

**TITRE : ENGIN COMPRENANT UN GROUPE MOTOPROPULSEUR
HYBRIDE ET PROCEDE DE PILOTAGE CORRESPONDANT**

5

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne de manière générale un engin, tel qu'un
aéronef, équipé d'un groupe motopropulseur comprenant un moteur électrique
10 et un moteur thermique.

ART ANTERIEUR

On connaît de l'état de la technique des engins tels que des aéronefs qui
15 comprennent un groupe motopropulseur avec la configuration suivante. Le
groupe motopropulseur comprend une hélice, un moteur électrique permettant
d'entraîner l'hélice, une batterie permettant d'alimenter le moteur électrique, et
un moteur thermique associé à un alternateur permettant de recharger la
batterie.

20

Cependant, en cas de défaut sur la chaîne de commande électrique qui
comprend la batterie et le moteur électrique, l'hélice ne peut plus être entraînée.

Une telle configuration du groupe motopropulseur pose ainsi des problèmes de
25 sécurité importants, notamment au décollage.

On connaît aussi des documents DE102012021340, EP2964524, et
US2010/219779 des groupes motopropulseurs dont les configurations posent
cependant des problèmes d'encombrement et/ou de poids.

30

La présente invention a pour but de proposer un nouvel engin permettant de
pallier tout ou partie des problèmes exposés ci-dessus.

RESUME DE L'INVENTION

Selon un mode de réalisation, il est proposé un engin, tel qu'un aéronef, muni d'un groupe motopropulseur qui comprend :

- 5 - une motorisation thermique comprenant un moteur thermique et un arbre, appelé arbre de sortie du moteur thermique, entrainable en rotation par le moteur thermique ;
- une motorisation électrique comprenant un moteur électrique ;
- un système d'alimentation électrique comprenant une batterie permettant
- 10 d'alimenter le moteur électrique ;
- un système de propulsion à hélice comprenant une hélice et un arbre, appelé arbre d'hélice, auquel est couplé l'hélice ;

le groupe motopropulseur comprenant aussi un système d'embrayages configuré pour permettre, sélectivement :

- 15 - d'entraîner l'hélice à l'aide du moteur thermique sans transmission de rotation du moteur électrique à l'hélice ;
- d'entraîner l'hélice à l'aide du moteur électrique sans transmission de rotation du moteur thermique à l'hélice ;
- d'entraîner l'hélice par transmission combinée du mouvement de rotation
- 20 du moteur thermique à l'hélice, et du mouvement de rotation du moteur électrique à l'hélice ;

le groupe motopropulseur comprenant un arbre, appelé arbre intermédiaire, solidaire de ou couplable en rotation à l'arbre d'hélice, et le système d'embrayages comprenant :

- 25 - un premier embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur thermique à l'arbre intermédiaire, et
- un deuxième embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation de l'arbre intermédiaire à l'arbre d'hélice et/ou un troisième embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur électrique à
- 30 l'arbre d'hélice ;

le moteur électrique comprenant un stator et un rotor, le rotor étant monté rotatif autour de l'arbre intermédiaire et à l'intérieur du stator, le rotor et l'arbre intermédiaire étant coaxiaux.

Une telle conception de l'engin avec le rotor qui est monté coaxial et rotatif autour l'axe de l'arbre intermédiaire, qui fait partie de la chaîne de transmission de mouvement, permet de gagner en compacité et en poids (en limitant le nombre de pièces), ce qui permet d'augmenter le ratio de puissance fournie (KW) / poids (Kg). En effet, l'arbre intermédiaire s'étend à l'intérieur du rotor et ledit arbre intermédiaire, qui fait partie de la ligne de transmission mécanique, est coaxial avec l'axe de rotation du rotor. Selon un aspect particulier, ledit arbre intermédiaire est aussi coaxial avec l'arbre d'hélice et un système d'embrayage permet de coupler/découpler l'arbre intermédiaire et l'arbre d'hélice.

Selon un aspect particulier, chaque arbre qui forme partie de la chaîne de transmission de mouvement à l'hélice est coaxial avec l'arbre d'hélice.

Selon un aspect particulier, le stator se présente sous la forme d'un corps creux et muni d'un bobinage, et le rotor est muni d'aimants.

Selon un aspect particulier, le groupe motopropulseur comprend aussi un système de transmission mécanique de type train épicycloïdal, qui comprend:

- un arbre intérieur, appelé soleil, correspondant à une partie de l'arbre intermédiaire et une couronne portée par l'intérieur du corps creux du rotor;
- un satellite interposé entre le soleil et la couronne, et un porte-satellite dont l'extrémité opposée au satellite est solidaire en rotation d'une partie du deuxième embrayage, le deuxième embrayage comprenant une autre partie solidaire en rotation de l'arbre d'hélice.

Selon un aspect particulier, le système d'embrayages comprend un quatrième embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur thermique au moteur électrique pour le faire fonctionner en génératrice.

Selon un aspect particulier, les différents arbres qui participent à la chaîne de transmission de mouvement entre, d'une part, le moteur thermique et/ou le

moteur électrique et, d'autre part, l'arbre d'hélice, sont coaxiaux. Autrement dit, chaque arbre qui forme une partie de la chaîne de transmission de mouvement à l'arbre d'hélice est coaxial avec l'arbre d'hélice.

- 5 Selon un aspect particulier, le stator se présente sous la forme d'un corps creux muni d'un bobinage et/ou d'aimants, de préférence sur sa face interne et le rotor est muni d'aimants et/ou d'un bobinage de préférence sur sa face périphérique externe.
- 10 Selon un mode de réalisations, il est proposé un engin tel qu'un aéronef, muni d'un groupe motopropulseur qui comprend :
- une motorisation thermique comprenant un moteur thermique et un arbre, appelé arbre de sortie du moteur thermique, entrainable en rotation par le moteur thermique ;
 - 15 - une motorisation électrique comprenant un moteur électrique ;
 - un système d'alimentation électrique comprenant une batterie permettant d'alimenter le moteur électrique ;
 - un système de propulsion à hélice comprenant une hélice et un arbre, appelé arbre d'hélice, auquel est couplé l'hélice ;
- 20 dans lequel
- le groupe motopropulseur comprend aussi un système d'embrayages configuré pour permettre, sélectivement :
- d'entraîner l'hélice à l'aide du moteur thermique sans transmission de rotation du moteur électrique à l'hélice ;
 - 25 -d'entraîner l'hélice à l'aide du moteur électrique sans transmission de rotation du moteur thermique à l'hélice ;
 - d'entraîner l'hélice par transmission combinée du mouvement de rotation du moteur thermique à l'hélice, et du mouvement de rotation du moteur électrique à l'hélice.

30

Le système de propulsion à hélice de l'engin peut ainsi être entraîné de façon indépendante ou simultanée, par la motorisation électrique et/ou par la motorisation thermique. La sécurité, notamment au décollage lorsque l'engin

est un aéronef, est ainsi améliorée puisque, en cas de problème sur la chaîne de transmission électrique, la motorisation thermique peut prendre le relais pour entraîner l'hélice.

- 5 Par ailleurs, la possibilité d'utiliser un mode de propulsion électrique seul, permet à un aéronef de décoller et d'atterrir sur des terrains urbains, ou péri-urbains avec une production sonore réduite.

L'engin peut aussi comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes
10 prises dans toute combinaison techniquement admissible.

Selon un aspect particulier, le groupe motopropulseur comprenant un arbre, appelé arbre intermédiaire, solidaire de ou couplable en rotation à l'arbre d'hélice, le système d'embrayages comprend :

- 15 - un premier embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur thermique à l'arbre intermédiaire, et
- un deuxième embrayage et/ou un troisième embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur électrique à l'arbre d'hélice.

- 20 Selon un aspect particulier, le deuxième embrayage permet, à l'état fermé, de transmettre la rotation de l'arbre intermédiaire à l'arbre d'hélice

Selon un aspect particulier, le système d'embrayages comprend un quatrième embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur
25 thermique au moteur électrique pour le faire fonctionner en génératrice.

Selon un aspect particulier, le moteur électrique comprend :

- un stator se présentant sous la forme d'un corps creux et muni d'un bobinage sur sa face interne ;
30 - un rotor se présentant sous la forme d'un corps rotatif autour de l'arbre intermédiaire et à l'intérieur du stator, le rotor étant muni d'aimants sur sa face périphérique externe.

Selon un aspect particulier, le groupe motopropulseur comprend un système de transmission, comprenant par exemple un embrayage, permettant de transmettre un mouvement de rotation entre le rotor et l'arbre intermédiaire.

- 5 Selon un aspect particulier, le groupe motopropulseur comprend un système de transmission mécanique permettant de transmettre la rotation de l'arbre intermédiaire à l'arbre d'hélice à l'état fermé du deuxième embrayage lorsque celui-ci est présent. Selon un aspect particulier, le système de transmission mécanique est un système de réduction.

10

Avantageusement, le système de transmission mécanique est logé dans le rotor.

- 15 Le système de transmission mécanique comprend par exemple un train épicycloïdal avec une partie couplée à l'arbre intermédiaire et une partie couplée à une partie du deuxième embrayage, l'autre partie du deuxième embrayage étant couplée à l'arbre d'hélice.

- Selon un aspect particulier, le deuxième embrayage comprend une partie couplée à rotation avec l'arbre intermédiaire, par exemple via le système de transmission mécanique, et une partie couplée, de préférence solidaire, à rotation avec l'arbre d'hélice.
- 20

- Selon un aspect particulier, le quatrième embrayage comprend une partie qui est, à l'état fermé du premier embrayage, solidaire en rotation de l'arbre de sortie du moteur thermique, et une autre partie qui est montée solidaire en rotation du rotor du moteur électrique.
- 25

- Selon un aspect particulier, le troisième embrayage comprend une partie solidaire en rotation du rotor du moteur électrique par l'intermédiaire d'un système de transmission mécanique, et une partie solidaire en rotation de l'hélice.
- 30

Selon un aspect particulier, le système d'alimentation électrique comporte aussi

un système de gestion électrique qui comprend :

- un boîtier haute-tension qui permet d'ouvrir ou de fermer le circuit d'alimentation entre la batterie et le moteur électrique ;
 - un contrôleur qui permet de traiter le courant fourni par la batterie ou produit
- 5 par le moteur électrique lorsqu'il fonctionne en génératrice.

Selon un mode de réalisation particulier, il est proposé un engin, tel qu'un aéronef, muni d'un groupe motopropulseur qui comprend :

- une motorisation thermique comprenant un moteur thermique et un arbre,
- 10 appelé arbre de sortie du moteur thermique, entrainable en rotation par le moteur thermique ;
- une motorisation électrique comprenant un moteur électrique ;
 - un système d'alimentation électrique comprenant une batterie permettant d'alimenter le moteur électrique ;

- 15 - un système de propulsion à hélice comprenant une hélice et un arbre, appelé arbre d'hélice, auquel est couplé l'hélice;

le groupe motopropulseur comprenant aussi un système d'embrayages configuré pour permettre, sélectivement :

- d'entraîner l'hélice à l'aide du moteur thermique sans transmission de rotation
- 20 du moteur électrique à l'hélice ;
- d'entraîner l'hélice à l'aide du moteur électrique sans transmission de rotation du moteur thermique à l'hélice ;
 - d'entraîner l'hélice par transmission combinée du mouvement de rotation du moteur thermique à l'hélice, et du mouvement de rotation du moteur électrique
- 25 à l'hélice;

le groupe motopropulseur comprenant un arbre, appelé arbre intermédiaire, couplable en rotation à l'arbre d'hélice,

et le système d'embrayages comprenant :

- un premier embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du
- 30 moteur thermique à l'arbre intermédiaire, et
- un deuxième embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation de l'arbre intermédiaire à l'arbre d'hélice ;

le moteur électrique comprenant :

- un stator se présentant sous la forme d'un corps creux et de préférence muni d'un bobinage, par exemple sur sa face interne ;
 - un rotor se présentant sous la forme d'un corps rotatif autour de l'arbre intermédiaire et à l'intérieur du stator, le rotor étant de préférence muni d'aimants, par exemple sur sa face périphérique externe ;
- le groupe motopropulseur comprenant aussi un système de transmission mécanique de type train épicycloïdal, qui comprend :
- un arbre intérieur, appelé soleil, correspondant à une partie de l'arbre intermédiaire et une couronne portée par l'intérieur du corps creux du rotor ;
 - un satellite interposé entre le soleil et la couronne, et un porte-satellite, duquel le satellite est solidaire, qui est coaxial avec l'arbre intermédiaire et l'arbre d'hélice, l'extrémité du porte-satellite opposée au satellite étant solidaire en rotation d'une partie du deuxième embrayage, le deuxième embrayage comprenant une autre partie solidaire en rotation de l'arbre d'hélice.

15

Selon un aspect particulier, il peut être considéré que le système de transmission mécanique de type train épicycloïdal est compris dans le moteur électrique au sens où il est logé dans le rotor.

- 20 Selon un aspect particulier, le système d'embrayages comprend un troisième embrayage configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur électrique, en particulier du rotor, à l'arbre d'hélice.

25 Selon un mode de réalisation, il est proposé un procédé de pilotage d'un engin tel que décrit ci-dessus, dans lequel, pour une propulsion électrique de l'engin notamment lors d'une phase de décollage et/ou de montée,

les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

- le premier embrayage est ouvert pour libérer le moteur thermique par rapport à l'hélice ;
- 30 -le quatrième embrayage, lorsqu'il est présent, et le deuxième embrayage sont de préférence ouverts ;
- le troisième embrayage, lorsqu'il est présent, est fermé pour transmettre le mouvement du moteur électrique à l'hélice.

Selon un mode de réalisation, il est proposé un procédé de de pilotage d'un engin tel que décrit ci-dessus, dans lequel, pour une propulsion thermique sans utilisation de la motorisation électrique, par exemple lorsqu'une panne se

5 produit sur la chaîne de transmission électrique,

les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

- le premier embrayage est fermé ;
- le deuxième embrayage est fermé pour transmettre le mouvement du moteur thermique à l'hélice.

10

Selon un mode de réalisation, il est proposé un procédé de de pilotage d'un engin tel que décrit ci-dessus, dans lequel, pour une propulsion par usage cumulé du moteur thermique et du moteur électrique,

les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

- 15
- le premier embrayage est fermé :
 - le deuxième embrayage est fermé pour transmettre le mouvement du moteur thermique à l'hélice,
 - le troisième embrayage, lorsqu'il est présent, est fermé pour transmettre le mouvement du moteur électrique à l'hélice,
- 20
- le quatrième embrayage, lorsqu'il est présent, est ouvert.

Selon un mode de réalisation, il est proposé un procédé de de pilotage d'un engin tel que décrit ci-dessus, dans lequel, pour recharger la batterie à l'aide du moteur thermique tout en conservant un entraînement en rotation de l'hélice,

25 par exemple pour une recharge en vol de l'engin, les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

le premier embrayage, le quatrième embrayage et le deuxième embrayage sont fermés, de sorte que le moteur thermique entraîne l'arbre intermédiaire pour faire tourner le rotor, de préférence munis des aimants, en regard du stator, de

30 préférence muni du bobinage, afin de générer un courant (dans le bobinage), tout en entraînant l'arbre d'hélice ;

et en ce que le système de gestion électrique contrôle le courant produit par le moteur électrique fonctionnant en génératrice pour recharger la batterie.

- Selon un mode de réalisation, il est proposé un procédé de de pilotage d'un engin tel que décrit ci-dessus, dans lequel, pour une récupération d'énergie par effet éolien ou hydrolien, les embrayages sont amenés dans la configuration
- 5 suivante :
- au moins l'un parmi le premier embrayage, et le quatrième embrayage est ouvert pour découpler l'hélice par rapport au moteur thermique ou découpler le rotor par rapport au moteur thermique ;
 - de préférence, le deuxième embrayage est ouvert ;
 - 10 -le troisième embrayage est fermé pour transmettre le mouvement de l'hélice au rotor du moteur électrique.

- Selon un mode de réalisation, il est proposé un procédé de de pilotage d'un engin tel que décrit ci-dessus, dans lequel, pour recharger la batterie à l'aide du
- 15 moteur thermique sans entraîner l'hélice, les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :
- ouverture du troisième embrayage et du deuxième embrayage,
 - fermeture du premier embrayage et du quatrième embrayage,
- de sorte que le moteur thermique entraîne l'arbre intermédiaire pour faire
- 20 tourner le rotor, de préférence munis des aimants, en regard du stator, de préférence muni du bobinage, afin de générer un courant (dans le bobinage), et en ce que le système de gestion électrique contrôle le courant produit par le moteur électrique fonctionnant en génératrice pour recharger la batterie.

- 25 Selon un mode de réalisation, il est proposé un procédé de de pilotage d'un engin tel que décrit ci-dessus, dans lequel, l'engin comprenant des roues munies d'une motorisation électrique connectée à la batterie d'alimentation de l'engin par l'intermédiaire d'un système de gestion électrique, le procédé comprend l'alimentation de la motorisation électrique des roues par la batterie
- 30 électrique.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- 5 - la Figure 1 est une vue schématique d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention ;
- la Figure 1A est une vue schématique d'un groupe motopropulseur d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention ;
- la Figure 2 est une vue schématique d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, lors de son décollage et/ou de sa montée ;
- 10 - la Figure 2A est une vue schématique d'un groupe motopropulseur d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, en mode de propulsion électrique ;
- la Figure 2B est une vue schématique d'un groupe motopropulseur d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, en mode de propulsion thermique ;
- 15 - la Figure 2C est une vue schématique d'un groupe motopropulseur d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, en mode de propulsion thermique et électrique ;
- la Figure 3 est une vue schématique d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, au cours de son sol, par exemple en palier ;
- 20 - la Figure 3A est une vue schématique d'un groupe motopropulseur d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, en mode recharge en vol ;
- la Figure 4 est une vue schématique d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, au cours d'une descente de l'aéronef ;
- 25 - la Figure 4A est une vue schématique d'un groupe motopropulseur d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, en mode récupération d'énergie électrique ;
- la Figure 5 est une vue schématique d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, l'aéronef étant au sol ;
- 30 - la Figure 5A est une vue schématique d'un groupe motopropulseur d'un aéronef conformément à un mode de réalisation de l'invention, en mode recharge via son moteur thermique alors que l'aéronef est au sol ;

12

- la Figure 6 est une vue schématique d'une variante de groupe motopropulseur.

DESCRIPTION DETAILLEE

5

Le concept de l'invention est décrit plus complètement ci-après avec référence aux dessins joints, sur lesquels des modes de réalisation du concept de l'invention sont montrés. Sur les dessins, la taille et les tailles relatives des éléments peuvent être exagérées à des fins de clarté. Des numéros similaires
10 font référence à des éléments similaires sur tous les dessins. Cependant, ce concept de l'invention peut être mis en œuvre sous de nombreuses formes différentes et ne devrait pas être interprété comme étant limité aux modes de réalisation exposés ici. Au lieu de cela, ces modes de réalisation sont proposés de sorte que cette description soit complète, et communiquent l'étendue du
15 concept de l'invention aux hommes du métier. Les modes de réalisation qui suivent sont examinés, par souci de simplification, en relation avec la terminologie et la structure d'un aéronef. Comme expliqué ci-après, l'engin peut aussi être un engin nautique.

20 Une référence dans toute la spécification à « un mode de réalisation » signifie qu'une fonctionnalité, une structure, ou une caractéristique particulière décrite en relation avec un mode de réalisation est incluse dans au moins un mode de réalisation de la présente invention. Ainsi, l'apparition de l'expression « dans un mode de réalisation » à divers emplacements dans toute la spécification ne fait
25 pas nécessairement référence au même mode de réalisation. En outre, les fonctionnalités, les structures, ou les caractéristiques particulières peuvent être combinées de n'importe quelle manière appropriée dans un ou plusieurs modes de réalisation.

30 A la figure 1, on a illustré un engin qui est un aéronef 100 à hélice. L'aéronef est par exemple un avion, un drone ou un hélicoptère.

L'aéronef 100 comporte un groupe motopropulseur, encore appelé module de

puissance, qui comprend un carter 190 et un système de propulsion à hélice, une motorisation thermique et une motorisation électrique. Comme visibles aux figures 1 à 5 et comme expliqué ci-après, le carter 190 loge la motorisation thermique, le rotor 202 du moteur électrique 2, le stator 201 pour être formé par
5 une partie du carter 190.

Le groupe motopropulseur peut également être appliqué à une propulsion nautique, de sorte que l'engin peut être un engin nautique. Le système de propulsion à hélice comprend une hélice 3 et un arbre A3 d'hélice auquel est
10 fixé l'hélice 3.

A titre d'exemple, le moteur thermique et/ou le moteur électrique peuvent permettre d'entraîner un ou plusieurs autres systèmes de propulsion à hélice supplémentaires 3' comme schématisé sur la figure 1. Ce type de configuration
15 peut être appelé « propulsion distribuée ».

La motorisation thermique comprend un moteur thermique 1 qui présente un arbre A1 de sortie, entrainable en rotation par le moteur thermique. Le moteur thermique peut par exemple tourner à une vitesse de l'ordre de 6000
20 tours/minute.

Selon un aspect particulier, le groupe motopropulseur comprend un amortisseur de couple AM1 permettant de corriger/lisser les acyclismes du moteur thermique.

25

La motorisation électrique comprend un moteur électrique 2. Le moteur électrique 2 peut tourner par exemple à une vitesse de l'ordre de 6000 tours/minute. La motorisation électrique comporte aussi un système d'alimentation 4 électrique qui comprend une batterie 40 permettant d'alimenter
30 le moteur électrique 2.

Un système de réduction, par exemple à train épicycloïdal tel que présenté ci-après, permet que l'hélice soit entraînée à une vitesse plus faible, par exemple

de l'ordre de 2000 tours/minute.

Le système d'alimentation 4 électrique comporte aussi un système de gestion électrique 41, 42 qui comprend un boîtier haute-tension 41 qui permet d'ouvrir
5 ou de fermer le circuit d'alimentation entre la batterie 40 et le moteur électrique 2. Le système d'alimentation 4 électrique comporte aussi un contrôleur 42 qui permet de traiter le courant fourni par la batterie 40 ou produit par le moteur électrique 2 lorsqu'il fonctionne en génératrice.

10 A titre d'exemple, le contrôleur 42 peut ainsi transformer le courant continu issu de la batterie 40 en courant alternatif, par exemple en le hachant pour alimenter le moteur électrique 2, et inversement pour transformer le courant alternatif produit par le moteur électrique 2 en courant continu pour permettre la recharge
15 de la batterie 40, lorsque le moteur électrique 2 fonctionne en génératrice, en particulier lorsque, comme expliqué ci-après, le rotor du moteur électrique 2 est entraîné par le moteur thermique 1 ou l'hélice 3.

Le groupe motopropulseur comprend aussi un système d'embrayages configuré pour pouvoir présenter plusieurs configurations comme détaillé ci-après

20

Comme expliqué ci-après, l'agencement de la motorisation électrique, de la motorisation thermique et du système de propulsion à hélice permet, en combinaison avec le système d'embrayages, de sélectivement :

- entraîner le système de propulsion à hélice 3 pour la propulsion de l'aéronef à l'aide du moteur thermique 1 seul ;
- entraîner le système de propulsion à hélice 3 dans le sens de la propulsion de l'aéronef à l'aide du moteur thermique 1 seul et d'entraîner le moteur électrique 2 pour le rechargement de la batterie et éventuellement d'une ou plusieurs autres batteries, à l'aide du moteur thermique 1 ;
- 30 - entraîner le système de propulsion à hélice 3 pour la propulsion de l'aéronef à l'aide de la motorisation électrique 2 seule ;
- entraîner le système de propulsion à hélice 3 à l'aide du mouvement de rotation de l'arbre de sortie du moteur thermique 1 transmis à l'arbre d'hélice et

15

du mouvement de rotation du moteur électrique 2 transmis également à l'arbre d'hélice (ou hélice 3). Autrement dit, dans ce cas la rotation de l'hélice résulte de la transmission à l'arbre d'hélice A3 (ou hélice 3) du mouvement de rotation combiné du moteur thermique et du moteur électrique.

5

Selon un mode de réalisation particulier, le système d'embrayages du groupe motopropulseur présente une configuration permettant d'entraîner le moteur électrique 2 pour le rechargement de la batterie 40, lorsque l'hélice 3 est entraînée par effet éolien (ou hydrolén).

10

Le système d'embrayages peut comprendre des embrayages de type à friction ou à crabot.

Le groupe motopropulseur comprend un arbre intermédiaire A2. Comme visible aux figures, l'arbre intermédiaire A2 est interposé entre l'arbre de sortie 1 et l'arbre d'hélice A3. Par ailleurs, l'arbre intermédiaire A2 est logé dans le rotor 202.

Système d'embrayages selon le mode de réalisation des figures 1 à 5

20

Dans le mode de réalisation des figures 1 à 5, l'arbre A2 est solidarizable (couplable) en rotation de l'arbre d'hélice A3 par l'intermédiaire de l'embrayage E23. Dans le mode de réalisation alternatif illustré à la figure 6 et présenté ci-après, l'arbre A2 correspond à une portion dudit arbre d'hélice A3.

25

Le système d'embrayages comprend un embrayage E123 qui, à l'état fermé, transmet la rotation du moteur thermique 1 à l'arbre intermédiaire A2. A l'état ouvert de l'embrayage E123, la rotation de la motorisation thermique 1 n'est plus transmise à l'arbre intermédiaire A2. L'embrayage E123 est situé entre l'arbre A1 de sortie du moteur thermique et l'arbre intermédiaire A2.

30

Le système d'embrayages comprend aussi un embrayage E324 qui, à l'état fermé, transmet la rotation du moteur électrique 2, en particulier du rotor 202, à

l'hélice 3. A l'état ouvert de l'embrayage E324, le rotor 202 n'est plus couplé en rotation à l'hélice 3, ou arbre d'hélice A3 (en particulier lorsque l'embrayage E14 et/ou E23 est ouvert).

- 5 Le système d'embrayages comprend l'embrayage E23 qui, à l'état fermé, permet de transmettre la rotation de l'arbre intermédiaire A2 à l'arbre d'hélice A3, de préférence avec un système de réduction.

L'embrayage E23 permet de transmettre à l'arbre d'hélice A3 la rotation de
10 l'arbre intermédiaire A2 qui provient de la rotation de l'arbre de sortie A1, à l'état fermé de l'embrayage E123, et/ou qui provient de la rotation du rotor 202 à l'état fermé de l'embrayage E14.

L'ouverture des embrayages permet d'interrompre la transmission de
15 mouvement correspondante.

Dans l'exemple illustré aux figures 1 à 5, le système d'embrayages comprend un embrayage E14 dont une première partie est, à l'état fermé du premier embrayage E123, solidaire en rotation de l'arbre A1 de sortie du moteur
20 thermique 1. Ladite première partie de l'embrayage E14 est montée solidaire en rotation d'une partie de l'arbre intermédiaire A2. Une deuxième partie de l'embrayage E14 est montée solidaire en rotation du rotor 202 du moteur électrique 2.

25 Dans l'exemple illustré aux figures 1 à 5, l'embrayage E324 présente une partie qui est couplée (en rotation) au rotor 202 du moteur électrique 2 par l'intermédiaire d'un système de transmission mécanique à engrenages S3, S223, C213, et dont l'autre partie est solidaire en rotation de l'hélice 3 (ou arbre d'hélice). En particulier, ladite autre partie est montée solidaire de la base du
30 nez de l'hélice 3, encore appelé plateau d'hélice. L'embrayage E324 permet ainsi de transmettre la rotation du rotor 202 du moteur électrique 2 à l'hélice 3 (ou encore à l'arbre d'hélice A3 qui est solidaire de l'hélice).

En position fermée, l'embrayage E324 permet que le moteur électrique 2 soit entraîné par l'hélice 3 lorsque celle-ci est entraînée par le flux extérieur auquel elle est soumise (effet éolien ou hydrolén).

5

Le système de transmission mécanique S3, S223, C213 est un système de transmission par engrenement. Le système de transmission est de préférence de type train épicycloïdal. Le train épicycloïdal comprend un arbre intérieur S3, appelé soleil, correspondant à une partie du rotor 202 du moteur électrique 2, et
10 une couronne C213 portée par l'intérieur du corps creux du stator 201 (présenté ci-après) et un satellite S223 interposé entre le soleil S3 et la couronne C213. Le satellite S223 est solidaire d'un porte-satellite qui est coaxial avec l'arbre d'hélice A3. L'extrémité du porte-satellite opposée au satellite S223 est montée solidaire en rotation d'une partie de l'embrayage E324.

15

L'embrayage E23 comprend une partie couplée (en rotation) à l'arbre intermédiaire A2 par le système transmission mécanique à engrenages S2, S23, C223 et une autre partie solidaire en rotation de l'arbre d'hélice A3.

20 Dans l'exemple illustré aux figures 1 à 5, le système de transmission mécanique S2, S23, C223 est un système de transmission par engrenement. Le système de transmission est de préférence de type train épicycloïdal. Le train épicycloïdal comprend un arbre intérieur S2, appelé soleil, correspondant à une partie de l'arbre intermédiaire 2 et une couronne C223 portée par l'intérieur du
25 corps creux du rotor. Un satellite S23 est interposé entre le soleil S2 et la couronne C223. Le satellite S23 est solidaire d'un porte-satellite qui est coaxial avec l'arbre intermédiaire A2 et l'arbre d'hélice A3. L'extrémité du porte-satellite opposée au satellite S23 est solidaire en rotation d'une partie de l'embrayage E23.

30

Motorisation électrique selon le mode de réalisation des figures 1 à 5

Dans le mode de réalisation illustré aux figures 1 à 5, le moteur électrique 2 comprend un stator 201 et un rotor 202. Le stator 201 a un corps creux muni d'un bobinage 21 sur sa face interne. Dans l'exemple illustré aux figures 1 à 5, le stator 201 est une partie du carter 190.

5

Le rotor 202 a un corps rotatif autour de l'axe (longitudinal) de l'arbre intermédiaire A2 et à l'intérieur du stator 201. Selon l'état de configuration du système d'embrayage le rotor peut tourner autour de l'arbre intermédiaire A2, relativement audit arbre intermédiaire, ou tourner avec ledit arbre intermédiaire
10 A2 autour dudit axe (longitudinal) de l'arbre intermédiaire A2. Avantageusement, le rotor 202 est muni d'aimants 22 sur sa face périphérique externe.

L'entraînement de l'arbre intermédiaire A2 en rotation par l'arbre A1 de sortie
15 du moteur 1 ou par la rotation du rotor 202 du moteur électrique 2, permet d'entraîner en rotation le satellite S23 et ainsi le porte-satellite couplé à l'embrayage E23. La fermeture de l'embrayage E23 permet de transmettre cette rotation à l'arbre d'hélice A3 pour l'entraînement en rotation de l'hélice 3.

20 Ainsi, la rotation de l'arbre intermédiaire A2 peut être transmise à l'arbre d'hélice A3, et donc à l'hélice 3, par fermeture de l'embrayage E23.

Par ailleurs, la fermeture de l'embrayage E324 permet de transmettre le mouvement de rotation entre le rotor 202 du moteur électrique 2 et l'hélice 3.

25

Selon un aspect particulier, le système d'embrayages E123, E14, E23, E324 est aussi configuré pour présenter une configuration selon laquelle l'hélice 3, mise en rotation par effet éolien ou hydrolien, transmet son mouvement de rotation au moteur électrique 2 pour générer un courant électrique permettant
30 de recharger la batterie 40.

Selon un aspect particulier, l'un des embrayages E14, E324 est ouvert, tandis que l'autre embrayage E324, E14 est fermé.

On peut prévoir qu'une ou chacune des parties d'un embrayage montée solidaire en rotation d'un arbre soit montée coulissant, par exemple à l'aide de cannelures, sur ledit arbre pour passer d'une position de fermeture à une position d'ouverture et inversement.

Procédé de pilotage

Le groupe motopropulseur présenté ci-avant permet de mettre en œuvre différents procédés de pilotage de l'aéronef en adaptant la configuration des embrayages.

Dans l'exemple illustré aux figures 2A, 2B, 2C, 3A, 4A, 5A les embrayages sont représentés par simplification en position ouverte. Pour autant, la description ci-après précise la configuration réelle, ouverte ou fermée, de chacun desdits embrayage selon le procédé de pilotage mis en œuvre. Par ailleurs, des flèches ont été ajoutées (distinctes des flèches de référence) pour symboliser la chaîne de transmission de mouvement qui est active et le cas échéant le courant électrique délivré ou reçu par le système d'alimentation électrique.

Pour un usage optimal de l'aéronef lors d'une phase de décollage et/ou de montée, le groupe motopropulseur permet une propulsion électrique de l'aéronef.

Dans l'exemple illustré aux figures 2 et 2A, les embrayages sont amenés dans la configuration suivante. L'embrayage E123 est ouvert pour libérer le moteur thermique 1 par rapport à l'hélice 3. L'embrayage E14 et l'embrayage E23 sont de préférence ouverts. L'embrayage E324 est fermé pour transmettre le mouvement du moteur électrique 2 à l'hélice 3. La flèche montre que le mouvement de rotation du rotor 202 du moteur électrique 2, alimenté électriquement par la batterie 40, est transmis à l'hélice 3 par l'embrayage E324.

Dans l'hypothèse d'une panne se produisant sur la chaîne de transmission électrique, le groupe motopropulseur permet d'utiliser la propulsion thermique sans utilisation de la motorisation électrique.

- 5 Ainsi, dans l'exemple illustré à la Figure 2B, les embrayages peuvent être amenés dans une configuration selon laquelle l'embrayage E123 et l'embrayage E23 sont fermés pour transmettre le mouvement du moteur thermique 1 à l'hélice 3. Le mouvement du moteur thermique 1 est transmis à l'hélice 3 par les arbres A1, A2 et A3. Selon un aspect particulier illustré pour le
- 10 mode de réalisation de la figure 2B, l'embrayage E14 et l'embrayage E324 sont ouverts pour éviter que le rotor 202 du moteur électrique 2 ne tourne. La flèche montre que le moteur thermique 1 transmet son mouvement de rotation à l'hélice 3 via les embrayages E123 et E23.
- 15 Une panne peut résulter par exemple d'une surchauffe de la batterie, d'un dysfonctionnement d'un composant de la chaîne de transmission électrique. Il en résulte que le rotor du moteur électrique ne tourne plus.

- Comme expliqué ci-dessus, en cas de panne sur la chaîne de transmission
- 20 électrique, on peut prévoir par sécurité d'ouvrir E324 et de préférence E14 pour réduire le risque de problème électrique supplémentaire qui résulterait de la rotation dans un sens ou dans l'autre du rotor 202.

- La panne peut être détectée en fonction des critères suivants qui peuvent être
- 25 pris ou non dans toute combinaison techniquement possible :

- diminution de puissance électrique par rapport à une valeur seuil,
- diminution de vitesse rotation,
- diminution de la pente de la trajectoire,
- diminution de la vitesse d'avance de l'aéronef,
- 30 - augmentation inusuelle de l'ampérage

Lorsqu'une panne électrique est détectée alors que seule la propulsion électrique était utilisée, on peut ainsi prévoir de passer en mode propulsion

thermique pour palier la panne sur la chaîne de transmission électrique.

Une telle configuration des embrayages qui permet un entraînement de l'hélice par le moteur thermique seul, c'est-à-dire sans apport du moteur électrique, 5 peut aussi être utilisée lors d'un décollage normal pour conserver la charge de la batterie électrique ou lorsque celle-ci est déchargée.

Une telle configuration des embrayages peut aussi être utilisée lors d'un vol en palier de l'aéronef lorsque la batterie est considérée comme suffisamment 10 chargée et que l'on souhaite conserver sa charge.

Le groupe motopropulseur permet en outre de combiner le mouvement de rotation fourni par le moteur thermique et le mouvement de rotation fourni par le moteur électrique pour entraîner l'hélice.

15

Ainsi, par exemple lorsque la piste de décollage est courte, afin de bénéficier d'un mode dit superpuissance, c'est-à-dire pour une propulsion par usage cumulé du moteur thermique 1 et du moteur électrique 2, les embrayages peuvent être amenés dans la configuration suivante illustrée à la Figure 2C. 20 L'embrayage E123 est fermé, l'embrayage E14 est ouvert, l'embrayage E23 est fermé pour transmettre le mouvement du moteur thermique 1 à l'hélice 3 et l'embrayage E324 est fermé pour transmettre le mouvement du moteur électrique 2 à l'hélice 3. Les flèches montrent que le moteur thermique transmet son mouvement de rotation à l'hélice via les embrayages E123 et E23, tandis 25 que le mouvement de rotation du rotor 202 du moteur électrique 2 alimenté en courant par la batterie 40 est transmis à l'hélice par l'embrayage E324.

Le groupe motopropulseur permet en outre de recharger la batterie 40 à l'aide du moteur thermique 1 tout en conservant un entraînement en rotation de 30 l'hélice 3. Ainsi, par exemple pour une recharge en vol de l'aéronef comme illustré aux figures 3 et 3A, les embrayages peuvent être amenés dans la configuration suivante. L'embrayage E324 est ouvert. L'embrayage E123, l'embrayage E14 et l'embrayage E23 sont fermés. Ainsi, comme l'illustre la

flèche, le moteur thermique 1 entraîne l'arbre intermédiaire A2, ce qui fait tourner le rotor 202 muni des aimants 22 en regard du bobinage 21 du stator 201 et génère ainsi un courant dans le bobinage 21, tout en entraînant l'arbre d'hélice A3. Le système de gestion électrique 41, 42 contrôle le courant produit
5 par la rotation du rotor 202 afin de recharger la batterie 40.

Un tel mode de fonctionnement du groupe motopropulseur permet d'utiliser le surplus de puissance du moteur thermique 1 pour recharger la batterie 40 en vol, notamment lorsque la batterie a été utilisée pour la propulsion électrique en
10 phase de roulage, décollage et/ou de montée.

Le groupe motopropulseur permet une récupération d'énergie par effet éolien ou hydrolien. Ainsi, notamment lors d'une descente de l'aéronef en laissant l'hélice 3 tourner sous l'effet du flux d'air dans lequel elle se situe, comme
15 illustré aux Figures 4 et 4A, les embrayages peuvent être amenés dans la configuration suivante. L'embrayage E123 et l'embrayage E14 sont ouverts pour découpler l'hélice 3 par rapport au moteur thermique 1 et découpler le rotor 202 par rapport au moteur thermique 1. De préférence, l'embrayage E23 est ouvert. L'embrayage E324 est fermé. La flèche montre ainsi que le
20 mouvement de l'hélice 3 est transmis au rotor 202 du moteur électrique 2 via le satellite S223 et le soleil S3 et que le courant ainsi généré est utilisé pour recharger la batterie 40.

Le groupe motopropulseur permet de recharger la batterie 40 à l'aide du moteur thermique 1 sans entraîner l'hélice 3. Ainsi, par exemple pour une recharge au
25 sol de l'aéronef et comme illustré aux Figures 5 et 5A, les embrayages peuvent être amenés dans la configuration suivante. L'embrayage E324 et l'embrayage E23 sont ouverts. L'embrayage E123 et l'embrayage E14 sont fermés. Ainsi comme le montre la flèche de la figure 5A, le moteur thermique 1 entraîne
30 l'arbre intermédiaire A2 pour faire tourner le rotor 202 muni des aimants 22 en regard du bobinage 21 du stator 201 afin de générer un courant que le système de gestion électrique 41, 42 contrôle pour recharger la batterie 40.

Selon un mode de réalisation particulier, l'aéronef comprenant des roues munies d'une motorisation électrique connectée à la batterie 40 d'alimentation de l'aéronef par l'intermédiaire d'un système 41, 42 de gestion électrique. Dans ce cas le groupe motopropulseur permet d'alimenter la motorisation électrique
5 des roues par la batterie 40 électrique.

Le système de gestion de la motorisation électrique des roues peut être celui qui sert également à la gestion de l'alimentation du moteur électrique de l'aéronef ou être un système de gestion distinct, interposé entre la batterie et la
10 motorisation électrique des roues.

Le moteur thermique 1 peut être éteint ou peut tourner au ralenti en attendant d'être utilisé. En particulier dans le cas où le moteur thermique est allumé, chacun des embrayages E23 et E324 est débrayé afin de ne pas entraîner
15 l'hélice.

Le fait de ne pas entraîner l'hélice permet d'augmenter la sécurité du matériel et des personnes autour de l'avion en phase de roulage tout en évitant de consommer inutilement de l'énergie de la batterie par mise en rotation de
20 l'hélice.

Variante de réalisation illustrée à la Figure 6

Dans le mode de réalisation de la figure 6, le groupe motopropulseur comprend un embrayage E123, par exemple à friction, entre ledit moteur thermique 1 et l'arbre intermédiaire A2.
25

Dans cet exemple de la figure 6, l'arbre d'hélice A3 est solidaire de l'arbre intermédiaire A2.

30

Une partie de l'embrayage E123 est couplée en rotation à l'arbre de sortie A1 du moteur thermique 1 et l'autre partie de l'embrayage E123 est couplée en rotation à une partie de l'arbre intermédiaire A2.

L'arbre intermédiaire A2 est en deux parties décalées axialement l'une par rapport à l'autre. Les deux parties de l'arbre intermédiaire A2 sont raccordées entre elles par un dispositif de transmission T12 à poulies et courroie.

5

La motorisation électrique peut comprendre un ou plusieurs moteurs électriques 2 décalés axialement par rapport à l'arbre d'hélice A3. On pourrait également prévoir un décalage "radial" avec un système d'engrenages à renvoi d'angle, et sur chaque arbre de sortie de moteur électrique un système de crabotage ou

10

d'embrayage.

Chaque moteur électrique 2 est raccordé au système d'alimentation 4 électrique. En particulier, il est prévu un contrôleur 42 par moteur électrique 2.

15

L'arbre de sortie de chaque moteur électrique 2 est solidaire en rotation d'une partie d'un embrayage E324', de préférence de type crabot. L'autre partie de l'embrayage E324' est solidaire en rotation d'un système de transmission T23, par exemple à poulies et courroie, agencé pour transmettre le mouvement de rotation de la motorisation électrique à l'arbre d'hélice A3.

20

Chaque embrayage E324' permet de découpler le moteur électrique 2 associé par rapport au système de transmission T23, notamment en cas de défaillance dudit ou de chacun desdits moteurs électriques.

25

Ainsi, dans ce mode de réalisation illustré à la figure 6, chaque moteur électrique 2 est doté d'un système indépendant d'embrayage E324' de type à friction ou par crabotage, qui peut être assimilé fonctionnellement à l'embrayage E324 du mode de réalisation des figures 1 à 5.

30

Seuls deux moteurs électriques sont schématisés à la figure 6, mais un troisième moteur électrique est néanmoins présent et relié au système de transmission T23, de manière similaire aux autres moteurs électriques, par un embrayage à friction ou à crabots, par exemple du type de l'embrayage E324'.

La motorisation électrique présente de préférence trois moteurs électriques ou plus.

5 Dans l'exemple illustré aux figures 1 à 5, les arbres du groupe motopropulseur sont coaxiaux et la transmission de mouvement d'un arbre s'effectue à l'aide d'embrayages également coaxiaux. Selon la variante de réalisation de la figure 6, les arbres A1 et A3 sont décalés axialement.

10 On comprend ainsi que l'arbre d'hélice A3 peut être entraîné par la motorisation électrique à l'état fermé du ou de chaque 'embrayage E324', et/ou par le moteur thermique à l'état fermé de l'embrayage E123.

Aspects particuliers

15 On peut prévoir que le système d'embrayages soit commandé pour passer d'une configuration à une autre par un dispositif de commande manuel ou automatique. En particulier on peut prévoir qu'une unité de pilotage, telle qu'un calculateur, permette de piloter un système d'actionnement des embrayages pour commander le passage d'une configuration à une autre. L'unité de pilotage
20 peut se présenter sous la forme d'un processeur et d'une mémoire de données dans laquelle sont stockées des instructions informatiques exécutables par ledit processeur, ou encore sous la forme d'un microcontrôleur.

Autrement dit, les fonctions et étapes décrites peuvent être mise en œuvre à
25 l'aide de programme informatique ou via des composants matériels (p. ex. des réseaux de portes programmables). En particulier, les fonctions et étapes opérées par l'unité de pilotage peuvent être réalisées par des jeux d'instructions ou modules informatiques implémentés dans un processeur ou contrôleur ou être réalisées par des composants électroniques dédiés ou des composants de
30 type FPGA ou ASIC. Il est aussi possible de combiner des parties informatiques et des parties électroniques.

Dans le cas où l'aéronef est un avion muni de roues, il est également possible

de prévoir qu'une ou plusieurs roues soit munies d'un moteur électrique, par exemple incorporé dans le moyeu. Le moteur électrique de chaque roue peut être raccordé au système de gestion électrique de l'aéronef. Ainsi pour la phase de roulage, le ou les moteurs électriques des roues peuvent être alimentés par la batterie 40 à l'aide du système d'alimentation 4 électrique.

L'aéronef peut comprendre plusieurs systèmes de propulsion à hélice auxiliaires qui peuvent être commandés de manière indépendante les uns des autres.

10

Selon un aspect particulier, l'aéronef peut comprendre deux moteurs à hélice auxiliaires (de préférence latéraux) et entre les deux moteurs à hélice, le système de propulsion à hélice du groupe motopropulseur selon l'invention. Ces motorisations auxiliaires et le groupe motopropulseur peuvent être indifféremment de type tractif ou propulsif.

15

On peut prévoir que la ou chaque hélice est à pas variable et qu'elle peut être mise en configuration dite drapeau pour réduire la traînée en cas de non utilisation.

20

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation illustrés dans les dessins.

De plus, le terme « comprenant » n'exclut pas d'autres éléments ou étapes. En outre, des caractéristiques ou étapes qui ont été décrites en référence à l'un des modes de réalisation exposés ci-dessus peuvent également être utilisées en combinaison avec d'autres caractéristiques ou étapes d'autres modes de réalisation exposés ci-dessus.

25

REVENDEICATIONS

1. Engin (100), tel qu'un aéronef, muni d'un groupe motopropulseur qui comprend :
- 5 - une motorisation thermique comprenant un moteur thermique (1) et un arbre (A1), appelé arbre de sortie du moteur thermique, entrainable en rotation par le moteur thermique ;
 - une motorisation électrique comprenant un moteur électrique (2) ;
 - un système d'alimentation (4) électrique comprenant une batterie (40)
 - 10 permettant d'alimenter le moteur électrique (2) ;
 - un système de propulsion à hélice comprenant une hélice (3) et un arbre (A3), appelé arbre d'hélice, auquel est couplé l'hélice (3) ;
- le groupe motopropulseur comprenant aussi un système d'embrayages (E123, E14, E23, E324) configuré pour permettre, sélectivement :
- 15 - d'entraîner l'hélice (3) à l'aide du moteur thermique (1) sans transmission de rotation du moteur électrique (2) à l'hélice (3) ;
 - d'entraîner l'hélice (3) à l'aide du moteur électrique (2) sans transmission de rotation du moteur thermique (1) à l'hélice (3) ;
 - d'entraîner l'hélice (3) par transmission combinée du mouvement de
 - 20 rotation du moteur thermique (1) à l'hélice (3), et du mouvement de rotation du moteur électrique (2) à l'hélice (3) ;
- le groupe motopropulseur comprenant un arbre (A2), appelé arbre intermédiaire, solidaire de ou couplable en rotation à l'arbre d'hélice (A3), et le système d'embrayages comprenant :
- 25 - un premier embrayage (E123) configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur thermique (1) à l'arbre intermédiaire (A2), et
 - un deuxième embrayage (E23) configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation de l'arbre intermédiaire (A2) à l'arbre d'hélice (A3) et/ou un troisième embrayage (E324) configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du
 - 30 moteur électrique (2) à l'arbre d'hélice (A3) ;
- le moteur électrique (2) comprenant un stator (201) et un rotor (202), le rotor étant monté rotatif autour de l'arbre intermédiaire (A2) et à l'intérieur du stator (201), le rotor (202) et l'arbre intermédiaire (A2) étant coaxiaux.

2. Engin (100) selon la revendication 1, dans lequel chaque arbre (A1, A2) qui forme partie de la chaîne de transmission de mouvement à l'hélice (3) est coaxial avec l'arbre d'hélice (A3).

5

3. Engin (100) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le stator (201) se présente sous la forme d'un corps creux et muni d'un bobinage (21), et le rotor (202) est muni d'aimants (22).

10 4. Engin (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le groupe motopropulseur comprend aussi un système de transmission mécanique (S2, S23, C223) de type train épicycloïdal, qui comprend :

- un arbre intérieur (S2), appelé soleil, correspondant à une partie de l'arbre intermédiaire (2) et une couronne (C223) portée par l'intérieur du corps creux du rotor ;

15

- un satellite (S23) interposé entre le soleil (S2) et la couronne (C223), et un porte-satellite dont l'extrémité opposée au satellite (S23) est solidaire en rotation d'une partie du deuxième embrayage (E23), le deuxième embrayage (E23) comprenant une autre partie solidaire en rotation de l'arbre d'hélice (A3).

20

5. Engin (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le système d'embrayages comprend un quatrième embrayage (E14) configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur thermique (1) au moteur électrique (2) pour le faire fonctionner en génératrice.

25

6. Engin (100) selon la revendication 5, dans lequel le quatrième embrayage (E14) comprend une partie qui est, à l'état fermé du premier embrayage (E123), solidaire en rotation de l'arbre (A1) de sortie du moteur thermique (1), et une autre partie qui est montée solidaire en rotation du rotor (202) du moteur électrique (2).

30

7. Engin (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le troisième embrayage (E324) comprend une partie solidaire en rotation du rotor

(202) du moteur électrique (2) par l'intermédiaire d'un système de transmission mécanique (S3, S223, C213), et une partie solidaire en rotation de l'hélice (3).

8. Engin (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le système d'alimentation (4) électrique comporte aussi un système de gestion électrique (41, 42) qui comprend :

- un boîtier haute-tension (41) qui permet d'ouvrir ou de fermer le circuit d'alimentation entre la batterie (40) et le moteur électrique (2) ;
- un contrôleur (42) qui permet de traiter le courant fourni par la batterie (40) ou produit par le moteur électrique (2) lorsqu'il fonctionne en génératrice.

9. Procédé de pilotage d'un engin (100) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, pour une propulsion électrique de l'engin notamment lors d'une phase de décollage et/ou de montée,

les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

- le premier embrayage (E123) est ouvert pour libérer le moteur thermique (1) par rapport à l'hélice (3) ;
- le quatrième embrayage (E14), lorsqu'il est présent, et le deuxième embrayage (E23) sont de préférence ouverts ;
- le troisième embrayage (E324), lorsqu'il est présent, est fermé pour transmettre le mouvement du moteur électrique (2) à l'hélice (3).

10. Procédé de pilotage d'un engin (100) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, pour une propulsion thermique sans utilisation de la motorisation électrique, par exemple lorsqu'une panne se produit sur la chaîne de transmission électrique,

les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

- le premier embrayage (E123) est fermé ;
- le deuxième embrayage (E23) est fermé pour transmettre le mouvement du moteur thermique (1) à l'hélice (3).

11. Procédé de pilotage d'un engin (100) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, pour une propulsion par usage cumulé du

moteur thermique (1) et du moteur électrique (2),

les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

- le premier embrayage (E123) est fermé :

- le deuxième embrayage (E23) est fermé pour transmettre le mouvement du
5 moteur thermique (1) à l'hélice (3),

- le troisième embrayage (E324), lorsqu'il est présent, est fermé pour
transmettre le mouvement du moteur électrique (2) à l'hélice (3),

- le quatrième embrayage (E14), lorsqu'il est présent, est ouvert.

10 12. Procédé de pilotage d'un engin (100) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, et dont le système d'embrayages comprend un quatrième embrayage (E14) configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur thermique (1) au moteur électrique (2) pour le faire fonctionner en génératrice,

15 dans lequel, pour recharger la batterie (40) à l'aide du moteur thermique (1) tout en conservant un entraînement en rotation de l'hélice (3), par exemple pour une recharge en vol de l'engin, les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

le premier embrayage (E123), le quatrième embrayage (E14) et le deuxième

20 embrayage (E23) sont fermés, de sorte que le moteur thermique (1) entraîne l'arbre intermédiaire (A2) pour faire tourner le rotor (202) en regard du stator (201) afin de générer un courant, tout en entraînant l'arbre d'hélice (A3) ;

et en ce que le système de gestion électrique (41, 42) contrôle le courant produit par le moteur électrique (2) fonctionnant en génératrice pour recharger

25 la batterie (40).

13. Procédé de pilotage d'un engin (100) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, et dont le système d'embrayages comprend un quatrième embrayage (E14) configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du
30 moteur thermique (1) au moteur électrique (2) pour le faire fonctionner en génératrice,

dans lequel, pour une récupération d'énergie par effet éolien ou hydrolén,

les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

- au moins l'un parmi le premier embrayage (E123) et le quatrième embrayage (E14) est ouvert pour découpler l'hélice (3) par rapport au moteur thermique (1) ou découpler le rotor (202) par rapport au moteur thermique (1) ;
- 5 -de préférence, le deuxième embrayage (E23) est ouvert ;
- le troisième embrayage (E324) est fermé pour transmettre le mouvement de l'hélice (3) au rotor (202) du moteur électrique (2).

14. Procédé de pilotage d'un engin (100) conforme à l'une quelconque des
10 revendications 1 à 8, et dont le système d'embrayages comprend un quatrième embrayage (E14) configuré pour, à l'état fermé, transmettre la rotation du moteur thermique (1) au moteur électrique (2) pour le faire fonctionner en génératrice,

dans lequel, pour recharger la batterie (40) à l'aide du moteur thermique (1)
15 sans entraîner l'hélice (3), les embrayages sont amenés dans la configuration suivante :

- ouverture du troisième embrayage (E324) et du deuxième embrayage (E23),
 - fermeture du premier embrayage (E123) et du quatrième embrayage (E14),
- de sorte que le moteur thermique (1) entraîne l'arbre intermédiaire (A2) pour
20 faire tourner le rotor (202) afin de générer un courant,
et en ce que le système de gestion électrique (41, 42) contrôle le courant produit par le moteur électrique (2) fonctionnant en génératrice pour recharger la batterie (40).

25 15. Procédé de pilotage d'un engin (100) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, l'engin comprenant des roues munies d'une motorisation électrique connectée à la batterie (40) d'alimentation de l'engin par l'intermédiaire d'un système (41, 42) de gestion électrique, le procédé comprend l'alimentation de la motorisation électrique des roues par la batterie
30 (40) électrique.