à
15 chacun des rotors. Un mécanisme de transmission permet de connecter les rotors entre eux de sorte que si l'un des moteurs est défaillant, le moteur restant puisse transmettre l'énergie mécanique aux deux rotors. Toutefois, si le mécanisme de transmission venait à être défaillant, la sécurité de l'aéronef ne serait plus assurée.

20 Le document DE 10 2008 014404 (SWISS UAV GMBH) divulgue un aéronef sans pilote humain comportant une motorisation de conception hybride. Un moteur à combustion interne entraîne un alternateur générant un courant électrique. Ce dernier alimente un moteur électrique assurant la motorisation
25 primaire et/ou des batteries tampon. Le moteur électrique peut également être alimenté par le courant fourni par les batteries tampon. Un mécanisme de transmission composé d'un embrayage et d'une unité de renvoi d'angle à 90° est interposé entre l'arbre du moteur électrique et l'arbre de rotation du rotor. Si ce mécanisme de transmission venait à être défaillant, la sécurité de l'aéronef ne
30 serait plus assurée.

- 4 -

Le document DE 20 2008 002249 U1 (DILL HANS DIETER) divulgue également un aéronef comportant une motorisation de conception hybride (moteur électrique et moteur à combustion interne). Un mécanisme de transmission composé de roues dentées est interposé entre l'arbre du moteur électrique et l'arbre de rotation du rotor. Si ce système de transmission venait à être défaillant, la sécurité de l'aéronef ne serait plus assurée.

Face à cet état des choses, l'objectif principal de l'invention est d'augmenter la fiabilité de l'ensemble transmission, tout en diminuant de façon significative l'encombrement, la masse et les coûts d'entretien.

Divulcation de l'invention.

La solution proposée par l'invention est un aéronef à voilures tournantes ou fixes comportant un ou plusieurs rotors et/ou une ou plusieurs hélices, le ou les rotors et/ou la ou les hélices étant mis en rotation à vitesse variable ou constante par au moins un arbre, ledit aéronef intégrant un groupe moteur configuré pour assurer la propulsion et/ou la sustentation dudit aéronef en mettant en rotation ledit arbre.

Cet aéronef est remarquable en ce que :

- le groupe moteur comporte le groupe moteur est un groupe électromoteur distribué composé de plusieurs éléments électromoteurs empilés, chaque élément étant adapté pour produire, sur l'arbre de rotation, une fraction de la puissance totale nécessaire à la propulsion et/ou à la sustentation dudit aéronef,

- le groupe électromoteur distribué est en prise directe avec l'arbre de rotation, aucun mécanisme de transmission de mouvement n'étant interposé entre ledit groupe et ledit arbre,

- chaque élément électromoteur est connecté directement à l'arbre de rotation et comporte au moins un stator fixe, au moins un rotor mobile et au moins une roue libre mécanique ou électromagnétique en prise directe avec ledit arbre

- 5 -

de rotation, ledit rotor mobile coopérant avec ladite roue libre de manière à s'accoupler audit arbre de rotation en cas de fonctionnement normal de l'élément électromoteur et se désaccoupler dudit arbre en cas de panne dudit élément électromoteur,

- 5 - les axes de rotation des rotors mobiles, des roues libres et de l'arbre de rotation sont coaxiaux.

Etant donné que le groupe électromoteur distribué est en prise directe avec l'arbre de rotation, les mécanismes de transmission utilisés jusqu'à ce jour sont complètement éliminés, réduisant de fait l'encombrement par rapport aux groupes
10 moteurs connus de l'art antérieur et augmentant considérablement la fiabilité de la chaîne de transmission. En outre, l'architecture empilée des éléments électromoteurs associée à l'intégration judicieuse de roues libres à l'intérieur même desdits éléments permet, en cas d'avarie sur l'un desdits éléments, de continuer à transmettre en toute sécurité une puissance suffisante à l'arbre de
15 rotation. Sur un terrain d'opérations la résilience aux impacts balistiques est fondamentale, et l'invention offre cette amélioration.

Dans le but de réduire l'avantage l'encombrement de chaque élément électromoteur, chaque roue libre se situe préférentiellement dans le même plan
20 que le rotor mobile auquel elle est associée.

Les roues libres sont avantageusement réglées de manière à synchroniser angulairement l'ensemble des rotors mobiles des éléments électromoteurs lors de la mise en puissance du groupe électromoteur.

25

Les éléments électromoteurs sont préférentiellement séparés et isolés physiquement les uns des autres, chaque élément électromoteur étant inséré dans un caisson dédié.

- 6 -

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, l'empilement des éléments électromoteurs comporte un nombre de stators fixes différent ou égal au nombre de rotors mobiles.

5 Une unité de gestion électronique est avantageusement associée à un moyen pour contrôler en continu l'intégrité de chaque élément électromoteur. Et si un ou plusieurs éléments électromoteurs sont défectueux, l'unité de gestion électronique est préférentiellement configurée pour émettre une consigne permettant de :

10 - reconfigurer en temps réel l'ensemble des éléments électromoteurs en ajoutant, si nécessaire, un ou plusieurs éléments électromoteurs de réserve,
- ou reconfigurer en temps réel la puissance délivrée par chaque élément électromoteur valide de sorte que le groupe électromoteur distribué continu à transmettre une puissance suffisante à l'arbre de rotation.

15 De manière avantageuse, l'aéronef comporte :

- un groupe générateur d'énergie destiné à produire une énergie électrique, ledit groupe étant associé à un moyen pour distribuer ladite énergie,
- un moyen pour stocker l'énergie électrique produite par le groupe
20 générateur,
- le groupe électromoteur distribué étant alimenté en énergie électrique à travers un contrôleur de puissance :

- par le moyen de stockage de l'énergie électrique,
- et/ou par le groupe générateur.

25 Le moyen de stockage de l'énergie électrique peut être avantageusement composé d'un ensemble de batteries et/ou de super-condensateurs.

30 Le groupe générateur d'énergie électrique est préférentiellement composé d'un générateur thermochimique ou d'un générateur thermoélectrique ou d'un générateur radio isotopique ou de piles à combustibles, ou d'un turbomoteur ou

- 7 -

d'un moteur à combustion interne muni d'une génératrice interne linéaire ou rotative, ou actionnant une génératrice externe.

5 Une unité de gestion électronique est avantageusement configurée pour gérer le point de fonctionnement du groupe électromoteur distribué en fonction de la demande de puissance dudit aéronef.

10 L'aéronef peut comporter une unité de gestion électronique configurée pour gérer l'alimentation du groupe électromoteur distribué, ladite unité intégrant un programme comportant :

- des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué uniquement par l'énergie électrique produite par le groupe générateur,
- des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué uniquement par l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage,
- 15 - des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué en combinant l'énergie électrique produite par le groupe générateur à l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage.

20 Selon encore une autre caractéristique avantageuse de l'invention, l'aéronef peut comporter :

- un moyen pour contrôler l'état de fonctionnement du groupe générateur,
- une unité de gestion électronique configurée pour gérer l'alimentation du groupe électromoteur distribué, ladite unité intégrant un programme comportant des instructions pour alimenter ledit groupe électromoteur uniquement
- 25 par l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage, dans le cas où le groupe générateur est défaillant.

30 L'aéronef peut également comporter une unité de gestion électronique configurée pour gérer l'alimentation du groupe électromoteur distribuée, ladite unité intégrant un programme comportant des instructions pour alimenter ledit groupe électromoteur uniquement par l'énergie électrique stockée dans le moyen

- 8 -

de stockage, et éventuellement des instructions pour simultanément arrêter le fonctionnement du groupe générateur. Ceci est particulièrement avantageux pour supprimer toute signature infrarouge de l'aéronef.

5

Description des figures.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description d'un mode de réalisation préféré qui va suivre, en
10 référence aux dessins annexés, réalisés à titre d'exemples indicatifs et non limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 schématise l'agencement du dispositif de propulsion conforme à l'invention pour une propulsion distribuée sur un hélicoptère à rotors coaxiaux,

- la figure 2 schématise l'agencement de deux dispositifs de propulsion
15 conformes à l'invention pour une propulsion distribuée sur le rotor principal et sur le rotor anti-couple d'un hélicoptère conventionnel,

- la figure 3 est une vue en coupe selon A-A montrant l'agencement du groupe électromoteur distribué au niveau du rotor anti-couple de l'hélicoptère de la figure 2,

- la figure 4 schématise l'agencement du dispositif de propulsion conforme à
20 l'invention pour une propulsion distribuée sur un aéronef à voilure fixe,

- la figure 5 schématise la connexion du groupe électromoteur distribué conforme à l'invention sur le rotor principal d'un hélicoptère conventionnel,

- la figure 6 est une vue agrandie de la figure 5 détaillant une architecture
25 d'un élément électromoteur conforme à l'invention,

- la figure 7 est une vue agrandie de la figure 5 détaillant une autre architecture d'un élément électromoteur conforme à l'invention.

Sur les figures, les doubles flèches représentent la puissance et les flèches
30 simples, les données (data) échangées.

Modes de réalisation de l'invention.

Le dispositif de propulsion conforme à l'invention s'applique principalement
5 à la propulsion électrique distribuée redondante, appliquée aux aéronefs à voilures tournantes (hélicoptères) ou fixes (avions), pilotés ou non (drones), comportant une ou plusieurs hélices et/ou un ou plusieurs rotors mis en rotation par au moins un arbre.

10 Selon l'invention, un groupe moteur GEMD met en rotation à vitesse variable ou constante au moins un arbre rotor. Dans l'exemple de la figure 1, le groupe moteur GEMD met en rotation deux rotors coaxiaux Rp1, Rp2 d'un hélicoptère. Dans l'exemple des figures 2 et 3, un groupe moteur GEMD1 met en rotation le rotor principal Rp d'un hélicoptère et un autre groupe moteur GEMD2
15 met en rotation le Rotor de queue Anti-Couple (RAC). Dans l'exemple de la figure 4, le groupe moteur GEMD met en rotation des arbres sur lesquels sont montées des hélices coaxiales H.

Conformément à l'invention, le groupe moteur GEMD est un groupe
20 électromoteur distribué, c'est-à-dire comportant plusieurs éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., Een unitaires, capables, chacun, de produire une fraction de la puissance totale nécessaire à la mise en rotation de l'arbre Rp1, Rp2, Rp, RAC, H. Par « élément électromoteur », on entend au sens de la présente invention, une entité capable de transformer une énergie électrique en une énergie
25 mécanique. Il s'agit par exemple de moteur électrique intégrant dans sa structure une partie fixe (stator) et une partie mobile (rotor+roue libre). En pratique, les stators comprennent des bobinages et les rotors plusieurs pôles magnétiques. Pour optimiser l'encombrement et la masse du groupe électromoteur distribué GEMD, le nombre de parties fixes (stator) peut être différent ou égal au nombre de
30 parties mobiles (rotor+roue libre). Le groupe électromoteur distribué GEMD pour rotors ou hélices coaxiales tels que montré sur les figures 1 et 4, peut par exemple

- 10 -

être constitué d'éléments électromoteurs partageant chacun des stators communs et deux rotors avec sorties sur arbres coaxiaux.

Les éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., E_n sont empilés en parallèles les uns au-dessus des autres (figures 1 et 2) ou les uns à côtés des autres (figures 3 et 4) de manière à obtenir un ensemble multi-étages. En se rapportant plus particulièrement à la figure 5, ces éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., E_n sont directement intégrés dans la structure du groupe électromoteur GEMD. Ce dernier est en prise directe avec l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H, aucun mécanisme de transmission de mouvement, et notamment toute forme de renvoi d'angle ou d'engrenage, n'étant interposé entre ledit groupe et ledit arbre.

En se rapportant aux figures 5 à 7, chaque élément électromoteur Ee1, Ee2, ..., E_n est connecté directement à l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H et comporte au moins un stator fixe St et au moins un rotor mobile Rt apte à s'accoupler audit arbre de rotation pour lui transmettre une puissance mécanique. Chaque élément électromoteur Ee1, Ee2, ..., E_n intègre préférentiellement au moins une roue libre RI mécanique ou électromagnétique. Cette dernière est avantageusement directement intégrée dans la structure des éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., E_n. Les roues libres RI ne sont donc pas disposées en dehors du groupe électromoteur distribué GEMD mais directement intégrées dans ce dernier, réduisant de fait son encombrement.

Chaque roue libre RI comporte une partie en prise directe avec le rotor mobile Rt et une partie en prise directe avec l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H. Dans le cas de roue libre mécanique, des cliquets, des éléments roulants ou des cames permettent d'interrompre momentanément l'entraînement en rotation de l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H qui peut néanmoins continuer de tourner librement. Une roue libre électromagnétique consiste en un moteur à induction qui, en l'absence d'excitation électrique, permet d'interrompre l'entraînement en rotation de l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H tout en lui laissant une possibilité de tourner librement.

- 11 -

En fonctionnement normal, chaque rotor mobile Rt est ainsi susceptible de coopérer avec une roue libre RI de manière à s'accoupler à l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H pour lui transmettre la puissance mécanique. Par contre, en cas de panne d'un élément électromoteur Ee1, Ee2, ..., Een, la roue libre RI désaccouple le rotor Rt de l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H. Cela est particulièrement avantageux dans le cas d'un court circuit dans un bobinage du stator Rt susceptible de provoquer un très violent freinage inductif du rotor.

Les roues libres RI peuvent être situées dans le même plan P que le rotor mobile Rt auquel elles sont associées (figure 6) ou situées dans un autre plan P1, parallèle au plan P2 dudit rotor (figure 7). Dans le premier cas, l'encombrement longitudinal du groupe électromoteur GEMD est réduit. Dans le second cas, c'est l'encombrement radial du groupe électromoteur GEMD qui est diminué.

Dans les figures annexées, le groupe électromoteur distribué GEMD est composé de huit éléments électromoteurs (n=8), mais un nombre supérieur ou inférieur peut être prévu en fonction de la puissance totale qui doit être développée et/ou en fonction de la puissance unitaire de chaque élément. La puissance totale générée peut varier de quelque Kilos Watt (par exemple pour la mise en rotation d'un rotor de queue) à plusieurs milliers de Kilos Watt (par exemple pour la mise en rotation du système de propulsion à hélices et/ou rotors coaxiaux d'un avion).

Pour éviter tout surdimensionnement du groupe électromoteur GEMD qui augmenterait de manière nuisible la masse embarquée dans l'aéronef, les éléments électromoteurs ne peuvent en aucun cas fournir seuls la puissance nécessaire à la propulsion et/ou à la sustentation dudit aéronef. Au contraire, chaque élément électromoteur Ee1, Ee2, ..., Een, produit, sur l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H, une puissance mécanique, de sorte que :

$$Pr = \sum_{i=1}^n Ki \cdot Pim$$

où :

- 12 -

- P_r représente la puissance mécanique nominale nécessaire à la propulsion et/ou à la sustentation dudit aéronef,
- P_{im} représente la puissance mécanique maximale délivrable par l'élément électromoteur de rang i , sur l'arbre de rotation $Rp1$, $Rp2$, Rp , RAC, H, telle que $P_{im} < P_r$,
- K_i représente le détarage de puissance de l'élément électromoteur de rang i , telle que $0 \leq k_i \leq 1$, K_i étant une variable ajustable en fonction du nombre d'éléments électromoteurs valide et/ou en fonction de la puissance mécanique nominale P_r nécessaire à la propulsion et/ou à la sustentation dudit aéronef à un instant t ,
- n représente le nombre d'éléments électromoteurs valides composant le groupe électromoteur GEMD, tel que $n \geq 2$, et préférentiellement tel $n=5$, les vibrations étant fortement limitées dans le groupe électromoteur pour ce nombre d'élément électromoteur.

15

Plus particulièrement, les éléments électromoteurs $Ee1$, $Ee2$, ..., Een , sont dimensionnés de sorte que le nombre minimal « N_{min} » desdits éléments pouvant délivrer ensembles la puissance mécanique nominale P_r nécessaire à la propulsion et/ou à la sustentation dudit aéronef est telle que $N_{min} \geq 2$. Un élément électromoteur seul est donc incapable de fournir la puissance mécanique nominale P_r , de manière à respecter les contraintes de masse et de puissances exigées par un aéronef.

20

Tout ou partie des éléments électromoteurs $Ee1$, $Ee2$, ..., Een , peuvent être dimensionnés pour délivrer chacun une puissance mécanique maximale P_{im} différente sur l'arbre de rotation $Rp1$, $Rp2$, Rp , RAC, H. Il est par exemple possible d'agencer à une extrémité du groupe électromoteur GEMD, les éléments électromoteurs capables de délivrer les puissances mécaniques les plus élevées, et d'agencer à l'autre extrémité, les éléments électromoteurs délivrant les puissances mécaniques les plus basses. Cette configuration « conique » assure un meilleur refroidissement des éléments électromoteurs $Ee1$, $Ee2$, ..., Een . Dans

25

30

- 13 -

ce cas, les facteurs de détarage K_i sont différents pour chacun des éléments électromoteurs $Ee1, Ee2, \dots, Ee_n$.

Tous les éléments électromoteurs peuvent toutefois être dimensionnés pour délivrer chacun une puissance mécanique maximale P_{im} identique sur l'arbre de rotation $Rp1, Rp2, Rp, RAC, H$. On obtient alors une configuration « cylindrique » dans laquelle la répartition des puissances mécaniques est homogène sur l'axe de rotation $Rp1, Rp2, Rp, RAC, H$. Dans ce cas, les facteurs de détarage K_i sont identiques pour chacun desdits éléments électromoteurs.

La puissance maximale PM pouvant être développée sur l'arbre de rotation $Rp1, Rp2, Rp, RAC, H$ est :

$$PM = \sum_{i=1}^n P_{im}$$

La marge de puissance $P_f (>1)$ s'exprime de la forme :

$$P_f = \frac{P_{1m} + P_{2m} + P_{3m} + P_{4m} + \dots + P_{nm}}{k_1 \cdot P_{1m} + k_2 \cdot P_{2m} + k_3 \cdot P_{3m} + k_4 \cdot P_{4m} + \dots + k_n \cdot P_{nm}}$$

Pour le cas particulier où tous les éléments électromoteurs $Ee1, Ee2, \dots, Ee_n$ sont identiques, étant donné que $K1=K2=\dots=Kn=K$

Il vient :
$$P_f = \frac{1}{k}$$

Le nombre maximum « N_m » d'éléments électromoteurs $Ee1, Ee2, \dots, Ee_n$ pouvant tomber en panne sans diminution de la puissance nominale P_r sur l'arbre de rotation $Rp1, Rp2, Rp, RAC, H$ est :

$$N_m = \frac{(P_{1m} + P_{2m} + P_{3m} + P_{4m} + \dots + P_{nm}) - k \cdot (P_{1m} + P_{2m} + P_{3m} + P_{4m} + \dots + P_{nm})}{P_{nm}} \\ = \frac{P_r \cdot (P_f - 1)}{P_{nm}}$$

Où N_m est un entier naturel non nul.

- 14 -

Les éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., Een, peuvent être séparés et isolés physiquement (ségrégations mécaniques) et/ou séparés et isolés électriquement (ségrégation électrique) les uns des autres. Pour une ségrégation mécanique, chaque élément électromoteur peut par exemple être inséré dans un caisson dédié (ou boîte ou « casing » en anglais). Pour une ségrégation électrique, on peut par exemple prévoir un ou plusieurs bobinages distincts sur le même noyau ferromagnétique. Ce type de ségrégation offre par exemple au groupe électromoteur distribué GEMD une résilience certaine aux effets des dommages subséquents des feux pouvant affecter un élément électromoteur.

Le groupe électromoteur distribué GEMD est géré par une unité de gestion électronique UG. Cette dernière consiste en une électronique plus ou moins complexe, typiquement équipée d'un ou plusieurs processeurs digitaux ou analogiques configurés pour exécuter un ou plusieurs programmes, sous-programmes, microprogrammes ou tous autres types de software équivalents, afin de gérer le fonctionnement du groupe électromoteur distribué GEMD, et de manière plus générale celui du dispositif objet de l'invention. En particulier, l'unité de gestion UG permet de synchroniser entre eux les éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., Een.

L'unité de gestion UG est préférentiellement associée à un moyen pour contrôler en continu l'intégrité de chaque élément électromoteur Ee1, Ee2, ..., Een. Le moyen de contrôle peut par exemple consister en un ensemble de capteurs intégrés de manière intrinsèque dans chaque élément électromoteur et par exemple configurés pour détecter la rotation et l'angle du rotor, l'alimentation électrique du stator, le couple et/ou la puissance générée, etc. Si un ou plusieurs éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., Een initialement actifs venaient à être défectueux, l'unité de gestion UG est alors configurée pour émettre une consigne permettant de reconfigurer en temps réel la puissance fournie par l'ensemble desdits éléments. Par exemple, en fonctionnement normal, une partie seulement des éléments électromoteurs (par ex : Ee1 à Ee6) peut suffire à transmettre la

- 15 -

puissance nécessaire à l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H. En cas de défection d'éléments électromoteurs (par ex : Ee5 et Ee6), l'unité de gestion UG met instantanément en service d'autres éléments électromoteurs de réserves (par ex : Ee7 et Ee8) pour que le groupe électromoteur distribué GEMD puisse continuer à transmettre une puissance suffisante à l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H.

D'une manière préférée, si un ou plusieurs éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., EeN initialement actifs venaient à être défectueux, l'unité de gestion UG est configurée pour émettre, à destination des autres éléments électromoteurs valides, une consigne permettant de reconfigurer linéairement, en temps réel, la puissance délivrée par chacun desdits éléments électromoteurs valides, en modifiant la variable « Ki », de sorte que le groupe électromoteur distribué GEMD continue à transmettre une puissance suffisante à l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H. Par exemple, en fonctionnement normal, l'ensemble des éléments électromoteurs (par ex : Ee1 à Ee8) fournissent chacun une fraction de leur puissance maximale de façon à ce que le groupe électromoteur distribué transmette une puissance nominale à l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H. En cas de défection d'éléments électromoteurs (par ex : Ee5 et Ee6), l'unité de gestion UG reconfigure la puissance délivrée par chaque élément électromoteur encore valide (par ex : Ee1, Ee2, Ee3, Ee4, Ee7 et Ee8) en augmentant la valeur de détarage Ki, pour que le groupe électromoteur distribué GEMD puisse continuer à transmettre une puissance suffisante à l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H. Dans le cas où huit éléments électromoteurs sont initialement mis en services et que deux éléments électromoteurs deviennent défectueux, les six éléments électromoteurs encore valides délivreront 1.33 fois la puissance qu'ils fournissaient avant la panne.

Il est par ailleurs possible de moduler la distribution de la puissance sur chaque élément électromoteur Ee1, Ee2, ..., EeN afin d'optimiser les rendements et dissipations thermiques. Les éléments électromoteurs Ee1, Ee2, ..., EeN, ne sont pas forcément tous de même taille et ne fournissent pas nécessairement la même puissance.

- 16 -

Le groupe électromoteur GEMD a donc une structure distribuée, redondante, auto réparable et, dans le cas d'aéronefs, configurable en vol, procurant ainsi une haute résilience aux pannes multiples et aux effets des dommages subséquents d'impacts balistiques multiples, ou des feux.

L'unité de gestion UG gère le point de fonctionnement du groupe électromoteur distribué GEMD en fonction de la demande de puissance de l'aéronef. En particulier, l'unité de gestion UG peut faire varier le couple ou le régime de rotation de chaque élément électromoteur Ee1, Ee2, ..., Een en fonction de la demande de puissance de l'aéronef. Par exemple, en cas de défection d'éléments électromoteurs, et si aucun autre élément électromoteur de réserves n'est disponible, l'unité de gestion UG peut émettre une consigne afin d'augmenter le couple ou le régime de rotation des éléments électromoteurs encore en service, pour que le groupe électromoteur distribué GEMD puisse continuer à transmettre une puissance suffisante à l'arbre de rotation Rp1, Rp2, Rp, RAC, H.

En se rapportant aux figures annexées, l'aéronef intègre un groupe générateur d'énergie GG utilisé pour produire une énergie électrique. Ce groupe générateur GG peut être composé d'un générateur thermochimique, thermoélectrique (Peltier ou autre), radio isotopique (nucléaire), de pile à combustibles, d'un turbomoteur ou d'un moteur à combustion interne muni d'un générateur électrique interne ou actionnant un générateur externe. Typiquement, ce groupe générateur d'énergie GG est associé à un moyen pour distribuer l'énergie électrique produite. Ce moyen peut consister en une électronique plus ou moins complexe éventuellement gérée par l'unité de gestion UG.

L'énergie électrique produite par le groupe générateur GG peut être temporairement stockée dans un moyen de stockage BATT. En pratique, ce dernier peut consister en un ensemble de batteries et/ou de super-condensateurs

- 17 -

et/ou tout autre moyen similaire (volants d'inertie sur paliers magnétiques par exemple) ayant leur propre système de gestion et de régulation électronique. Les super-condensateurs sont des condensateurs ayant des capacités exceptionnellement élevées, typiquement au-dessus de la centaine voire des milliers de Farads. Ces composants doivent leur existence aux récentes découvertes de matériaux à hautes constantes diélectriques. Contrairement à une batterie, un super-condensateur peut fournir des intensités très élevées dans des temps courts. Dans le cas d'un hélicoptère, pendant la phase d'autorotation, le groupe électromoteur distribué GEMD peut fonctionner en générateur, permettant ainsi de recharger les batteries et/ou super-condensateurs tout en régulant la vitesse de rotation du ou des rotors principaux Rp1, Rp2, Rp.

Un contrôleur de puissance, intégré ou piloté par l'unité de gestion UG, permet de contrôler l'alimentation en énergie électrique du groupe électromoteur distribué GEMD. Cette énergie électrique peut provenir du moyen de stockage BATT et/ou du groupe générateur GG. L'unité de gestion UG est alors configurée pour gérer, via le contrôleur de puissance, l'alimentation du groupe électromoteur distribué GEMD. En pratique, l'unité de gestion UG intègre un programme comportant des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué GEMD :

- soit uniquement par l'énergie électrique produite par le groupe générateur GG (une partie de cette énergie électrique pouvant ou non être simultanément dirigée vers le moyen de stockage BATT) ;
- soit uniquement par l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage BATT ;
- soit en combinant l'énergie électrique produite par le groupe générateur GG à l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage BATT (pour répondre aux demandes de puissance transitoires élevées, comme en phase de décollage par exemple). Cette combinaison conduit à une diminution significative de la masse du système de propulsion par rapport à un aéronef classique.

- 18 -

Le groupe générateur GG est préférentiellement associé à un moyen permettant de contrôler son état de fonctionnement. Il s'agit en pratique d'un ou plusieurs capteurs intégrés au dit groupe et permettant de contrôler en continu différents paramètres de fonctionnement. Si le groupe générateur GG est
5 défaillant ou défectueux suite à des dommages mécaniques, incendiaires et/ou balistiques, l'unité de gestion GG émet instantanément des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué GEMD par l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage BATT. Dans le cas d'un hélicoptère, en cas de panne du groupe générateur GG, l'énergie stockée dans le moyen de stockage BATT
10 peut ainsi permettre un atterrissage propulsé et la possibilité de vol stationnaire, contrairement aux hélicoptères équipés de systèmes de propulsion conventionnels. La panne moteur et l'autorotation qui en découle n'est plus une urgence.

15 Le groupe générateur GG est dans certains cas susceptible de dégager une certaine quantité de chaleur (notamment dans le cas où il comporte un moteur à combustion interne) provoquant de fait une signature infrarouge de l'aéronef ou de l'engin, détectables par des méthodes d'analyse spectrale standard. Pour passer en mode furtif (sans signature infrarouge, élément de furtivité
20 indispensable sur un terrain d'opérations) l'unité de gestion UG est apte à émettre des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué GEMD uniquement par l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage BATT, et des instructions pour simultanément arrêter le fonctionnement du groupe générateur GG.

Revendications

- 5 1. Aéronef à voilures tournantes ou fixes comportant un ou plusieurs rotors et/ou une ou plusieurs hélices, le ou les rotors et/ou la ou les hélices étant mis en rotation à vitesse variable ou constante par au moins un arbre (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), ledit aéronef intégrant un groupe moteur (GEMD) configuré pour assurer la propulsion et/ou la sustentation dudit aéronef en
- 10 mettant en rotation ledit arbre,
- se caractérisant par le fait que :**
- le groupe moteur (GEMD) est un groupe électromoteur distribué composé de plusieurs éléments électromoteurs (Ee1, Ee2, ..., Een) empilés, chaque élément étant adapté pour produire, sur l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), une fraction de la puissance totale nécessaire à la propulsion et/ou à
 - 15 la sustentation dudit aéronef,
 - le groupe électromoteur distribué (GEMD) est en prise directe avec l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H), aucun mécanisme de transmission de mouvement n'étant interposé entre ledit groupe et ledit arbre,
 - 20 -
 - chaque élément électromoteur (Ee1, Ee2, ..., Een) est connecté directement à l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H) et comporte au moins un stator fixe (St), au moins un rotor mobile (Rt) et au moins une roue libre (RI) mécanique ou électromagnétique en prise directe avec ledit arbre de rotation, ledit rotor mobile (Rt) coopérant avec ladite roue libre (RI) de manière à
 - 25 s'accoupler audit arbre de rotation en cas de fonctionnement normal de l'élément électromoteur (Ee1, Ee2, ..., Een) et se désaccoupler dudit arbre en cas de panne dudit élément électromoteur,
 - les axes de rotation des rotors mobiles (Rt), des roues libres (RI) et de l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H) sont coaxiaux.

- 20 -

2. Aéronef selon la revendication 1, dans lequel chaque roue libre (RI) se situe dans le même plan (P) que le rotor mobile (Rt) auquel elle est associée.

5 3. Aéronef l'une des revendications précédentes, dans lequel les éléments électromoteurs (Ee1, Ee2, ..., Een) sont séparés et isolés physiquement les uns des autres, chaque dit élément électromoteur étant inséré dans un caisson dédié.

10 4. Aéronef selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'empilement des éléments électromoteurs (Ee1, Ee2, ..., Een) comporte un nombre de stators fixes (St) différent ou égal au nombre de rotors mobiles (Rt).

15 5. Aéronef selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une unité de gestion électronique (UG) est associée à un moyen pour contrôler en continu l'intégrité de chaque élément électromoteur (Ee1, Ee2, ..., Een).

20 6. Aéronef selon la revendication 5, dans lequel si un ou plusieurs éléments électromoteurs (Ee1, Ee2, ... Een) sont défectueux, l'unité de gestion électronique (UG) est configurée pour émettre une consigne permettant de :
- reconfigurer en temps réel l'ensemble des éléments électromoteurs en ajoutant, si nécessaire, un ou plusieurs éléments électromoteurs de réserve,
- ou reconfigurer en temps réel la puissance délivrée par chaque élément électromoteur valide de sorte que le groupe électromoteur distribué (GEMD)
25 continue à transmettre une puissance suffisante à l'arbre de rotation (Rp1, Rp2, Rp, RAC, H).

30 7. Aéronef selon l'une des revendications précédentes, comportant:
- un groupe générateur d'énergie (GG) destiné à produire une énergie électrique, ledit groupe étant associé à un moyen pour distribuer ladite énergie,

- 21 -

- un moyen (BATT) pour stocker l'énergie électrique produite par le groupe générateur (GG),
- le groupe électromoteur distribué (GEMD) étant alimenté en énergie électrique à travers un contrôleur de puissance :
 - 5 ○ par le moyen de stockage (BATT) de l'énergie électrique,
 - et/ou par le groupe générateur (GG).

10 8. Aéronef selon la revendication 7 dans lequel le moyen de stockage (BATT) de l'énergie électrique est composé d'un ensemble de batteries et/ou de super-condensateurs.

15 9. Aéronef selon l'une des revendications 7 ou 8, dans lequel le groupe générateur d'énergie électrique (GG) est composé d'un générateur thermochimique ou d'un générateur thermoélectrique ou d'un générateur radio isotopique ou de piles à combustibles, ou d'un turbomoteur ou d'un moteur à combustion interne muni d'une génératrice interne ou actionnant une génératrice externe.

20 10. Aéronef selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel une unité de gestion électronique (UG) est configurée pour gérer le point de fonctionnement du groupe électromoteur distribué (GEMD) en fonction de la demande de puissance dudit aéronef.

25 11. Aéronef selon l'une des revendications 7 à 9, comportant une unité de gestion électronique (UG) configurée pour gérer l'alimentation du groupe électromoteur distribué (GEMD), ladite unité intégrant un programme comportant :

- des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué (GEMD) uniquement par l'énergie électrique produite par le groupe générateur (GG),
- 30

- 22 -

- des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué (GEMD) uniquement par l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage (BATT),

5 - des instructions pour alimenter le groupe électromoteur distribué (GEMD) en combinant l'énergie électrique produite par le groupe générateur (GG) à l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage (BATT).

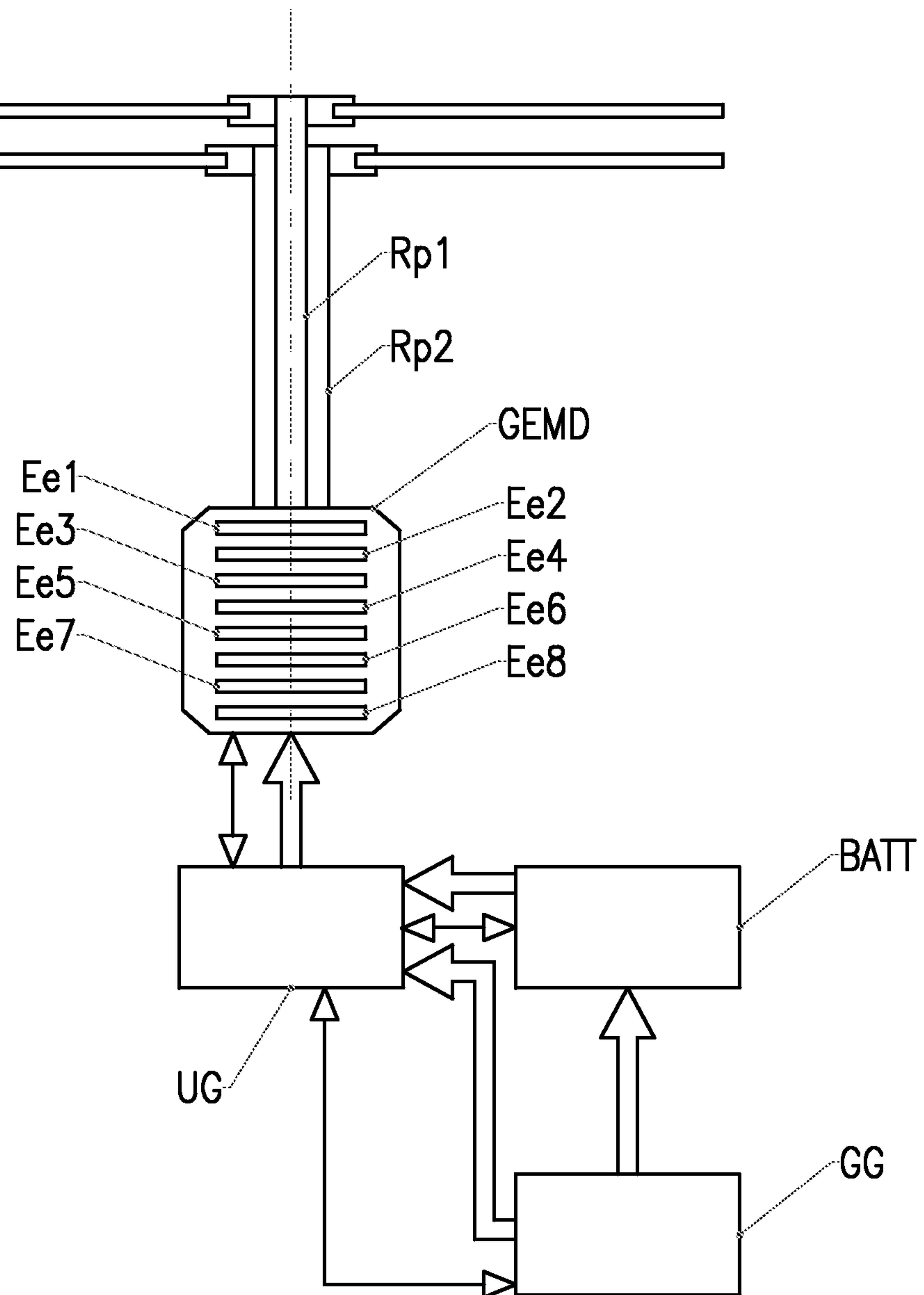
12. Aéronef selon l'une des revendications 7 à 11, comportant :

10 - un moyen pour contrôler l'état de fonctionnement du groupe générateur (GG),

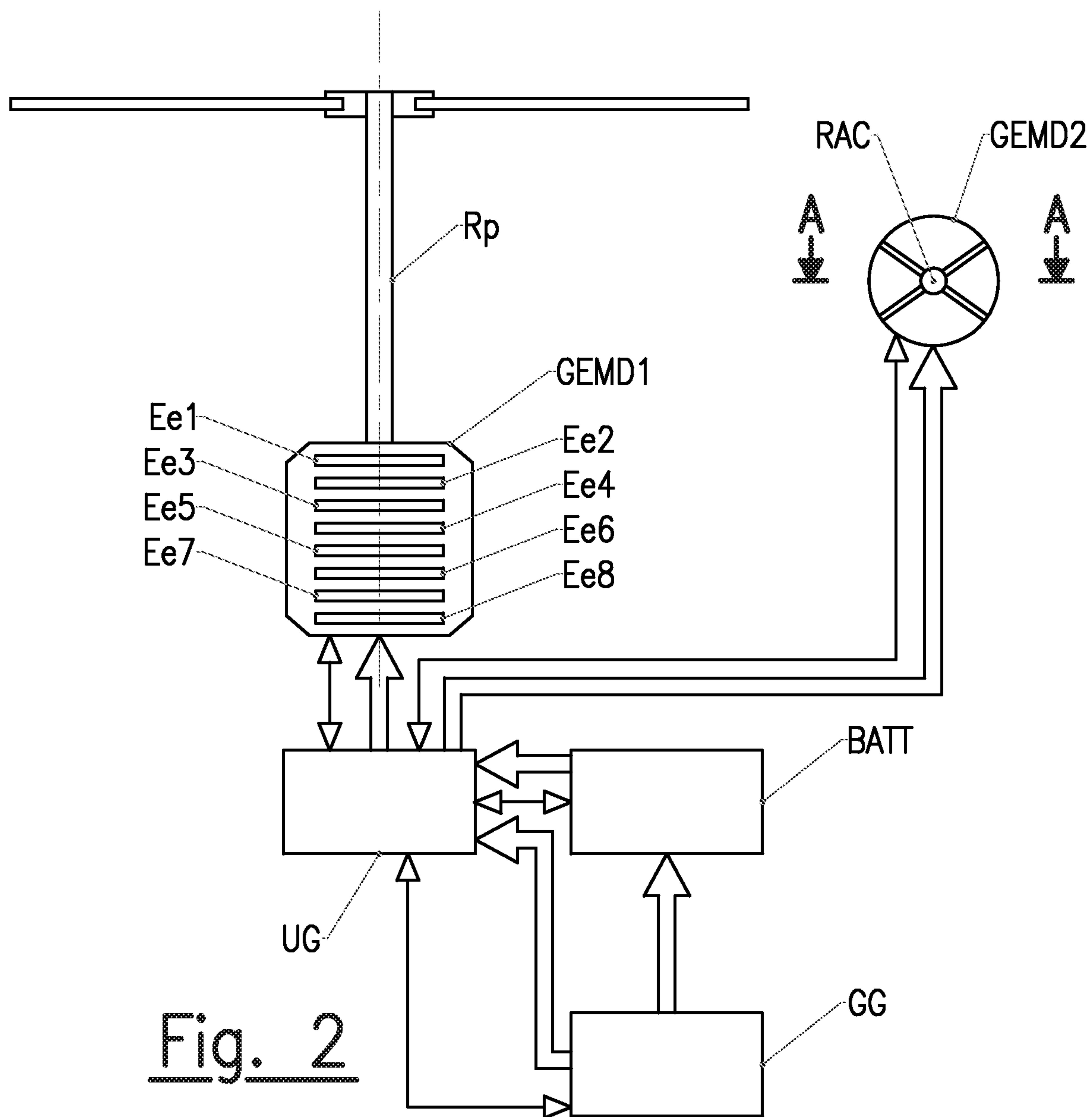
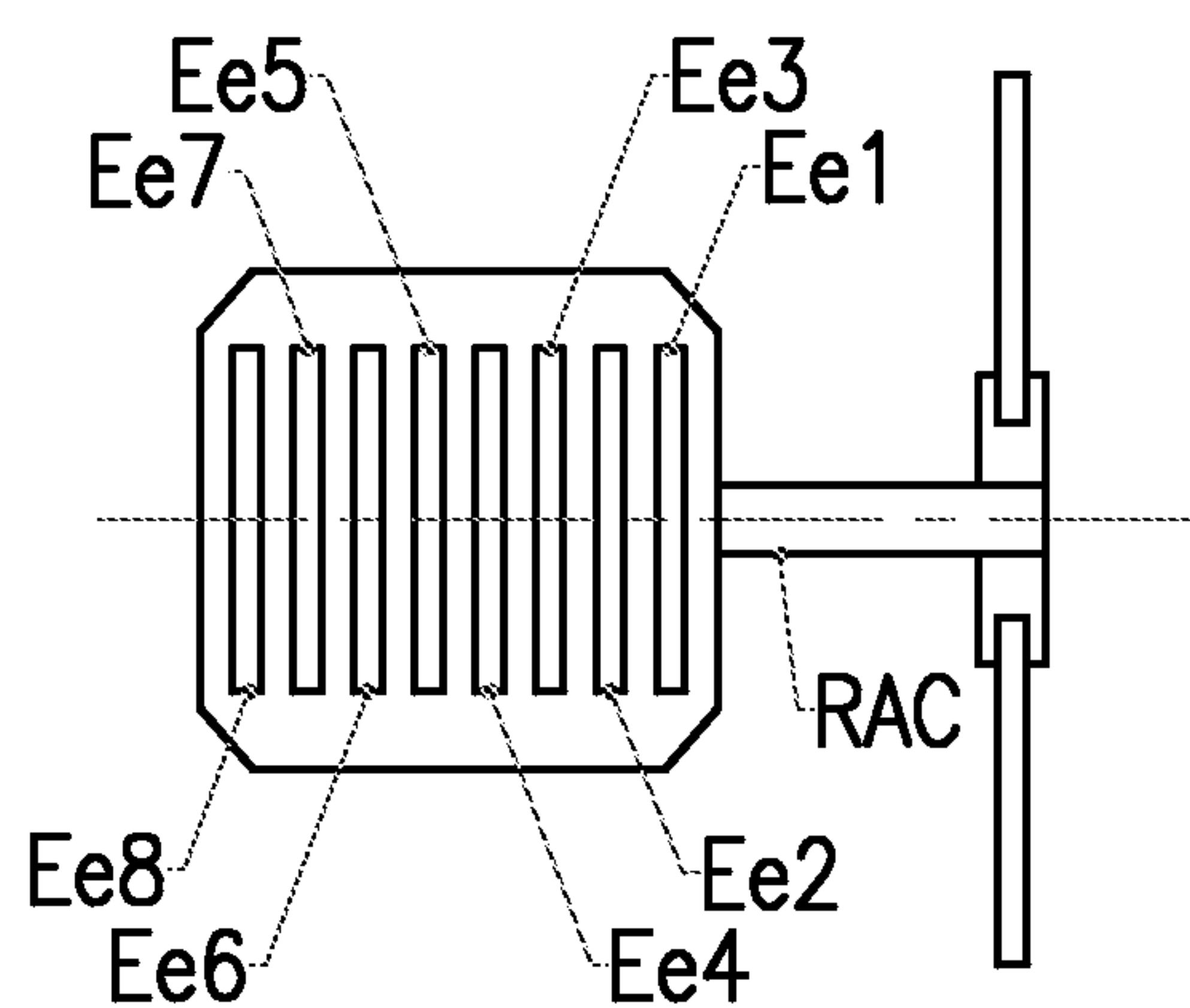
15 - une unité de gestion électronique (UG) configurée pour gérer l'alimentation du groupe électromoteur distribué (GEMD), ladite unité intégrant un programme comportant des instructions pour alimenter ledit groupe électromoteur uniquement par l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage (BATT), dans le cas où le groupe générateur (GG) est défaillant.

20 13. Aéronef selon l'une des revendications 7 à 12, comportant une unité de gestion électronique (UG) configurée pour gérer l'alimentation du groupe électromoteur distribuée (GEMD), ladite unité intégrant un programme comportant des instructions pour alimenter ledit groupe électromoteur uniquement par l'énergie électrique stockée dans le moyen de stockage (BATT), et des instructions pour simultanément arrêter le fonctionnement du groupe générateur (GG).

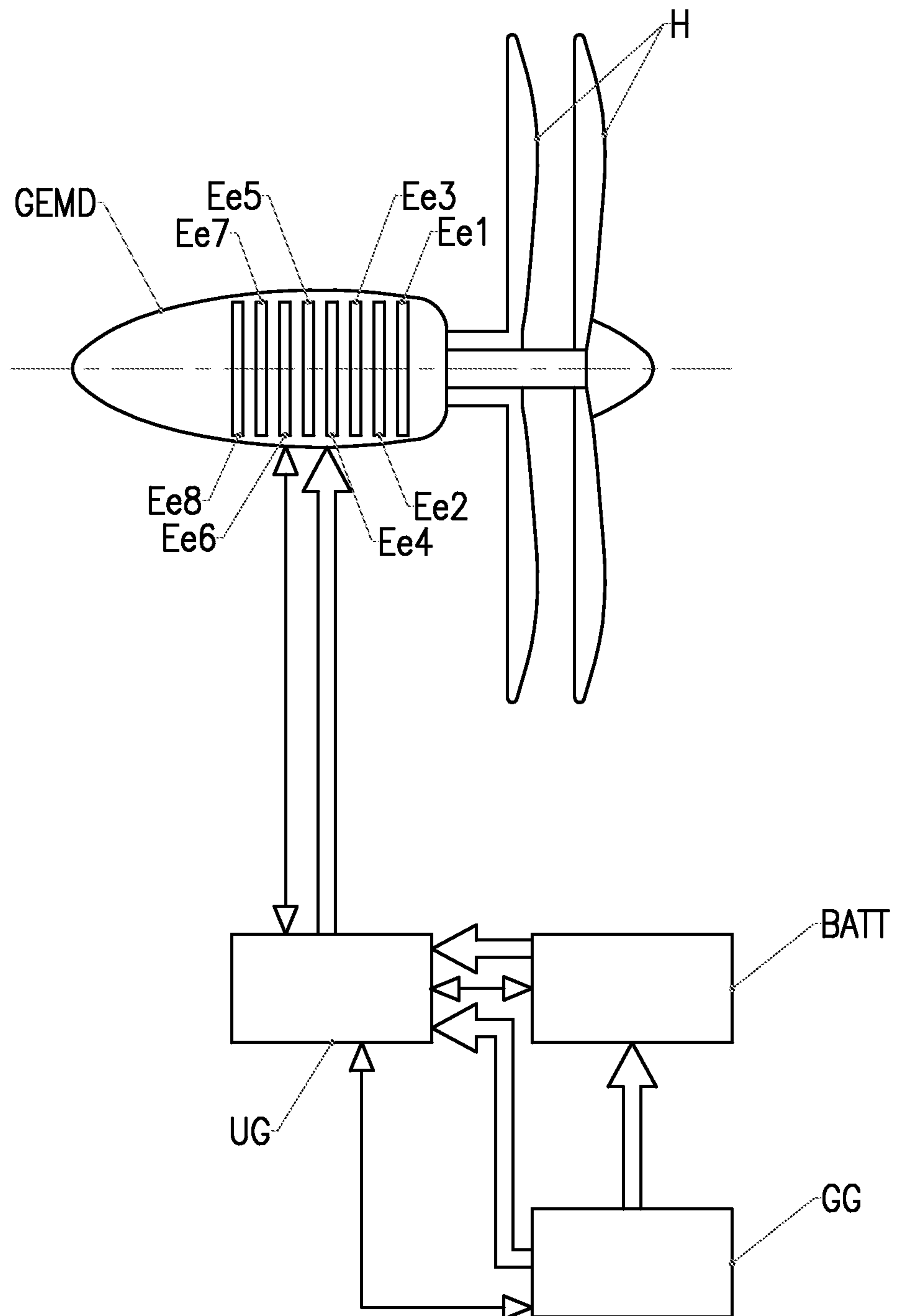
PL. 1/4

Fig. 1

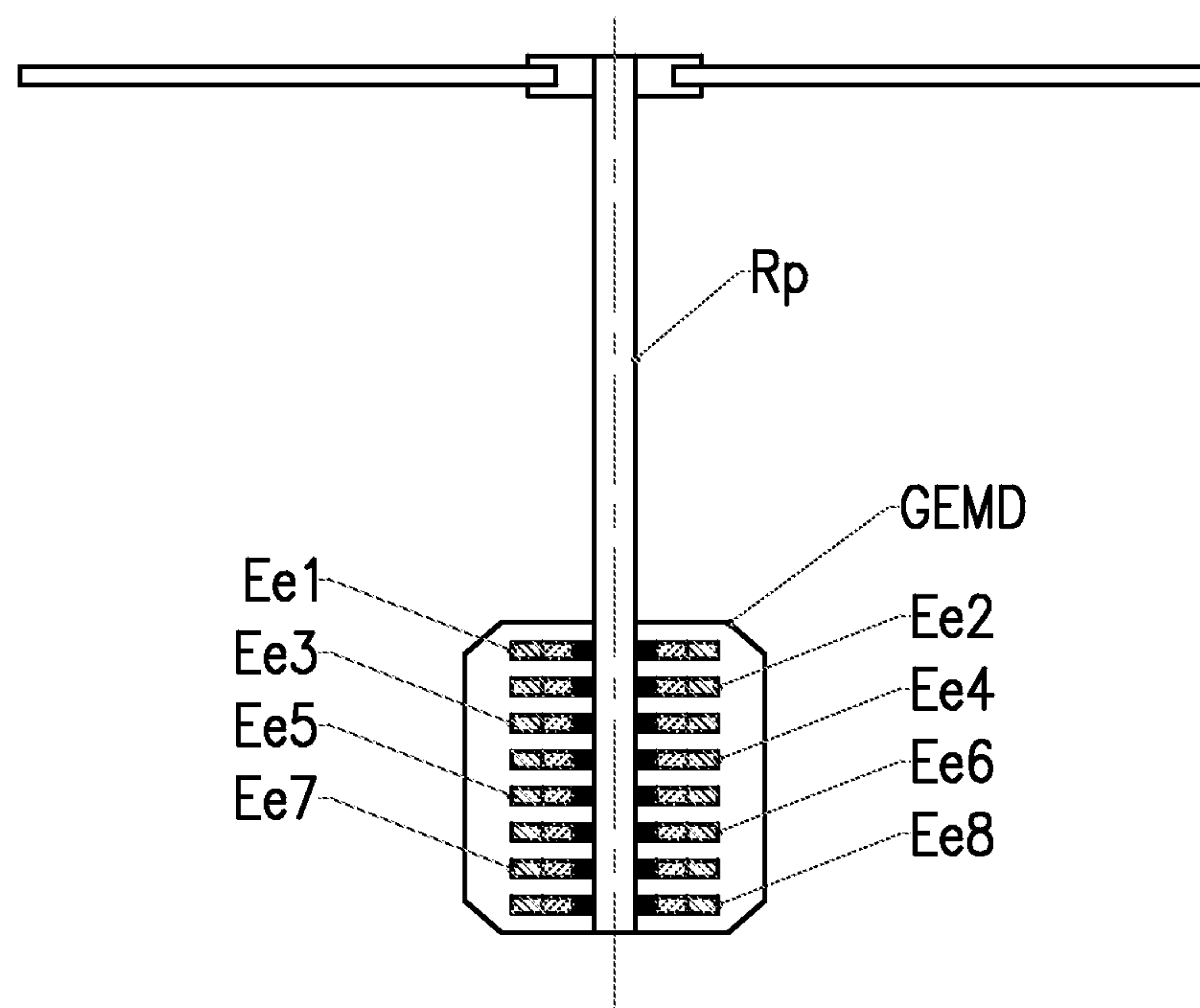
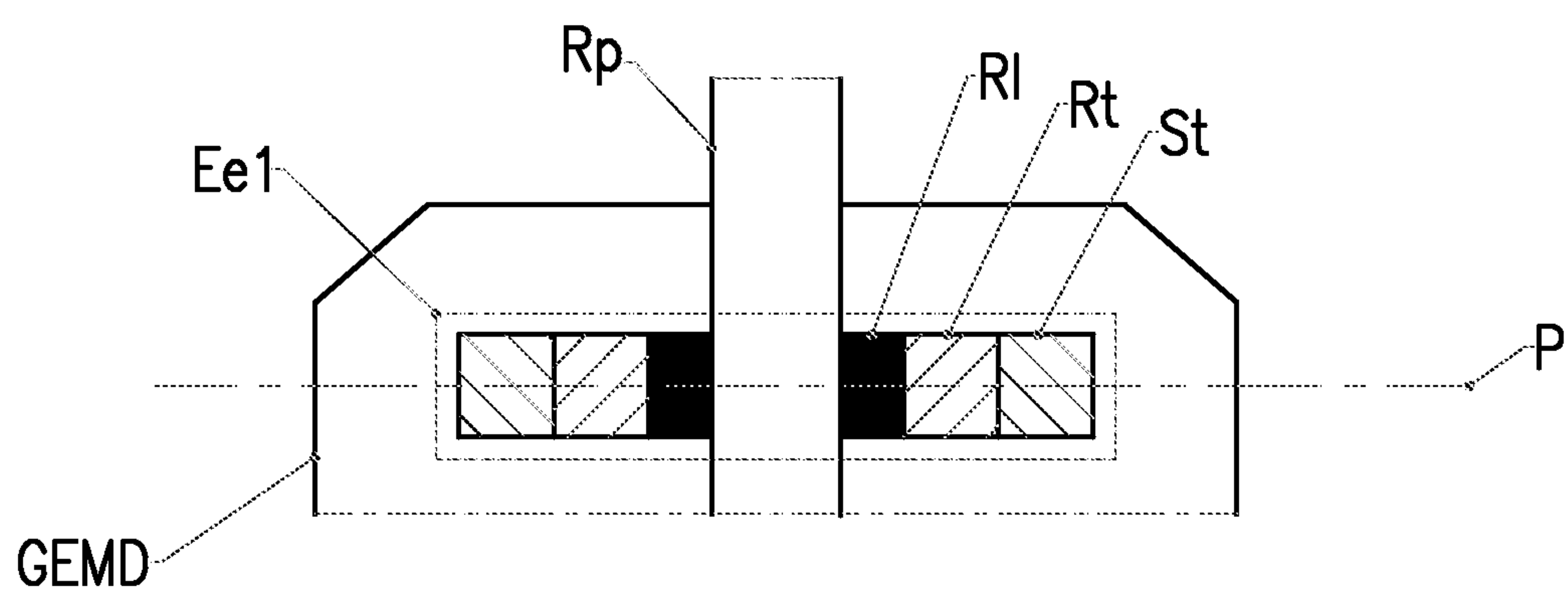
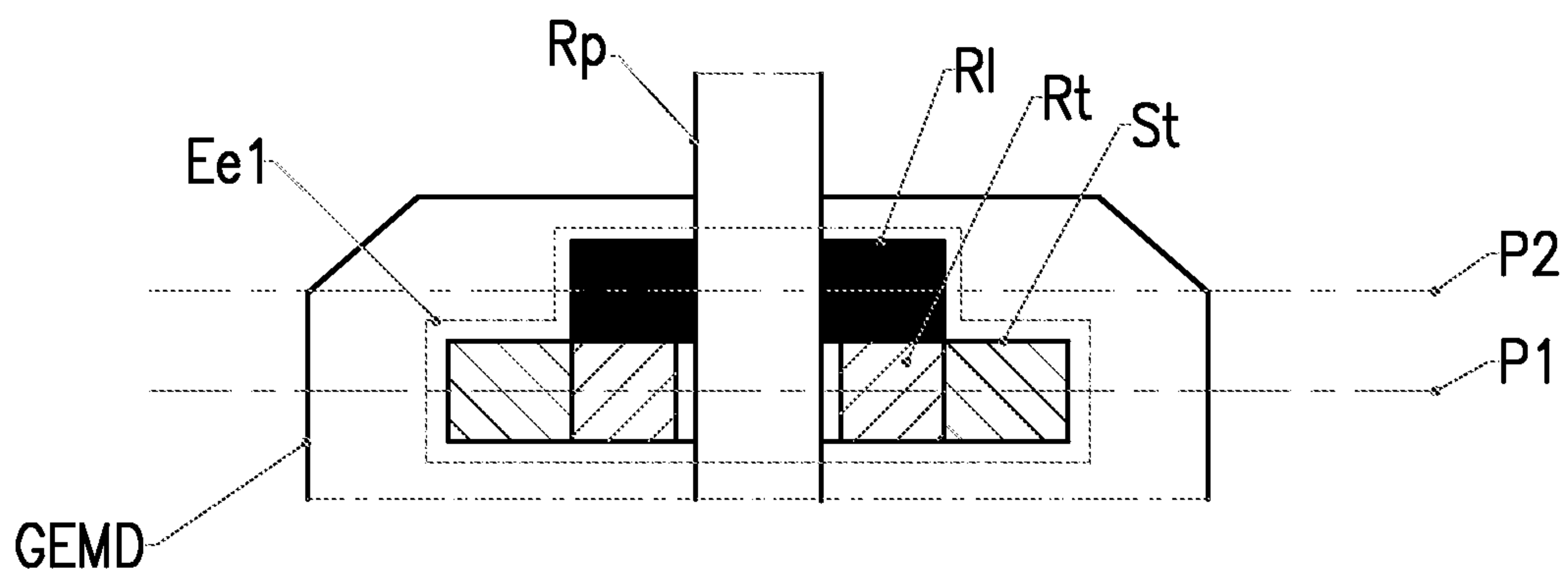
PL. 2/4

Fig. 2Fig. 3 (A-A)

PL. 3/4

Fig. 4

PL. 4/4

Fig. 5Fig. 6Fig. 7

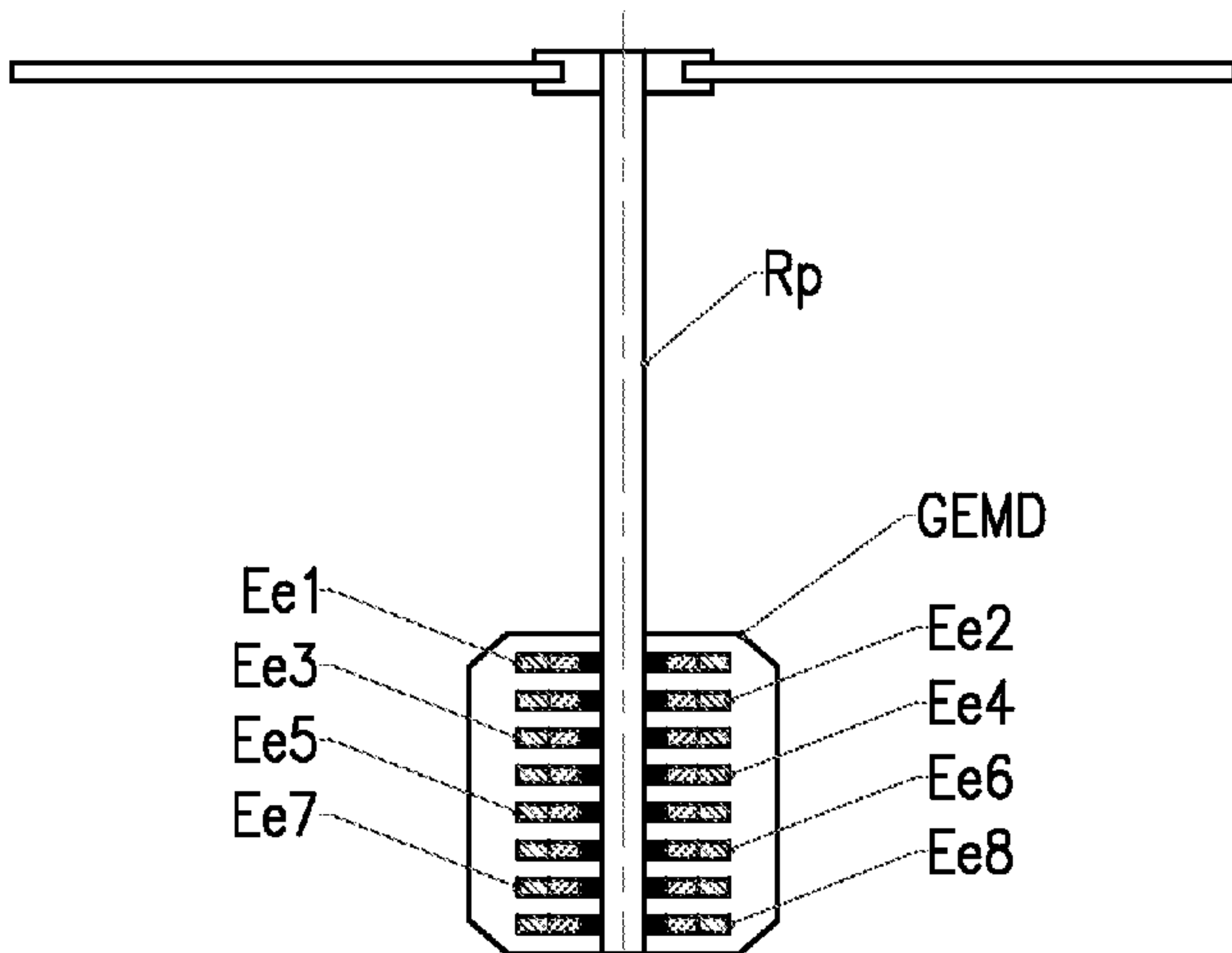


Fig. 5