

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

- un organe de commande (6) d'un pas collectif des pales (7) dudit au moins un rotor principal (2), ledit organe de commande (6) permettant de générer une consigne de commande Cp dudit pas collectif,
- au moins un turbomoteur (5) apte à entraîner en rotation ledit au moins un rotor principal (2), ledit au moins un turbomoteur (5) produisant au moins temporairement un couple moteur TQ transmis audit au moins un rotor principal (2), et
- des moyens de mesure (8) permettant de mesurer à chaque instant une mesure dudit couple moteur TQ transmis par ledit au moins un turbomoteur (5) audit au moins un rotor principal (2).

«Dispositif de régulation de la vitesse de rotation d'un arbre d'un générateur de gaz de turbomoteur de giravion, giravion équipé d'un tel dispositif et méthode de régulation associée»

ABREGE DESCRIPTIF

La présente invention concerne un dispositif de régulation (1) d'une vitesse de rotation, dite vitesse de rotation NG, d'un arbre (9) d'un générateur de gaz (4) d'au moins un turbomoteur (5) d'un giravion (3), ledit giravion (3) comportant :

- au moins un rotor principal (2) pour générer au moins une sustentation et/ou une propulsion dudit giravion (3) dans les airs,
- un organe de commande (6) d'un pas collectif des pales (7) dudit au moins un rotor principal (2), ledit organe de commande (6) permettant de générer une consigne de commande C_p dudit pas collectif,
- au moins un turbomoteur (5) apte à entraîner en rotation ledit au moins un rotor principal (2), ledit au moins un turbomoteur (5) produisant au moins temporairement un couple moteur TQ transmis audit au moins un rotor principal (2), et
- des moyens de mesure (8) permettant de mesurer à chaque instant une mesure dudit couple moteur TQ transmis par ledit au moins un turbomoteur (5) audit au moins un rotor principal (2).

Dispositif de régulation de la vitesse de rotation d'un arbre d'un générateur de gaz de turbomoteur de giravion, giravion équipé d'un tel dispositif et méthode de régulation associée.

La présente invention concerne un dispositif de régulation de la vitesse de rotation, dite vitesse de rotation NG, d'un arbre d'un générateur de gaz d'un turbomoteur d'un giravion. Une telle vitesse de rotation NG est ainsi directement fonction de la quantité de carburant injectée dans le turbomoteur pour produire une combustion destinée à entraîner en rotation au moins un rotor principal.

Ainsi, la présente invention est également du domaine des méthodes de régulation du fonctionnement d'un ou des turbomoteurs d'un groupe de motorisation équipant un giravion. Un tel groupe de motorisation comprend par exemple au moins un turbomoteur principal à combustion fournissant classiquement au giravion la puissance mécanique nécessaire pour procurer au moins l'entraînement d'un ou de plusieurs rotors équipant le giravion.

Par suite, la présente invention s'inscrit plus spécifiquement dans le cadre d'un dispositif et d'une méthode de régulation procurant l'entraînement à une vitesse de consigne variable d'au moins un rotor principal du giravion, voire aussi procurant le cas échéant l'entraînement d'un rotor anticouple.

Le ou les rotor(s) principal (principaux) procure(nt) typiquement au moins la sustentation du giravion, voire aussi sa propulsion et/ou son changement d'attitude en vol dans le cas spécifique d'un hélicoptère. Le rotor anticouple procure quant à lui typiquement une stabilisation et un guidage du giravion en lacet et est couramment formé d'un rotor arrière ou d'au moins une hélice propulsive dans le

cas d'un giravion de type hybride pouvant évoluer à des vitesses élevées d'avancement.

Classiquement, le fonctionnement des turbomoteurs principaux du giravion est placé sous le contrôle d'une unité de régulation, telle qu'un FADEC (d'après l'acronyme anglais Full Authority Digital Engine Control). L'unité de régulation contrôle le dosage en carburant des turbomoteurs principaux en fonction d'une consigne de vitesse de rotation de l'arbre du générateur de gaz d'un turbomoteur par exemple, ci-après désignée par la vitesse de rotation NG, relative à une vitesse de rotation requise de l'arbre du générateur de gaz d'un turbomoteur. La consigne de la vitesse de rotation NG peut ainsi dans certains cas particuliers être générée par l'unité de régulation (FADEC). Dans d'autres cas particuliers où par exemple cette consigne est variable, elle peut être générée par l'ensemble des équipements électroniques, électriques et informatiques du giravion puis transmise à l'unité de régulation (FADEC) par des moyens de gestion, tels un AFCS (d'après l'acronyme anglais Automatic Flight Control System). Dans ce cas, l'unité de régulation (FADEC) permet d'effectuer une régulation de la vitesse de rotation NG.

Ainsi, la consigne de la vitesse de rotation NG peut être transmise par les moyens de gestion (AFCS) en fonction des besoins en puissance mécanique du giravion identifiée selon le cas de vol courant du giravion, et notamment en fonction des besoins en puissance mécanique pour entraîner le rotor principal. La puissance consommée par le rotor principal peut être par exemple identifiée à partir d'une évaluation d'une part du couple résistant que le rotor principal oppose à l'encontre de son entraînement par le groupe de motorisation et d'autre part de sa vitesse de rotation.

En outre, l'entraînement du rotor principal à une vitesse de rotation NR est directement fonction de la vitesse de rotation NG de l'arbre du générateur de gaz. La vitesse de rotation NG est alors commandée de manière variable par rapport à une vitesse nominale NGnom prédéfinie selon les conditions les plus critiques pour le 5 giravion correspondant par exemple à des procédures complexes de décollage ou d'atterrissage ponctuelles couramment désignées par l'expression de "procédures CAT A".

En effet, une telle variation significative de la vitesse NG 10 d'entraînement de l'arbre du générateur de gaz est exploitée pour optimiser le niveau de puissance fourni par le turbomoteur en fonction de la phase de vol associée, par exemple pour réduire les nuisances sonores à proximité du sol et/ou améliorer les performances. A titre indicatif, la vitesse de rotation NG de l'arbre du générateur de gaz 15 peut être commandée variable entre 5% et 10% de la vitesse nominale NGnom, voire potentiellement davantage selon l'évolution des techniques, et plus particulièrement peut être commandée variable selon une plage de valeurs potentiellement comprise entre 90% et 115% de la vitesse nominale NGnom.

20 On pourra à ce propos se reporter par exemple à la publication « Enhanced energy maneuverability for attack helicopters using continuous variable rotor speed control » (C.G. SCHAEFER Jr ; F.H. LUTZE, Jr ; 47th forum American Helicopter Society 1991 ; p. 1293-1303). Selon ce document, les performances d'un giravion en 25 situation de combat sont améliorées en faisant varier la vitesse d'entraînement du rotor principal selon une variation de la vitesse air du giravion.

On pourra aussi se reporter par exemple au document US 6 198 991 (YAMAKAWA et al.), qui propose de réduire les nuisances sonores générées par un giravion en approche d'un point de posé en faisant varier la vitesse de rotation du rotor principal.

5 On pourra encore à ce propos se reporter par exemple au document US2007/118254 (BARNES G.W. et al.), qui propose de faire varier la vitesse de rotation du rotor principal d'un giravion, selon deux valeurs considérées comme basse et haute, sous conditions prédéfinies de seuils de valeurs de divers paramètres liés à des
10 conditions de vol du giravion préalablement identifiées.

Par exemple encore, on pourra aussi se reporter à ce propos au document WO2010/143051 (AGUSTA SPA et al.), qui propose de faire varier la vitesse de rotation d'un rotor principal équipant un giravion conformément à une cartographie préalablement établie selon
15 diverses conditions de vol du giravion.

Enfin, il est également connu, tel que décrit par le Demandeur dans le document FR 3 000 466, d'utiliser un altimètre pour commander automatiquement une variation de la vitesse de rotation d'un rotor dans une plage comprise entre 90% et 110% d'une valeur
20 nominale prédéterminée.

Par ailleurs, les documents FR 2 974 564, US 2014/200790, GB 2 192 163 et FR 2 981 045 décrivent quant à eux d'autres dispositifs ou méthodes de régulation de la vitesse de rotation d'un rotor principal ou rotor arrière pour giravion.

25 Cependant, si de tels documents décrivent des dispositifs ou des méthodes de régulation de la vitesse de rotation de l'arbre du générateur de gaz NG (ou par analogie de la vitesse de rotation du

rotor NR) lors du vol d'un giravion, de tels documents n'apportent aucune solution permettant de réaliser une adaptation de la consigne de vitesse de rotation NG lors de phases de vol à faible puissance. Or, il existe deux situations principales pouvant amener un pilote de giravion à faire évoluer celui-ci à des niveaux de puissance faibles.

La première situation correspond au cas où au moins un turbomoteur du giravion tombe subitement en panne entraînant ainsi une perte de puissance et donc une incapacité pour le turbomoteur en panne d'entraîner en rotation le (ou les) rotor(s) principal(s).

La deuxième situation est l'autorotation qui est une phase de vol qui peut être volontairement déclenchée par le pilote du giravion. Dans cette phase de vol, le rotor principal n'est plus entraîné par le (ou les) turbomoteur(s) : on parle alors de désynchronisation. Le rotor n'est plus entraîné en rotation par un turbomoteur mais par une inversion du flux d'air dans le rotor. Plus aucun couple moteur n'est alors transmis du turbomoteur au rotor. Une telle phase de vol permet alors de réaliser une descente contrôlée du giravion grâce à un pilotage adapté d'un pas collectif des pales du (ou des) rotor(s) principal(s).

De manière générale, une phase de vol en autorotation est utilisée en cas de panne du (ou des) turbomoteur(s) par un pilote pour conserver une vitesse de rotor principal suffisante. Cette phase de vol s'effectue alors en réduisant le pas collectif des pales du rotor principal lorsque la panne survient. Le passage à la phase de vol en autorotation est alors rendu possible grâce à une roue libre permettant de désaccoupler le rotor et le turbomoteur dans certaines conditions. Une telle roue libre est en effet une pièce de liaison

mécanique entre la boîte de transmission principale de puissance et le turbomoteur qui permet de transmettre la puissance du turbomoteur vers la boîte de transmission principale de puissance tout en empêchant l'inverse.

5 En général, deux arbres emboîtés l'un dans l'autre et coaxiaux sont reliés entre eux par l'intermédiaire de cette roue libre. L'un des arbres est lié à la boîte de transmission principale de puissance elle-même liée au rotor principal et l'autre arbre est quant à lui lié au turbomoteur. Ces deux arbres peuvent alors comporter un degré de
10 liberté en rotation ou être solidaires l'un de l'autre. Dans le premier cas, le rotor et le turbomoteur sont dits « désynchronisés ». Cette désynchronisation se produit lorsque le couple transmis par le turbomoteur au rotor est nul.

Habituellement, un pilote procède donc à un atterrissage en
15 autorotation lorsqu'une panne moteur survient. Cependant, une telle manœuvre étant complexe à réaliser, il est nécessaire pour les pilotes de giravion de s'y entraîner régulièrement en simulant la panne de la motorisation.

De plus, lors de descente à forte vitesse verticale, par exemple
20 lors d'approches à fortes pentes caractéristiques des giravions ou encore en présence de rafales de vent, le turbomoteur peut se désynchroniser de manière inopinée et surprendre le pilote. Lorsque le pilote ré-augmente manuellement la consigne de pas collectif des pales du rotor, le turbomoteur fournit de nouveau un couple non nul.
25 Il se produit alors une chute de la vitesse de rotation du rotor NR à la resynchronisation des turbomoteurs (régulés sur une consigne de turbine libre, dite NTL, d'un turbomoteur) avec le rotor. Une telle

chute de la vitesse de rotation NR peut alors atteindre plusieurs pourcents de la valeur nominale de la vitesse de rotation NRnom.

En outre, la généralisation de lois de régulation du régime rotor NR dites lois fortement variables pour des besoins de limitations acoustiques conduit les nouvelles générations de giravions à évoluer à des vitesses de rotation NR du rotor inférieures à leur niveau en vol stationnaire, et cela à partir d'une vitesse d'avancement en palier correspondant à la puissance minimale nécessaire au vol et habituellement désignée par l'abréviation Vy.

Pour une configuration de vol donnée, cette chute de la vitesse de rotation NR du rotor à la resynchronisation est alors d'autant plus gênante qu'elle se produit près du sol, zone de diminution de la vitesse de rotation NR du rotor pour répondre à des contraintes de niveau acoustique et où la vitesse de rotation NR du rotor est déjà réduite à une valeur pouvant atteindre par exemple jusqu'à 90% de la valeur nominale NRnom. Une telle chute amène alors transitoirement la vitesse de rotation NR à des niveaux très faibles, c'est-à-dire bien inférieurs à 97% de la valeur nominale NRnom et donc dangereux pour permettre un pilotage d'un giravion.

Le risque de désynchronisation non voulue lors d'opérations à forts taux de descente a conduit sur les giravions de générations récentes à l'affichage au pilote du pas collectif de désynchronisation sur un indicateur de première limitation, également appelé selon l'acronyme anglais FLI pour First Limit Indicator. Cependant, si le niveau d'activité du pilote est déjà élevé, ce qui est typiquement le cas lors des phases d'approches, celui-ci peut ne pas voir cet affichage car il doit intégrer de nombreuses autres indications

visuelles ou encore porte son regard à l'extérieur du giravion lors de ce type de manœuvre.

La présente invention a alors pour objet de proposer un dispositif permettant de s'affranchir des limitations mentionnées ci-dessus. En particulier, un but du dispositif ou de la méthode de régulation conforme à l'invention est donc de permettre une régulation automatique de la vitesse de rotation NG d'un arbre du générateur de gaz d'un turbomoteur de giravion lors des phases de vol à faible puissance.

L'invention concerne donc un dispositif de régulation d'une vitesse de rotation, dite vitesse de rotation NG, d'un arbre d'un générateur de gaz d'au moins un turbomoteur d'un giravion, un tel giravion comportant :

- au moins un rotor principal pour générer au moins une sustentation et/ou une propulsion du giravion dans les airs,
- un organe de commande d'un pas collectif des pales du (ou des) rotor(s) principal (principaux), l'organe de commande permettant de générer une consigne de commande du pas collectif pour piloter collectivement une orientation angulaire des pales par rapport à un moyeu du (ou des) rotor(s) principal (principaux),
- au moins un turbomoteur apte à entraîner en rotation le (ou les) rotor(s) principal (principaux), le (ou les) turbomoteur(s) produisant au moins temporairement un couple moteur TQ transmis au(x) rotor(s) principal (principaux), le couple moteur TQ étant apte à varier en fonction de la consigne de commande du pas collectif des pales du (ou des) rotor(s) principal (principaux), et

- des moyens de mesure permettant de mesurer à chaque instant une mesure du couple moteur TQ transmis par le (ou les) turbomoteur(s) au(x) rotor(s) principal (principaux).

Le dispositif de régulation génère alors au moins une loi de commande d'une consigne de commande de la vitesse de rotation NG de l'arbre du générateur de gaz du (ou des) turbomoteur(s), la (ou les) loi(s) de commande de la consigne de commande de la vitesse de rotation NG étant fonction d'une vitesse d'avancement du giravion suivant une direction sensiblement horizontale et d'une hauteur du giravion par rapport au sol.

Selon l'invention, un tel dispositif de régulation est remarquable en ce qu'il comporte :

- des moyens d'entrée connectés avec les moyens de mesure, les moyens d'entrée permettant au dispositif de régulation de recevoir et d'analyser la mesure du couple moteur TQ,
- au moins une unité de stockage pour mémoriser une première valeur de seuil TQ1 et une seconde valeur de seuil TQ2, la seconde valeur de seuil TQ2 étant choisie supérieure à la première valeur de seuil TQ1, et
- une unité de calcul pour comparer la mesure du couple moteur TQ avec les première et seconde valeurs de seuil TQ1 et TQ2, l'unité de calcul générant au moins deux lois de commande NG1 et NG2 de la consigne de commande de vitesse de rotation NG, ces au moins deux lois de commande NG1 et NG2 étant distinctes l'une de l'autre et fonction de la mesure du couple moteur TQ, une première loi de commande NG1 étant mise en œuvre au moins lorsque la mesure du couple moteur TQ est inférieure à la première valeur de seuil TQ1 et une seconde loi

de commande NG2 étant mise en œuvre au moins lorsque la mesure du couple moteur TQ est supérieure à la seconde valeur de seuil TQ2.

Autrement dit, un tel dispositif de régulation permet de
5 comparer constamment une valeur courante du couple moteur TQ avec les première et seconde valeurs de seuil TQ1 et TQ2 puis de modifier automatiquement la loi de commande de la consigne de commande de vitesse de rotation NG selon le cas de vol.

La première loi de commande NG1 peut ainsi permettre par
10 exemple de remonter au moins temporairement lors des phases de vol à faible puissance, la consigne de commande de vitesse de rotation NG au niveau d'une valeur nominale lorsque le couple transmis par le turbomoteur au(x) rotor(s) principal (principaux) passe en dessous de la première valeur de seuil TQ1.

Inversement, la seconde loi de commande NG2 permet
15 d'abaisser au moins temporairement lors des phases de vol à faible puissance, la consigne de commande de vitesse de rotation NG à un niveau inférieur à la valeur nominale, par exemple égale à 94% de la valeur nominale, lorsque le couple transmis par le turbomoteur au(x)
20 rotor(s) principal (principaux) passe au dessus de la seconde valeur de seuil TQ2. Ainsi dans ce cas, seule la seconde loi de commande NG2 permet de répondre à des exigences de réduction de niveau acoustique en fonction de la hauteur du giravion par rapport au sol et d'une vitesse d'avancement du giravion suivant une direction
25 sensiblement horizontale.

Ainsi, la seconde loi de commande NG2 sera préférentiellement la loi de commande mise en œuvre par défaut car elle correspond aux phases de vol à la puissance normale distinctes des phases de vol à

faible puissance. Par suite, la seconde loi de commande NG2 permet de limiter l'empreinte acoustique du giravion sur le milieu extérieur.

La première loi de commande NG1 n'est donc pas la loi de commande mise en œuvre par défaut et peut alors être mise en œuvre automatiquement et temporairement uniquement si une condition de vol à faible niveau de puissance, ou plus précisément de couple, se produit volontairement si celle-ci correspondant à un entraînement du pilote au vol en autorotation d'un giravion ou involontairement en cas de panne moteur par exemple.

Par ailleurs, les moyens de mesure du couple moteur sont généralement désignés par un "couplemètre" comportant avantageusement un capteur électromagnétique permettant de mesurer une déformation en torsion d'un arbre de transmission du couple moteur généré par le (ou les) turbomoteur(s) du giravion. Un tel capteur peut être une sonde à effet Hall générant des impulsions électromagnétiques dont la durée est fonction du positionnement relatif d'encoches et de dents complémentaires ménagées à la circonférence de deux pièces en regard, solidarisées respectivement avec deux extrémités d'un arbre de transmission du couple moteur.

Les moyens d'entrée sont quant à eux généralement formés par une carte électronique d'acquisition de données avec laquelle le capteur électromagnétique peut communiquer et transmettre un signal représentatif de sa mesure. De tels moyens d'entrée peuvent alors être connectés par voix filaire avec les moyens de mesure ou encore comporter un module de communication sans fil de manière à communiquer avec les moyens de mesure par un protocole de communication sans fil.

Avantageusement, la première valeur de seuil TQ1 peut être comprise entre 5 et 15% d'une valeur de couple maximale TQmax apte à être générée par le (ou les) turbomoteur(s).

5 Ainsi, une telle première valeur de seuil est apte à correspondre à une phase de vol proche des très faibles puissances, impliquant, si le pilote persiste dans sa manœuvre, la désynchronisation entre le (ou les) turbomoteur(s) et le (ou les) rotor(s) principal (principaux). Il est alors certain de pouvoir détecter une situation de vol nécessitant de modifier la consigne de commande de vitesse de rotation NG.
10 Cette modification permet alors soit d'alerter le pilote qu'il va bientôt atteindre cette désynchronisation si sa manœuvre n'était pas volontaire, soit d'être en mesure d'anticiper et de pallier la chute de la vitesse de rotation NG de l'arbre du générateur de gaz qui se produira ensuite à la resynchronisation.

15 En pratique, la seconde valeur de seuil TQ2 peut être comprise entre 10 et 20% d'une valeur de couple maximale TQmax apte à être générée par le (ou les) turbomoteur(s).

De cette manière, la seconde valeur de seuil TQ2 est suffisamment importante pour identifier une phase de vol distincte et éloignée de l'instant de désynchronisation réalisée entre le (ou les) turbomoteur(s) et le (ou les) rotor(s) principal (principaux). Par suite, il est certain que le besoin nécessitant de modifier la consigne de commande de vitesse de rotation NG est écarté.
20

Selon un exemple particulier de réalisation de l'invention, le dispositif de régulation peut mettre en œuvre la première loi de commande NG1 lorsque la mesure du couple moteur TQ passe en dessous de la première valeur de seuil TQ1 et tant que la mesure du
25

couple moteur TQ reste en dessous de la seconde valeur de seuil TQ2.

En d'autres termes, la première loi de commande NG1 est mise en œuvre pendant une durée indéterminée qui est fonction de la
5 valeur courante du couple moteur TQ.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, le dispositif de régulation peut mettre en œuvre la seconde loi de commande NG2 lorsque la mesure du couple moteur TQ passe au
10 dessus de la seconde valeur de seuil TQ2 et tant que la mesure du couple moteur TQ reste au dessus de la première valeur de seuil TQ1.

De manière analogue, la seconde loi de commande NG2 est mise en œuvre pendant une durée indéterminée qui est fonction de la valeur courante du couple moteur TQ.

15 Comme déjà évoqué, l'invention se rapporte également à un giravion comportant :

- au moins un rotor principal pour générer au moins une sustentation et/ou une propulsion du giravion dans les airs,
- un organe de commande d'un pas collectif des pales du (ou des) rotor(s) principal (principaux), l'organe de commande
20 permettant de générer une consigne de commande du pas collectif pour piloter collectivement une orientation angulaire des pales par rapport à un moyeu du (ou des) rotor(s) principal (principaux),
- au moins un turbomoteur apte à entraîner en rotation le (ou les) rotor(s) principal(s) principal (principaux), le (ou les)
25 turbomoteur(s) produisant au moins temporairement un couple

moteur TQ transmis au(x) rotor(s) principal (principaux), le couple moteur TQ étant apte à varier en fonction de la consigne de commande du pas collectif des pales du (ou des) rotor(s) principal (principaux),

- 5 • des moyens de mesure permettant de mesurer à chaque instant une mesure du couple moteur TQ transmis par le (ou les) turbomoteur(s) au(x) rotor(s) principal (principaux), et
- un dispositif de régulation générant au moins une loi de commande d'une consigne de commande d'une vitesse de rotation, dite vitesse de rotation NG, d'un arbre d'un générateur de gaz du (ou des) turbomoteur(s), la (ou les) loi(s) de commande de la consigne de commande de la vitesse de rotation NG étant fonction d'une vitesse d'avancement du giravion suivant une direction sensiblement horizontale et d'une hauteur du giravion par rapport au sol.

Selon l'invention, un tel giravion est remarquable en ce que le dispositif de régulation de la vitesse de rotation NG est tel que décrit précédemment.

L'invention se rapporte également à une méthode de régulation d'une vitesse de rotation, dite vitesse de rotation NG, d'un arbre d'un générateur de gaz d'au moins un turbomoteur d'un giravion, un tel giravion comportant :

- au moins un rotor principal pour générer au moins une sustentation et/ou une propulsion du giravion dans les airs,
- 25 • un organe de commande d'un pas collectif des pales du (ou des) rotor(s) principal (principaux), l'organe de commande permettant de générer une consigne de commande du pas collectif pour piloter collectivement une orientation angulaire

des pales par rapport à un moyeu du (ou des) rotor(s) principal (principaux),

- 5

• au moins un turbomoteur apte à entraîner en rotation le (ou les) rotor(s) principal (principaux), le (ou les) turbomoteur(s) produisant au moins temporairement un couple moteur TQ transmis au(x) rotor(s) principal (principaux), le couple moteur TQ étant apte à varier en fonction de la consigne de commande du pas collectif des pales du (ou des) rotor(s) principal (principaux), et
- 10

• des moyens de mesure permettant de mesurer à chaque instant une mesure du couple moteur TQ transmis par le (ou les) turbomoteur(s) au(x) rotor(s) principal (principaux).

En outre, une telle méthode de régulation génère au moins une loi de commande d'une consigne de commande de la vitesse de rotation NG de l'arbre du générateur de gaz du (ou des) turbomoteur(s), la (ou les) loi(s) de commande de la consigne de commande de la vitesse de rotation NG étant fonction d'une vitesse d'avancement du giravion suivant une direction sensiblement horizontale et d'une hauteur du giravion par rapport au sol.

20 Selon l'invention, cette méthode de régulation est remarquable en ce qu'elle met en œuvre :

- 25

• une étape de mémorisation pour mémoriser dans au moins une unité de stockage une première valeur de seuil TQ1 et une seconde valeur de seuil TQ2, la seconde valeur de seuil TQ2 étant choisie supérieure à la première valeur de seuil TQ1,
- une étape de réception pour recevoir la mesure du couple moteur TQ effectuée par les moyens de mesure,

- une étape de comparaison pour comparer la mesure du couple moteur TQ avec les première et seconde valeurs de seuil TQ1 et TQ2, et
- une étape de génération pour générer au moins deux lois de commande NG1 et NG2 de la consigne de commande de vitesse de rotation NG, les au moins deux lois de commande NG1 et NG2 étant distinctes l'une de l'autre et fonction de la mesure du couple moteur TQ, une première loi de commande NG1 étant mise en œuvre au moins lorsque la mesure du couple moteur TQ est inférieure à la première valeur de seuil TQ1 et une seconde loi de commande NG2 étant mise en œuvre au moins lorsque la mesure du couple moteur TQ est supérieure à la seconde valeur de seuil TQ2.

Autrement dit, l'étape de mémorisation consiste à implémenter dans une mémoire les valeurs de seuil TQ1 et TQ2. Ces valeurs de seuil TQ1 et TQ2 peuvent par exemple être des valeurs fixes ou encore variables et déterminées selon des lois fonction de paramètres extérieurs tels que la force du vent, la température de l'air ou encore la pression atmosphérique.

L'étape de réception de la mesure du couple moteur TQ permet quant à elle au dispositif de régulation de recevoir la valeur courante du couple moteur TQ qui est effectivement transmis par le (ou les) turbomoteur(s) au(x) rotor(s) principal (principaux).

L'étape de comparaison permet ensuite d'effectuer la comparaison entre cette valeur courante du couple moteur TQ avec les première et seconde valeurs de seuil TQ1 et TQ2.

Enfin, l'étape de génération permet de générer les première et seconde lois de commande NG1 et NG2 pour ensuite pouvoir les mettre en œuvre individuellement en fonction de la mesure de la valeur courante du couple moteur TQ.

5 Avantageusement, la première valeur de seuil TQ1 peut être comprise entre 5 et 15% d'une valeur de couple maximale TQmax apte à être générée par le (ou les) turbomoteur(s). En revanche et comme déjà indiqué précédemment, la seconde valeur de seuil TQ2 peut être comprise entre 10 et 20% d'une valeur de couple maximale
10 TQmax apte à être générée par le (ou les) turbomoteur(s).

 Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, la méthode de régulation peut mettre en œuvre la première loi de commande NG1 lorsque la mesure du couple moteur TQ passe en dessous de la première valeur de seuil TQ1 et tant que la mesure du
15 couple moteur TQ reste en dessous de la seconde valeur de seuil TQ2.

 En d'autres termes, la première loi de commande NG1 est mise en œuvre par la méthode de régulation pendant une durée indéterminée qui est fonction de la valeur courante du couple moteur
20 TQ.

 De même, la méthode de régulation peut mettre en œuvre la seconde loi de commande NG2 lorsque la mesure du couple moteur TQ passe au dessus de la seconde valeur de seuil TQ2 et tant que la mesure du couple moteur TQ reste au dessus de la première valeur
25 de seuil TQ1.

Par suite, la seconde loi de commande NG2 est mise en œuvre par la méthode de régulation pendant une durée indéterminée qui est fonction de la valeur courante du couple moteur TQ.

L'invention et ses avantages apparaîtront avec plus de détails dans le cadre de la description qui suit avec des exemples donnés à titre indicatif mais non limitatif à l'appui des figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique en vue de côté d'un giravion conforme à l'invention,
- 10 - la figure 2 est un schéma de principe illustrant notamment un dispositif de régulation conforme à l'invention,
- la figure 3 des courbes illustrant une régulation de la vitesse de rotation NG d'un arbre d'un générateur de gaz d'un turbomoteur de giravion et une régulation correspondante de la vitesse de rotation NR d'un rotor, conformément à l'invention,
- 15 - la figure 4 est une représentation schématique d'une méthode de régulation conforme à l'invention.

Les éléments présents dans plusieurs figures distinctes sont affectés d'une seule et même référence.

20 Comme déjà évoqué précédemment, l'invention se rapporte au domaine des giravions comportant au moins un rotor principal permettant de réaliser au moins la sustentation du giravion.

Tel que représenté à la figure 1, un tel giravion 3 comporte un dispositif de régulation 1 de la vitesse de rotation NG d'un arbre 9 d'un générateur de gaz 4. Un tel arbre 9 du générateur de gaz 4 est

agencé à l'intérieur d'un turbomoteur 5 et permet d'entraîner en rotation une turbine libre solidaire d'un arbre de sortie pour entraîner en rotation au moins un rotor principal 2 du giravion 3. Ainsi, le turbomoteur 5, entraînant en rotation le rotor principal 2, transmet un couple moteur TQ qui peut être variable en fonction des conditions et des phases de vol.

Ce rotor principal comporte un moyeu 10 autour duquel émergent sensiblement radialement des pales 7. La rotation d'un tel rotor principal 2 permet ainsi de produire un flux d'air sensiblement vertical et ainsi de générer au moins une sustentation dans les airs du giravion 3.

Un pilotage de ce giravion 3 est rendu possible notamment grâce à un organe de commande 6 d'un pas collectif des pales 7 du rotor principal 2. Cet organe de commande 6 permet ainsi de générer une consigne de commande C_p du pas collectif et permet alors de modifier simultanément l'orientation angulaires des pales 7 par rapport au moyeu 10. La consigne de commande C_p du pas collectif des pales 7 permet notamment de faire varier le couple moteur TQ transmis par le turbomoteur 5 au rotor principal 2.

Des moyens de mesure 8 permettent alors de mesurer à tout moment une mesure du couple moteur TQ. De tels moyens de mesure 8 sont généralement formés par des capteurs électromagnétiques tels des couplemètres mesurant les déformations en torsion d'un arbre de sortie du turbomoteur 5.

Un tel dispositif de régulation 1 permet ainsi de générer au moins une loi de commande d'une consigne de la vitesse de rotation NG de l'arbre 9 du générateur de gaz 4 du turbomoteur 5, cette loi de commande étant fonction d'une part d'une vitesse d'avancement V du

giravion 3 suivant une direction sensiblement horizontale Y et d'autre part d'une hauteur z du giravion par rapport au sol S. Une telle vitesse d'avancement V du giravion 3 est alors variable et peut dépasser une valeur de seuil prédéterminée V_y correspondant à une
5 vitesse d'avancement particulière permettant au giravion de voler avec un niveau de puissance minimale du turbomoteur.

En effet pour limiter l'empreinte acoustique d'un giravion à une hauteur par rapport au sol inférieure à 600 pieds par exemple et lorsque la vitesse d'avancement V du giravion 3 est supérieure à la
10 valeur de seuil prédéterminée V_y , il est avantageux de réduire la consigne de commande de la vitesse de rotation NG. Une telle réduction de la consigne de commande de la vitesse de rotation NG entraîne alors également une réduction du niveau sonore (décibels) généré par le giravion 3.

Par ailleurs tel que représenté à la figure 2, le dispositif de régulation 1 comporte des moyens d'entrée 11 connectés avec les
15 moyens de mesure 8 permettant au dispositif de régulation 1 de recevoir et d'analyser la mesure du couple moteur TQ. De plus, le dispositif de régulation 1 comporte aussi au moins une unité de
20 stockage 12 pour mémoriser une première valeur de seuil TQ1 et une seconde valeur de seuil TQ2. La seconde valeur de seuil TQ2 est choisie supérieure à la première valeur de seuil TQ1.

Un tel dispositif de régulation 1 comporte également une unité de calcul 13 pour comparer la mesure du couple moteur TQ avec les
25 première et seconde valeurs de seuil TQ1 et TQ2. Cette unité de calcul 13 génère alors au moins deux lois de commande NG1 et NG2 de la consigne de commande de vitesse de rotation NG. Les au moins deux lois de commande NG1 et NG2 sont choisies distinctes l'une de

l'autre et fonction de la mesure du couple moteur TQ. Une première loi de commande NG1 est ainsi mise en œuvre au moins lorsque la mesure du couple moteur TQ est inférieure à la première valeur de seuil TQ1 et une seconde loi de commande NG2 est quant à elle mise en œuvre au moins lorsque la mesure dudit couple moteur TQ est supérieure à la seconde valeur de seuil TQ2.

Comme déjà évoqué et tel que représenté à la figure 3, le couple moteur TQ est fonction, pour un même cas de vol, de la consigne de commande Cp du pas collectif des pales 7 du rotor principal 2.

Ainsi lorsque le pilote du giravion 3 commence à réduire la consigne de commande Cp du pas collectif des pales 7, le couple moteur TQ transmis au rotor principal 2 diminue également. A un instant t1, le couple moteur TQ est alors égal à la première valeur de seuil TQ1 puis il continue de décroître en dessous de cette première valeur de seuil TQ1.

De même à l'instant t1, la loi de commande NG1 de la consigne de commande de vitesse de rotation NG passe alors automatiquement d'une valeur basse de 94% pour répondre à des exigences acoustiques à une valeur nominale de 100%.

A l'instant t2, le couple moteur TQ transmis au rotor principal 2 s'annule et commence alors une phase de désynchronisation entre le turbomoteur 5 et le rotor principal 2. Par ailleurs, une vitesse de rotation NR du rotor principal 2 continue quant à elle d'augmenter jusqu'à une valeur maximale pouvant par exemple correspondre à 110% de la valeur nominale. En effet, cette augmentation de la vitesse de rotation réelle NR du rotor principale 2 est générée par le

flux d'air traversant le rotor qui est provoqué par la descente rapide du giravion 3.

5 Puis, à partir d'un instant t_3 , une action sur l'organe de commande 6 du pas collectif des pales 7 génère alors une augmentation de la consigne C_p du pas collectif et par suite une augmentation du couple moteur TQ transmis au rotor principal 2.

10 Toujours à partir de l'instant t_3 la vitesse de rotation réelle NR du rotor principal 2 chute et le rotor principal 2 commence à être progressivement entraîné en rotation par le turbomoteur 5 vers une vitesse de rotation nominale de 100% empêchant transitoirement une chute de la vitesse de rotation réelle NR en dessous de la valeur minimale de 94% à laquelle le rotor principal 2 était entraîné initialement avant l'instant t_1 .

15 Enfin, à partir de l'instant t_4 , correspondant à une mesure du couple moteur TQ égale à la seconde valeur de seuil TQ_2 , la loi de commande NG_1 de la consigne de la vitesse de rotation NG est alors diminuée depuis sa valeur nominale de 100% jusqu'à une valeur basse de 94% permettant une réduction du niveau sonore (décibels) produit par le giravion 3 en vol.

20 Telle que représentée à la figure 4, l'invention concerne également une méthode de régulation 20 permettant de générer au moins une loi de commande d'une consigne de commande de la vitesse de rotation NG de l'arbre 9 du générateur de gaz 4 du turbomoteur 5. Une telle loi de commande de la consigne de
25 commande de la vitesse de rotation NG est fonction d'une vitesse d'avancement V du giravion 3 suivant une direction sensiblement horizontale et d'une hauteur z du giravion 3 par rapport au sol S .

Une telle méthode de régulation 20 met en œuvre :

- une étape de mémorisation 21 pour mémoriser dans au moins une unité de stockage 12 une première valeur de seuil TQ1 et une seconde valeur de seuil TQ2, la seconde valeur de seuil TQ2 étant choisie supérieure à la première valeur de seuil TQ1, 5
- une étape de réception 22 pour recevoir la mesure du couple moteur TQ effectuée par les moyens de mesure 8,
- une étape de comparaison 23 pour comparer la mesure du couple moteur TQ avec les première et seconde valeurs de seuil TQ1 et TQ2, et 10
- une étape de génération 24 pour générer les au moins deux lois de commande NG1 et NG2 de la consigne de commande de vitesse de rotation NG.

Naturellement, la présente invention est sujette à de 15 nombreuses variations quant à sa mise en œuvre. Bien que plusieurs modes de réalisation aient été décrits, on comprend bien qu'il n'est pas concevable d'identifier de manière exhaustive tous les modes possibles. Il est bien sûr envisageable de remplacer un moyen décrit par un moyen équivalent sans sortir du cadre de la présente 20 invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de régulation (1) d'une vitesse de rotation, dite vitesse de rotation NG, d'un arbre (9) d'un générateur de gaz (4) d'au moins un turbomoteur (5) d'un giravion (3), ledit giravion (3) comportant :

- au moins un rotor principal (2) pour générer au moins une sustentation et/ou une propulsion dudit giravion (3) dans les airs,
- un organe de commande (6) d'un pas collectif des pales (7) dudit au moins un rotor principal (2), ledit organe de commande (6) permettant de générer une consigne de commande C_p dudit pas collectif pour piloter collectivement une orientation angulaire des pales (7) par rapport à un moyeu (10) dudit au moins un rotor principal (2),
- au moins un turbomoteur (5) apte à entraîner en rotation ledit au moins un rotor principal (2), ledit au moins un turbomoteur (5) produisant au moins temporairement un couple moteur TQ transmis audit au moins un rotor principal (2), ledit couple moteur TQ étant apte à varier en fonction de ladite consigne de commande C_p dudit pas collectif des pales (7) dudit au moins un rotor principal (2), et
- des moyens de mesure (8) permettant de mesurer à chaque instant une mesure dudit couple moteur TQ transmis par ledit au moins un turbomoteur (5) audit au moins un rotor principal (2),

ledit dispositif de régulation (1) générant au moins une loi de commande d'une consigne de commande de ladite vitesse de rotation NG dudit arbre (9) dudit générateur de gaz (4) dudit au moins un

turbomoteur (5), ladite au moins une loi de commande de ladite consigne de commande de la vitesse de rotation NG étant fonction d'une vitesse d'avancement V dudit giravion (3) suivant une direction Y sensiblement horizontale et d'une hauteur z dudit giravion (3) par rapport au sol S,

caractérisé en ce que ledit dispositif de régulation (1) comporte :

- des moyens d'entrée (11) connectés avec les moyens de mesure (8), lesdits moyens d'entrée (11) permettant audit dispositif de régulation (1) de recevoir et d'analyser ladite mesure dudit couple moteur TQ,
- au moins une unité de stockage (12) pour mémoriser une première valeur de seuil TQ1 et une seconde valeur de seuil TQ2, ladite seconde valeur de seuil TQ2 étant choisie supérieure à ladite première valeur de seuil TQ1, et
- une unité de calcul (13) pour comparer ladite mesure dudit couple moteur TQ avec lesdites première et seconde valeurs de seuil TQ1 et TQ2, ladite unité de calcul (13) générant au moins deux lois de commande NG1 et NG2 de ladite consigne de commande de vitesse de rotation NG, lesdites au moins deux lois de commande NG1 et NG2 étant distinctes l'une de l'autre et fonction de ladite mesure dudit couple moteur TQ, une première loi de commande NG1 étant mise en œuvre au moins lorsque ladite mesure dudit couple moteur TQ est inférieure à ladite première valeur de seuil TQ1 et une seconde loi de commande NG2 étant mise en œuvre au moins lorsque ladite mesure dudit couple moteur TQ est supérieure à ladite seconde valeur de seuil TQ2.

2. Dispositif selon la revendication 1,

caractérisé en ce que ladite première valeur de seuil TQ1 est comprise entre 5 et 15% d'une valeur de couple maximale TQmax apte à être générée par ledit au moins un turbomoteur (5).

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 2,

caractérisé en ce que ladite seconde valeur de seuil TQ2 est comprise entre 10 et 20% d'une valeur de couple maximale TQmax apte à être générée par ledit au moins un turbomoteur (5).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que ledit dispositif de régulation (1) met en œuvre ladite première loi de commande NG1 lorsque ladite mesure dudit couple moteur TQ passe en dessous de ladite première valeur de seuil TQ1 et tant que ladite mesure dudit couple moteur TQ reste en dessous de ladite seconde valeur de seuil TQ2.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que ledit dispositif de régulation (1) met en œuvre ladite seconde loi de commande NG2 lorsque ladite mesure dudit couple moteur TQ passe au dessus de ladite seconde valeur de seuil TQ2 et tant que ladite mesure dudit couple moteur TQ reste au dessus de ladite première valeur de seuil TQ1.

6. Giravion (3) comportant :

- au moins un rotor principal (2) pour générer au moins une sustentation et/ou une propulsion dudit giravion (3) dans les airs,

- un organe de commande (6) d'un pas collectif des pales (7) dudit au moins un rotor principal (2), ledit organe de commande (6) permettant de générer une consigne de commande C_p dudit pas collectif pour piloter collectivement une orientation angulaire des pales (7) par rapport à un moyeu (10) dudit au moins rotor principal (2),
- au moins un turbomoteur (5) apte à entraîner en rotation ledit au moins un rotor principal (2), ledit au moins un turbomoteur (5) produisant au moins temporairement un couple moteur TQ transmis audit au moins un rotor principal (2), ledit couple moteur TQ étant apte à varier en fonction de ladite consigne de commande C_p dudit pas collectif des pales (7) dudit au moins un rotor principal (2),
- des moyens de mesure (8) permettant de mesurer à chaque instant une mesure dudit couple moteur TQ transmis par ledit au moins un turbomoteur (5) audit au moins un rotor principal (2), et
- un dispositif de régulation (1) générant au moins une loi de commande d'une consigne de commande d'une vitesse de rotation, dite vitesse de rotation NG , d'un arbre (9) d'un générateur de gaz (4) dudit au moins un turbomoteur (5), ladite au moins une loi de commande de ladite consigne de commande de la vitesse de rotation NG étant fonction d'une vitesse d'avancement V dudit giravion (3) suivant une direction sensiblement horizontale Y et d'une hauteur z dudit giravion (3) par rapport au sol S ,

caractérisé en ce que ledit dispositif de régulation (1) de la vitesse de rotation NG est selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

7. Méthode de régulation (20) d'une vitesse de rotation, dite vitesse de rotation NG, d'un arbre (9) d'un générateur de gaz (4) d'au moins un turbomoteur (5) d'un giravion (3), ledit giravion (3) comportant :

- au moins un rotor principal (2) pour générer au moins une sustentation et/ou une propulsion dudit giravion (3) dans les airs,
- un organe de commande (6) d'un pas collectif des pales (7) dudit au moins un rotor principal (2), ledit organe de commande (6) permettant de générer une consigne de commande C_p dudit pas collectif pour piloter collectivement une orientation angulaire des pales (7) par rapport à un moyeu (10) dudit au moins rotor principal (2),
- au moins un turbomoteur (5) apte à entraîner en rotation ledit au moins un rotor principal (2) pour générer au moins une sustentation et/ou une propulsion dudit giravion (3), ledit au moins un turbomoteur (5) produisant au moins temporairement un couple moteur TQ transmis audit au moins un rotor principal (2), ledit couple moteur TQ étant apte à varier en fonction de ladite consigne de commande C_p dudit pas collectif des pales (7) dudit au moins un rotor principal (2), et
- des moyens de mesure (8) permettant de mesurer à chaque instant une mesure dudit couple moteur TQ transmis par ledit au moins un turbomoteur (5) audit au moins un rotor principal (2),

ladite méthode de régulation (20) générant au moins une loi de commande d'une consigne de commande de ladite vitesse de rotation NG dudit arbre (9) dudit générateur de gaz (4) dudit au moins un turbomoteur (5), ladite au moins une loi de commande de ladite consigne de commande de la vitesse de rotation NG étant fonction

d'une vitesse d'avancement V dudit giravion (3) suivant une direction sensiblement horizontale et d'une hauteur z dudit giravion (3) par rapport au sol S ,

caractérisée en ce que ladite méthode de régulation (20) met en œuvre :

- une étape de mémorisation (21) pour mémoriser dans au moins une unité de stockage (12) une première valeur de seuil $TQ1$ et une seconde valeur de seuil $TQ2$, ladite seconde valeur de seuil $TQ2$ étant choisie supérieure à ladite première valeur de seuil $TQ1$,
- une étape de réception (22) pour recevoir ladite mesure dudit couple moteur TQ effectuée par lesdits moyens de mesure (8),
- une étape de comparaison (23) pour comparer ladite mesure dudit couple moteur TQ avec lesdites première et seconde valeurs de seuil $TQ1$ et $TQ2$, et
- une étape de génération (24) pour générer au moins deux lois de commande $NG1$ et $NG2$ de ladite consigne de commande de vitesse de rotation NG , lesdites au moins deux lois de commande $NG1$ et $NG2$ étant distinctes l'une de l'autre et fonction de ladite mesure dudit couple moteur TQ , une première loi de commande $NG1$ étant mise en œuvre au moins lorsque ladite mesure dudit couple moteur TQ est inférieure à ladite première valeur de seuil $TQ1$ et une seconde loi de commande $NG2$ étant mise en œuvre au moins lorsque ladite mesure dudit couple moteur TQ est supérieure à ladite seconde valeur de seuil $TQ2$.

8. Méthode selon la revendication 7,

caractérisée en ce que ladite première valeur de seuil TQ1 est comprise entre 5 et 15% d'une valeur de couple maximale TQmax apte à être générée par ledit au moins un turbomoteur (5).

9. Méthode selon l'une quelconque des revendications 7 à 8,

caractérisée en ce que ladite seconde valeur de seuil TQ2 est comprise entre 10 et 20% d'une valeur de couple maximale TQmax apte à être générée par ledit au moins un turbomoteur (5).

10. Méthode selon l'une quelconque des revendications 7 à 9,

caractérisée en ce que ladite méthode de régulation (20) met en œuvre ladite première loi de commande NG1 lorsque ladite mesure dudit couple moteur TQ passe en dessous de ladite première valeur de seuil TQ1 et tant que ladite mesure dudit couple moteur TQ reste en dessous de ladite seconde valeur de seuil TQ2.

11. Méthode selon l'une quelconque des revendications 7 à 10,

caractérisée en ce que ladite méthode de régulation (20) met en œuvre ladite seconde loi de commande NG2 lorsque ladite mesure dudit couple moteur TQ passe au dessus de ladite seconde valeur de seuil TQ2 et tant que ladite mesure dudit couple moteur TQ reste au dessus de ladite première valeur de seuil TQ1.

Fig.1

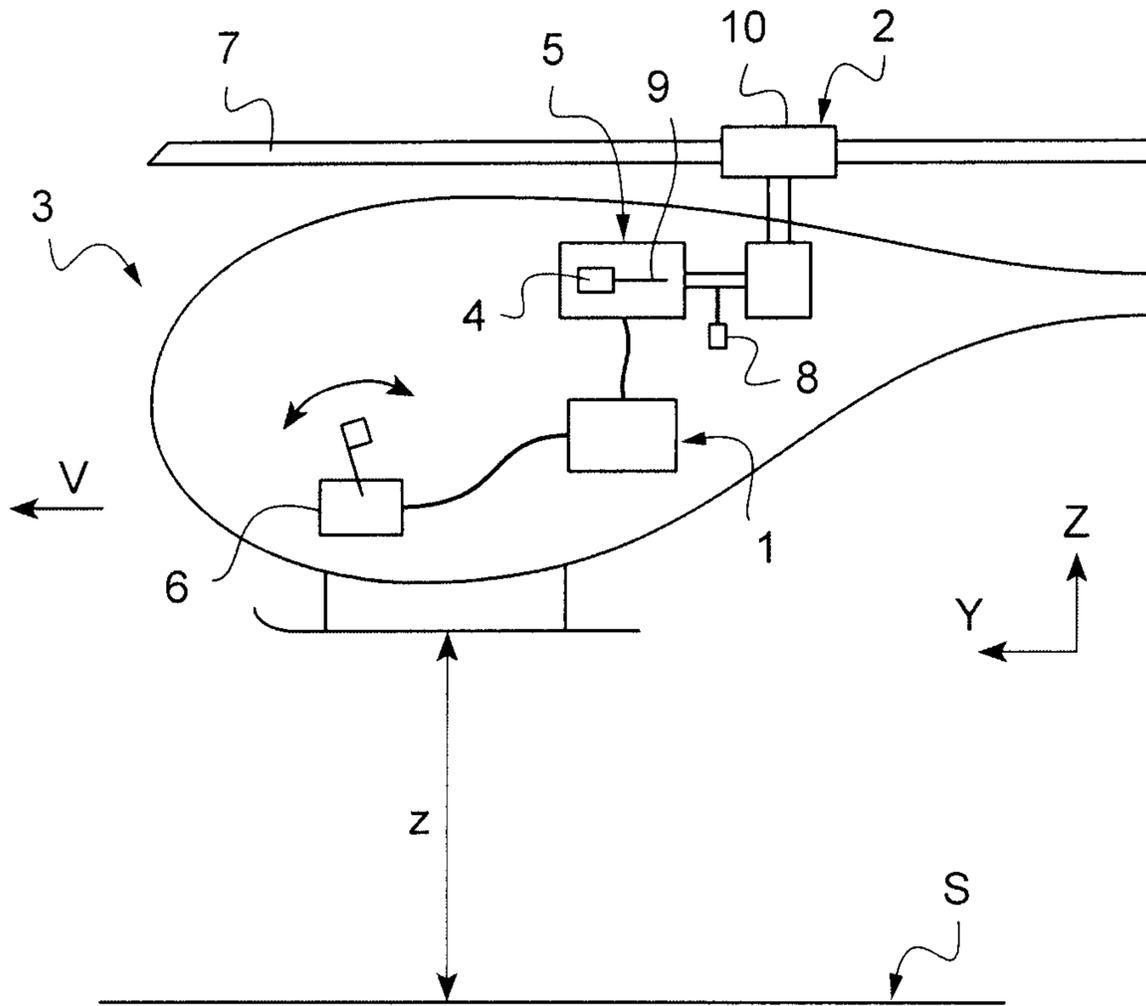


Fig.2

