

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 00441

(54)

Hélicoptère à rotors en tandem.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. 8). B 64 C 27/08.

(22)

Date de dépôt..... 13 janvier 1981.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : Grande-Bretagne, 14 janvier 1980, n° 80 01177.

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 17-7-1981.

(71)

Déposant : Société dite : WESTLAND AIRCRAFT LTD., résidant en Grande-Bretagne.

(72)

Invention de : Robert John Jupe.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : SA Fédit-Loriot,
38, av. Hoche, 75008 Paris.

Hélicoptère à rotors en tandem.

L'invention concerne les hélicoptères à rotors en tandem. Un hélicoptère à rotors en tandem comprend deux rotors principaux de sustentation disposés sur un axe longitudinal de façon adjacente aux extrémités avant et arrière du fuselage. Dans les hélicoptères à rotors en tandem classiques les rotors avant et arrière sont identiques, c'est-à-dire qu'ils comportent le même nombre de pales et que toutes les pales de rotor ont la même longueur de sorte que les diamètres respectifs des rotors avant et arrière sont identiques.

Ces hélicoptères ont tendance à être instables en vol horizontal et nécessitent une puissance installée très élevée. C'est ainsi qu'en vol horizontal, le rotor arrière est plongé dans la déflexion vers le bas du rotor avant et, en l'absence d'un pas collectif additionnel appliqué aux pales du rotor arrière, l'arrière de l'hélicoptère s'abaisse, de sorte que l'avant de l'hélicoptère pointe vers le haut. L'application d'un pas collectif additionnel au rotor arrière augmente le couple et donc la puissance nécessaire au rotor arrière.

Cet effet est particulièrement ressenti dans la plage des vitesses de vol horizontal correspondant à une puissance minimale pour le vol horizontal et les hélicoptères à plusieurs moteurs tendent à être limités à cette plage de vitesses si l'un de leurs moteurs vient à tomber en panne. Il est évident que pour voler en sécurité dans ces conditions, un hélicoptère à rotors en tandem classique doit avoir une puissance installée suffisante pour répondre à la demande additionnelle du rotor arrière. Si l'on prend comme exemple un appareil bimoteur, chacun des moteurs doit être réglé de façon à être capable de fournir l'énergie additionnelle requise, de sorte qu'en tout on installe le double de l'énergie additionnelle nécessaire. Dans les appareils à trois et quatre moteurs, on doit installer une fois et demie et une fois un tiers l'énergie additionnelle requise.

Cet impératif d'une puissance installée élevée dans les hélicoptères à rotors en tandem classiques signifie également que les moteurs sont déréglés lorsque l'appareil fonctionne en mode stationnaire, ce qui peut entraîner une consom-

mation de carburant élevée.

Aux vitesses^{supérieures}/de vol horizontal, la vitesse de déflexion vers le bas décroît de sorte que l'effet sur le rotor arrière de la déflexion vers le bas du rotor avant décroît également.

5 Ceci permet au rotor arrière de s'élever, ce qui fait que l'hélicoptère pique du nez vers le bas. Il en résulte une augmentation de la vitesse de vol horizontal et une nouvelle diminution de la vitesse de déflexion vers le bas, ce qui provoque une instabilité de la vitesse.

10 Les hélicoptères doivent souvent opérer à partir de bases telles que le pont d'un navire ayant un espace de garage limité qui nécessite que les pales des rotors principaux de sustentation soient repliables dans une position de parcage non opérationnelle. On peut rencontrer certaines difficultés

15 pour replier le nombre égal de pales des rotors avant et arrière des hélicoptères à rotors en tandem classiques, ce qui implique que certaines des pales doivent être repliées suivant des angles inutilement larges, ou qu'un arbre vital de synchronisation doive être désaccouplé entre les rotors avant et

20 arrière.

L'invention a pour objet un hélicoptère à rotor en tandem dont les rotors avant et arrière de sustentation sont supportés au-dessus du fuselage de manière à tourner dans des directions opposées autour d'axes disposés sur l'axe longitudinal du fuselage, ces rotors avant et arrière comprenant chacun

25 une pluralité de pales définissant le diamètre des rotors respectifs, le diamètre du rotor avant étant plus petit que le diamètre du rotor arrière.

Le diamètre du rotor avant est plus petit que celui du rotor arrière d'une valeur telle qu'en vol horizontal, la déflexion vers le bas du rotor avant n'interfère pas avec les portions extérieures des pales du rotor arrière qui produisent la majeure partie de la force de portance du rotor arrière.

30

Les axes respectifs de rotation des rotors avant et arrière forment avantageusement un angle avec la verticale dans des directions latérales opposées. Le nombre de pales du rotor avant peut être inférieur au nombre de pales du rotor arrière et leur rapport peut être analogue à celui des diamè-

35

tres respectifs des rotors.

Dans une telle configuration, le rotor avant comporte
avantageusement trois pales tandis que le rotor arrière en
comporte quatre et la distance entre les axes de rotation est
5 inférieure à la somme de la longueur de l'une des pales du
rotor avant et de l'une des pales du rotor arrière de façon à
obtenir un appareil compact à pales empiétantes.

Les rotors peuvent être réglés de façon à tourner à
des vitesses différentes et en rapport inverse du nombre de
10 pales du rotor respectif de manière à assurer que la vitesse
à la pointe des pales de chaque rotor est sensiblement égale.

Les rotors avant et arrière peuvent comprendre des
moyens de repliage de leurs pales à une position de parcage
non opérationnelle.

15 Suivant un autre aspect, l'invention vise un hélicop-
tère à rotors en tandem dont les rotors avant et arrière de
sustentation sont montés au-dessus du fuselage de manière à
tourner en sens opposé autour d'axes situés sur l'axe longitu-
dinal du fuselage, le rotor avant comprenant trois pales dont
20 la longueur définit le diamètre du rotor, le rotor arrière com-
prenant quatre pales ayant une longueur supérieure à la lon-
gueur des pales du rotor avant et définissant le diamètre du
rotor, les axes des rotors étant séparés par une distance infé-
rieure à la somme de la longueur de l'une des pales de chacun
25 des rotors avant et arrière, une transmission permettant de
faire tourner les rotors avant et arrière à des vitesses diffé-
rentes en rapport inversé du nombre de pales des rotors
respectifs.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la des-
30 cription détaillée qui va suivre et à l'examen des dessins
annexés qui représentent, à titre d'exemple non limitatif, un
mode de réalisation de l'invention.

La figure 1 est une vue de face d'un hélicoptère à
rotors en tandem suivant l'invention.

35 La figure 2 est une vue en plan de l'hélicoptère de la
figure 1.

La figure 3 est une vue de côté.

La figure 4 est une vue en plan analogue à la figure

2, mais représente l'hélicoptère avec ses pales repliées en position non opérationnelle.

Sur les dessins, on a représenté un hélicoptère 10 qui comporte un fuselage allongé 11, de section sensiblement uniforme, comprenant un poste de pilotage 12, adjacent à l'extrémité avant et une rampe arrière de chargement 13 (figure 3). Le fuselage 11 est supporté sur le sol par un train d'atterrissage à quatre roues 14.

Des rotors de sustentation avant et arrière 15 et 16 respectivement sont montés au-dessus du fuselage 11 de manière à pouvoir tourner autour d'axes 17 et 18 qui coïncident sensiblement avec un axe longitudinal du fuselage 11. Les axes 17 et 18 forment un faible angle avec la verticale dans des directions opposées transversalement. Le rotor arrière 16 est monté sur un support 22 qui dépasse vers le haut du fuselage 11 et les rotors 15 et 16 sont entraînés par deux moteurs supportés dans des nacelles 19 disposées latéralement à l'arrière du fuselage 11.

Comme représenté plus clairement sur la figure 2, le rotor avant 15 comprend trois pales 20 qui peuvent tourner autour de l'axe 17 dans le sens des aiguilles d'une montre et le rotor arrière¹⁶ comprend quatre pales 21 qui peuvent tourner autour de l'axe 18 en sens inverse des aiguilles d'une montre. Il est à noter que la longueur des pales 20 du rotor avant 15 est inférieure à la longueur des pales 21 du rotor arrière 16, de sorte que le diamètre du disque du rotor avant 15, ou diamètre de ce rotor, est plus petit que le diamètre du rotor arrière 16.

Les pales 20 et 21 des rotors ont des cordes identiques.

On sait que la majeure partie de la force de portance créée par le rotor d'un hélicoptère est concentrée dans une zone extérieure des pales de rotor, qui s'étend vers l'intérieur à partir de la pointe des pales. Comme, dans un hélicoptère à rotors en tandem suivant l'invention, le diamètre du rotor arrière 16 est plus grand que celui du rotor avant 15, il est évident que la partie principale de portance des pales 21 du rotor arrière 16 s'étend au-delà de la déflexion vers le bas créée par le rotor avant 15, dans une zone de déflexion

vers le haut ce qui, en vol horizontal à faible vitesse, produit une portance additionnelle au niveau du rotor 16, compensant ainsi largement les effets adverses de la déflexion vers le bas du rotor avant sans nécessiter l'injection d'une énergie additionnelle pour le rotor arrière 16. La puissance installée d'un hélicoptère à rotors en tandem suivant l'invention est donc réduite, puisque la demande de puissance additionnelle indispensable aux hélicoptères à rotors en tandem classiques n'est plus nécessaire ; l'économie réalisée sur la quantité de puissance installée correspondant aux facteurs préalablement indiqués pour les hélicoptères classiques à plusieurs moteurs.

Il est évident que cette possibilité de compensation automatique de l'hélicoptère à rotors en tandem suivant l'invention évite également la tendance qu'ont les hélicoptères classiques à pointer du nez vers le haut à faible vitesse, ce qui assure un fonctionnement plus stable en vol horizontal à faible vitesse. En outre, en vol stationnaire, les moteurs de l'hélicoptère suivant l'invention fonctionnent avec plus d'efficacité, ce qui économise le carburant.

En vol horizontal à des vitesses plus élevées, la diminution de la déflexion vers le bas du rotor avant 15 produit une diminution correspondante de la déflexion vers le haut qui agit sur la partie principale de portance des pales 21 du rotor arrière 16, ce qui réduit la tendance de l'appareil à piquer du nez vers le bas et assure un fonctionnement plus stable en vol horizontal à vitesse élevée.

Pour qu'un hélicoptère à rotors en tandem soit aussi compact que possible, il est souhaitable que les pales des rotors avant et arrière empiètent les unes sur les autres, afin de réduire la longueur totale du fuselage, de sorte qu'on a dû étudier cet empiètement pour un hélicoptère à rotors en tandem construit suivant l'invention, dans lequel le rotor avant 15 a un plus petit diamètre que le rotor arrière 16.

Il est évident que pour assurer l'empiètement de rotors de diamètres différents ayant le même nombre de pales, celles-ci doivent avoir la même vitesse de rotation. Toutefois, il en résulte que les vitesses des pointes des pales de rotor

sont inégales dans le même rapport que celui des différents diamètres des rotors.

Pour un rapport souhaitable des diamètres, la différence des vitesses à la pointe des pales est inacceptable du fait de la différence excessive de la poussée des rotors respectifs.

Le problème était alors d'obtenir des vitesses plus voisines aux pointes des pales 20 et 21 des rotors avant et arrière 15 et 16, de diamètres différents. A cet effet, on a réduit le nombre de pales 20 du rotor avant de plus petit diamètre 15, de façon que le nombre de pales par rotor donne un rapport analogue à celui des diamètres des rotors et on a réglé le système de transmission de façon à faire tourner les rotors 15 et 16 à des vitesses différentes et en rapport inverse au nombre de pales de chaque rotor.

On a pu ainsi faire empiéter les pales des rotors 15 et 16 de diamètres différents, tout en conservant des vitesses sensiblement égales à la pointe des pales des rotors respectifs, ce qui permet de réduire la différence de poussée des rotors à une valeur acceptable.

Un autre avantage de l'égalisation pratique des vitesses à la pointe des pales réside dans le fait que la fréquence de passage, c'est-à-dire la fréquence (et tous ses multiples) à laquelle les pales des deux rotors passent sur le fuselage 11 est également sensiblement uniformisée. Comme l'excitation dynamique des rotors se produit à cet ensemble de fréquences, il est évident qu'un seul ensemble de fréquences doit être pris en compte pour la conception et la construction du fuselage 11, ce qui facilite la fabrication d'un fuselage ayant des caractéristiques de réaction faibles.

Lors du choix d'un nombre de pales avantageux pour les rotors avant et arrière 15 et 16 ayant la configuration empiétante représentée pour laquelle la distance entre les axes 17 et 18 est inférieure à la somme des longueurs de l'une des pales 20 et de l'une des pales 21, un maximum de quatre pales a été jugé souhaitable pour obtenir un jeu approprié entre les pales. Il a donc été décidé que le rotor arrière 16 de plus grand diamètre comporterait quatre pales 21. Comme les rotors

à deux pales ont des caractéristiques dynamiques qui les rendent inutilisables dans les hélicoptères à rotors en tandem, on a décidé que le rotor avant 15 de plus petit diamètre comporterait trois pales 20.

5 Du fait de l'agencement selon la présente invention dans lequel le rotor avant 15 est de plus petit diamètre que le rotor arrière 16, le centre de portance est situé plus en arrière que dans les hélicoptères à rotors en tandem classiques. La rampe arrière de chargement, les réservoirs de carburant et les moteurs montés à l'arrière, le plus grand diamètre
10 du rotor arrière 16 et son carter de transmission nécessairement plus important font que le centre de gravité est également situé plus à l'arrière qu'il n'est habituel, ce qui assure l'équilibrage naturel de la structure suivant l'invention.
15

La différence d'inclinaison latérale relativement faible des axes 17 et 18 des rotors équilibre les différentes grandeurs de couple nécessaires à l'entraînement des rotors respectifs 15 et 16, qui autrement déséquibleraient la réaction de couple de l'hélicoptère, ce qui tendrait à faire tourner l'hélicoptère dans une direction correspondant au sens de rotation du rotor avant 15 de plus petit diamètre. Le support 22 assure un jeu suffisant entre les pales de rotor 21 et le fuselage 11 et compense l'angle de battement plus grand qui
20 résulte de la plus grande longueur des pales 21 du rotor arrière 16.
25

Comme représenté sur la figure 4, la configuration empiétante des rotors à trois et quatre pales du mode de réalisation décrit simplifie également le problème du repliage des
30 pales des rotors rencontré dans les hélicoptères à rotors en tandem classiques. L'une des pales 20a du rotor avant 15 est disposée vers l'arrière au-dessus du fuselage 11 et ne nécessite pas de pliage. Les deux autres pales 20 sont repliées vers l'arrière, de façon à reposer latéralement au-dessus du
35 fuselage 11, sensiblement parallèlement à l'axe longitudinal de celui-ci. Les pales 21 du rotor arrière 16 sont toutes repliées vers l'avant de façon à reposer latéralement par paires superposées au-dessus du fuselage 11, sensiblement parallèle-

ment à l'axe longitudinal de celui-ci. Il en résulte une configuration repliée extrêmement compacte qui facilite le parage de l'appareil dans un minimum d'espace.

5 En fonctionnement, les charges centrifuges sont sensiblement égales du fait que les pales 20 et 21 des rotors avant et arrière 15 et 16 ont la même corde. C'est là une caractéristique importante du point de vue de la conception et de la fabrication car on peut ainsi fabriquer les pales de différentes longueurs avec le même outillage, notamment lorsque les
10 pales sont en matériaux composites. D'autres composants tels que les composants de la tête de rotor peuvent également être identiques pour les rotors avant et arrière, ce qui simplifie également les réparations et l'entretien.

15 Pour un hélicoptère à rotors en tandem de configuration empiétante, l'agencement à trois et quatre pales décrit est le plus avantageux pour les raisons énumérées ci-dessus. Toutefois, lorsque l'empiètement n'est pas indispensable, il est bien évident que l'invention s'étend aux hélicoptères à rotors en tandem dans lesquels le diamètre du rotor avant est
20 plus petit que celui du rotor arrière, et présentant des rapports de pales différents par rotor, par exemple un rapport de trois à cinq ou de quatre à cinq. Dans ces modes de réalisation à pales non empiétantes il n'est pas indispensable que les vitesses de rotation des rotors soient inversement proportionnelles au nombre de pales par rotor. Cependant, on peut conser-
25 ver cette caractéristique pour les vitesses à la pointe des pales et les fréquences de passage identiques qui en résultent. Comme décrit plus haut pour la configuration à empiètement, on obtient ainsi une réduction à une valeur acceptable de la différence entre les poussées respectives des rotors et une simplification de la conception d'un fuselage à faible réaction
30 pour une configuration sans empiètement.

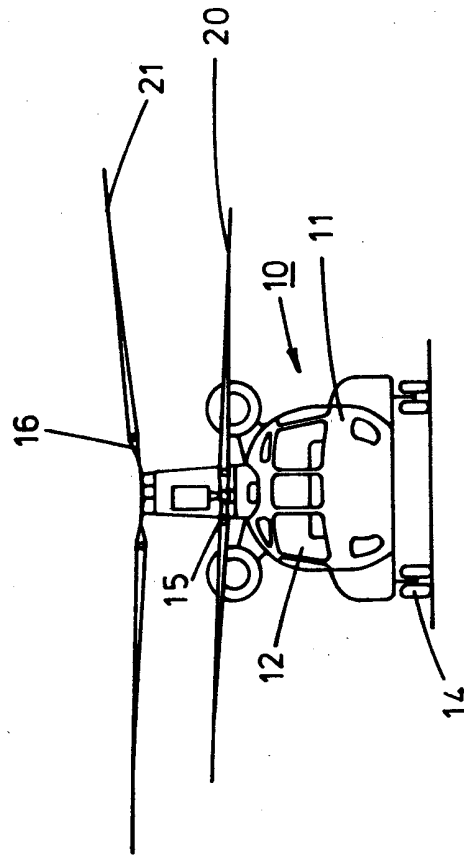
Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation de l'exemple décrit et représenté, elle
35 est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art, suivant les applications envisagées et sans s'écarter pour cela du cadre de l'invention.

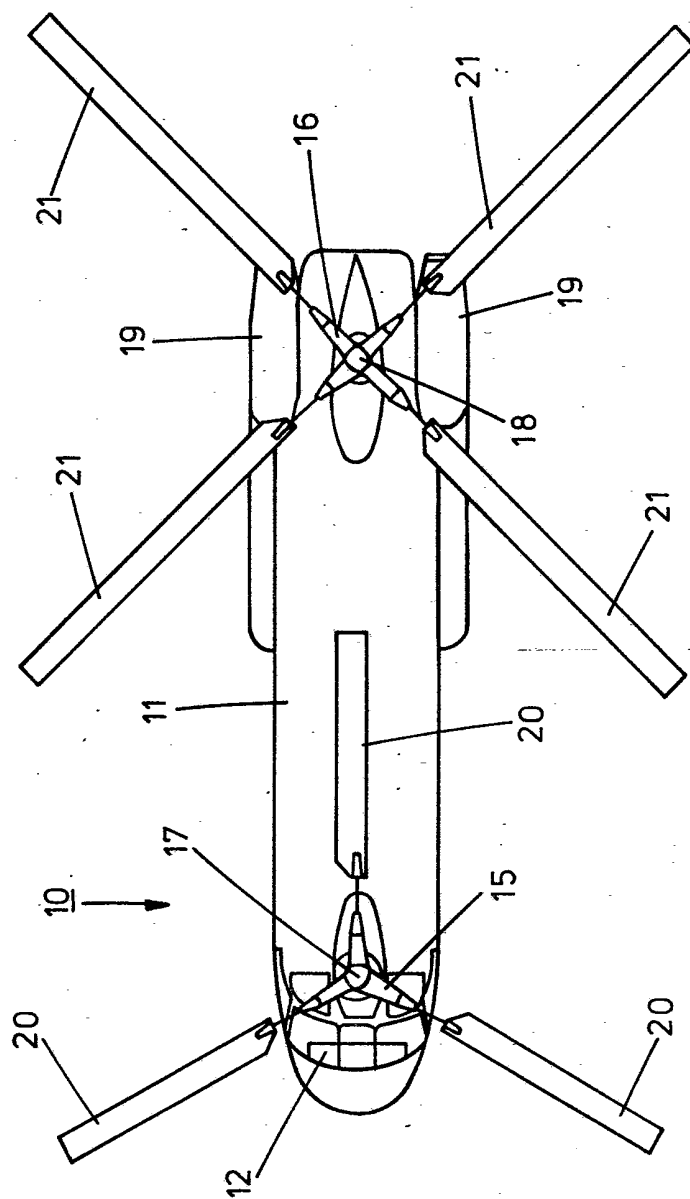
REVENDEICATIONS

1. Hélicoptère à rotors en tandem comprenant des rotors avant et arrière de sustentation montés au-dessus du fuselage de manière à tourner en sens opposé autour d'axes situés sur l'axe longitudinal du fuselage, lesdits rotors avant et arrière comprenant chacun une pluralité de pales définissant les diamètres respectifs des rotors, caractérisé en ce que le diamètre du rotor avant est plus petit que le diamètre du rotor arrière.
2. Hélicoptère suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le diamètre du rotor avant est plus petit que le diamètre du rotor arrière d'une valeur telle qu'en vol horizontal, la déflexion vers le bas du rotor avant n'interfère pas avec les portions extérieures des pales du rotor arrière d'où provient la majeure partie de la force de portance du rotor arrière.
3. Hélicoptère suivant la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que les axes de rotation précités des rotors avant et arrière font un angle avec un axe vertical dans des directions latérales opposées.
4. Hélicoptère suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le nombre de pales du rotor avant est moindre que celui des pales du rotor arrière.
5. Hélicoptère suivant la revendication 4, caractérisé en ce que le rapport du nombre de pales des rotors respectifs est analogue à celui des diamètres desdits rotors.
6. Hélicoptère suivant la revendication 4 ou la revendication 5, caractérisé en ce que le rotor avant comprend trois pales et le rotor arrière quatre pales.
7. Hélicoptère suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la distance entre les axes de rotation des rotors avant et arrière est inférieure à la somme de la longueur de l'une des pales du rotor avant et de l'une des pales du rotor arrière.
8. Hélicoptère suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'en fonctionnement, les rotors tournent à des vitesses différentes et en rapport inverse au nombre de leurs pales.

9. Hélicoptère suivant l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que des moyens de repliage permettent de replier les pales dans une position de parcage non opérationnelle.

- 5 10. Hélicoptère à rotors en tandem, caractérisé en ce qu'il comprend : des rotors avant et arrière de sustentation montés au-dessus du fuselage de façon à tourner en sens inverse autour d'axes situés sur l'axe longitudinal du fuselage, le rotor avant comprenant trois pales dont la longueur définit
- 10 le diamètre du rotor, le rotor arrière comprenant quatre pales dont la longueur, supérieure à celle des pales du rotor avant, définit le diamètre du rotor, les axes desdits rotors étant séparés par une distance inférieure à la somme de la longueur de l'une des pales de chacun des rotors avant et arrière ;
- 15 et une transmission agencée de façon à entraîner les rotors avant et arrière à des vitesses différentes en rapport inverse au nombre de pales des rotors respectifs.





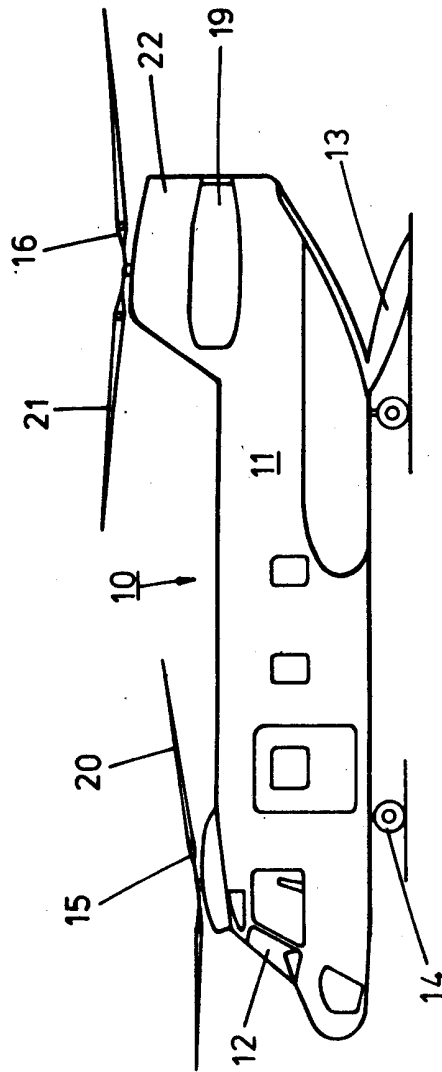


FIG. 3

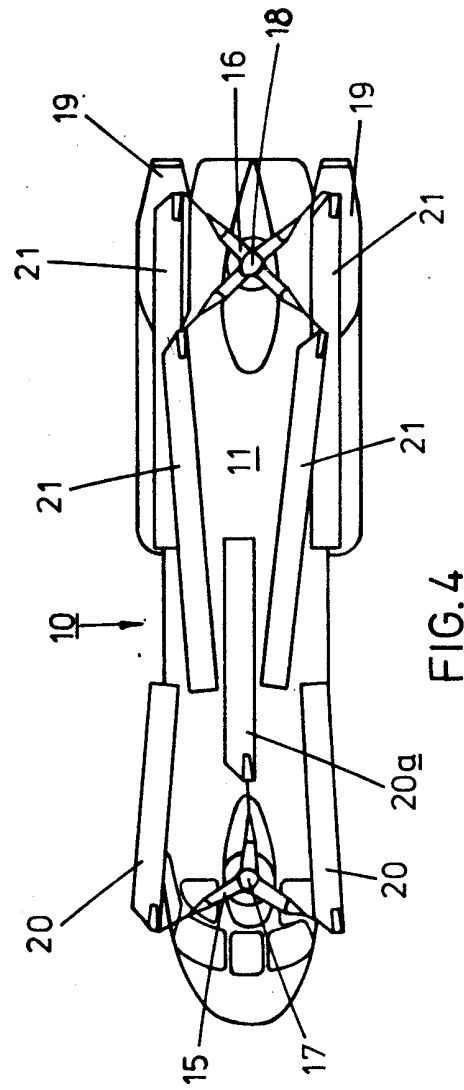


FIG. 4