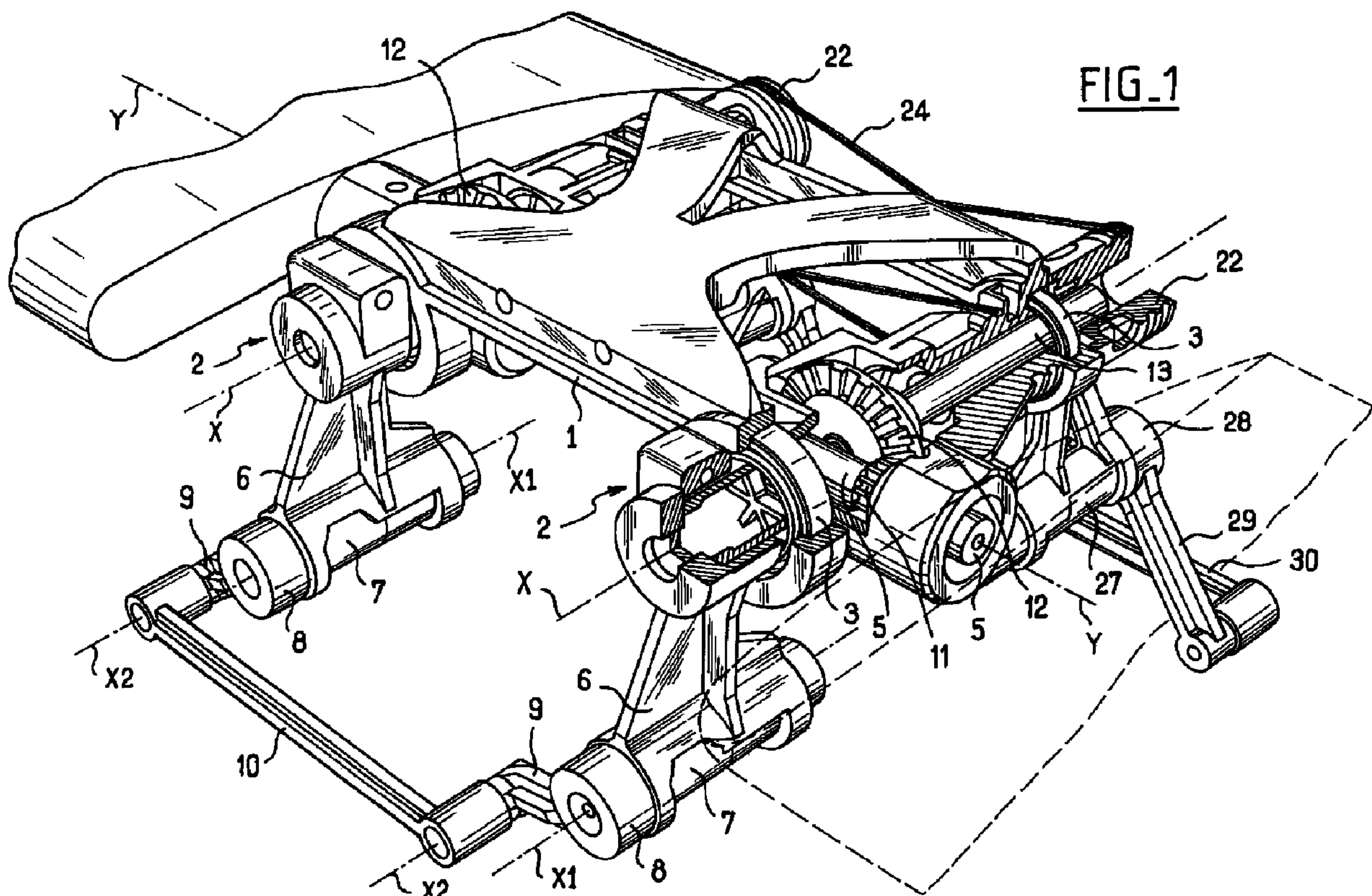




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2008/09/16
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2009/06/04
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2010/03/17
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2008/001294
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2009/068762
(30) Priorité/Priority: 2007/09/20 (FR07 06616)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B64C 33/02* (2006.01)
(71) Demandeurs/Applicants:
UNIVERSITE PARIS SUD, FR;
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE, FR;
UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE (PARIS 6), FR
(72) Inventeurs/Inventors:
MARTINELLI, PASCAL, FR;
RAVASI, THOMAS, FR;
GRAND, CHRISTOPHE, FR;
DONCIEUX, STEPHANE, FR;
MOURET, JEAN-BAPTISTE, FR;
DE MARGERIE, EMMANUEL, FR
(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : ENGIN VOLANT A AILES BATTANTES
(54) Title: FLYING DEVICE WITH FLAPPING WINGS



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un engin volant à ailes battantes, l'engin comportant un châssis sur lequel deux pivots sont montés à pivotement selon deux axes d'articulation parallèles (X), chacun des pivots portant une aile, l'engin comportant un premier



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

générateur d'oscillations pour provoquer une oscillation des pivots en vue de provoquer un battement des ailes, ledit premier générateur d'oscillations comportant: deux bras (6) solidaires chacun d'un des pivots (2); deux manivelles (9) articulées chacune à l'extrémité d'un des bras selon des axes (X1) parallèles aux axes d'articulation (X) des pivots; une bielle (10) articulée aux extrémités des deux manivelles selon des axes (X2) parallèles aux axes d'articulation (X) des pivots; des moyens de synchronisation (4) de la rotation des deux pivots de sorte que les pivots aient des rotations égales et opposées; deux moteurs électriques (7) disposés pour commander chacun une rotation de l'une des manivelles vis-à-vis du bras associé; des moyens de commande pour commander et synchroniser la vitesse de rotation des moteurs et pour commander un déphasage entre les moteurs.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale
4 juin 2009 (04.06.2009)(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/068762 A1(51) Classification internationale des brevets :
B64C 33/02 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/001294(22) Date de dépôt international :
16 septembre 2008 (16.09.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
07 06616 20 septembre 2007 (20.09.2007) FR(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : **UNI-
VERSITE PARIS SUD** [FR/FR]; 15, avenue Georges
Clémenceau, F-91405 Orsay Cedex (FR). **CENTRE****NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**
[FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75016 Paris (FR). **UNI-
VERSITE PIERRE ET MARIE CURIE** [FR/FR]; 4,
Place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05 (FR).

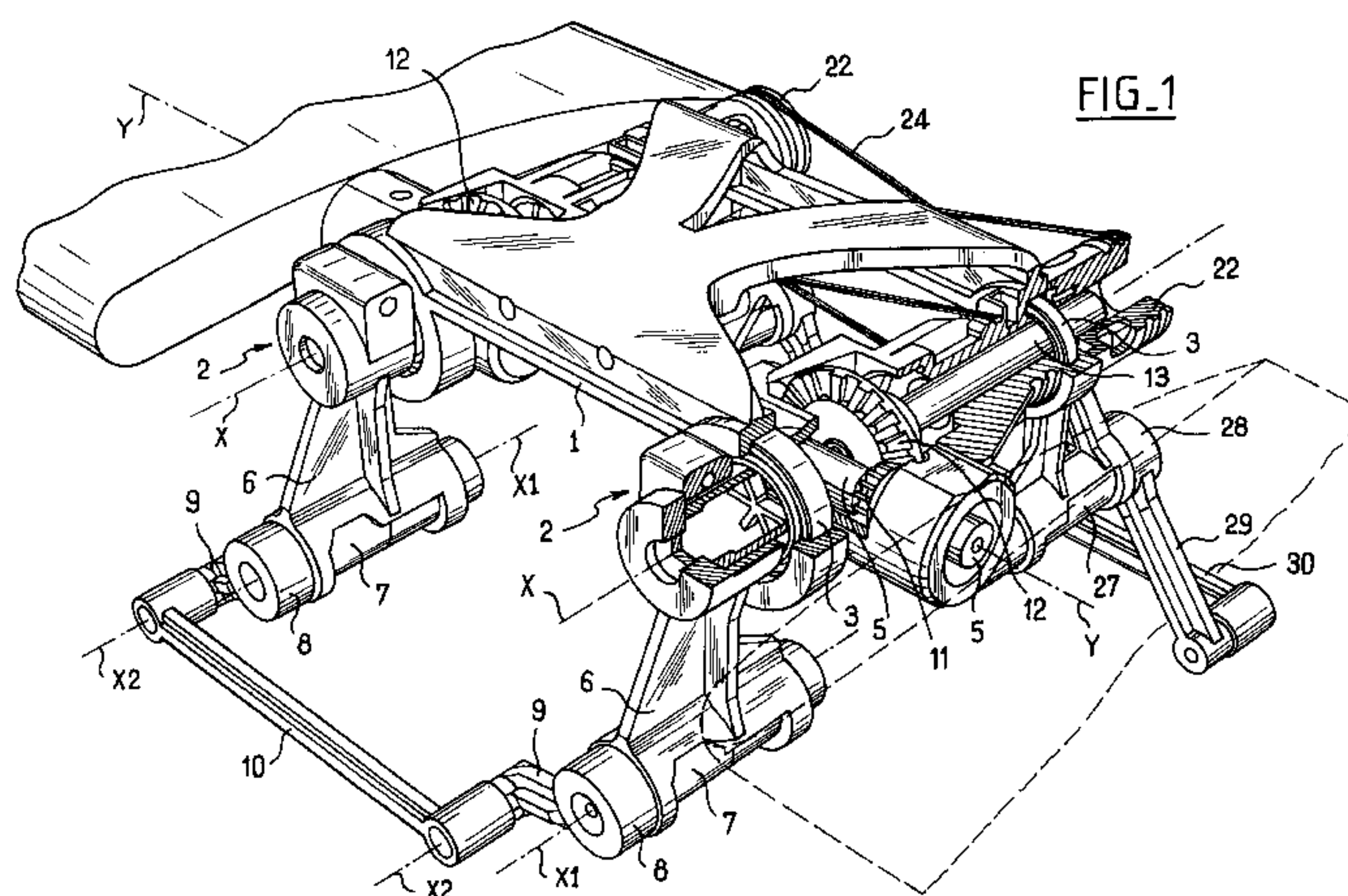
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **MAR-
TINELLI, Pascal** [FR/FR]; 11, rue Germaine Tailleferre,
F-94110 Arcueil (FR). **RAVASI, Thomas** [FR/FR]; 15,
impasse Waldeck-Rousseau, F-93300 Aubervilliers (FR).
GRAND, Christophe [FR/FR]; 4, impasse Ernest Re-
nan, F-94800 Villejuif (FR). **DONCIEUX, Stéphane**
[FR/FR]; 4, allée des Feuillantines, F-94800 Villejuif
(FR). **MOURET, Jean-Baptiste** [FR/FR]; 49, boulevard
Vincent Auriol, F-75013 Paris (FR). **DE MARGERIE,**
Emmanuel [FR/FR]; 31, rue Victor Schoelcher, F-35200
Rennes (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: FLYING DEVICE WITH FLAPPING WINGS

(54) Titre : ENGIN VOLANT A AILES BATTANTES

(57) **Abstract:** The invention relates to a flying device with flapping wings, the device comprising a chassis on which two pivots are pivotally mounted about two parallel articulation axes (X), each of the pivots bearing a wing, the device comprising a first oscillation generator in order to oscillate the pivots so as to cause the wings to flap, said first oscillation generator comprising: two arms (6) each secured to one of the pivots (2); two cranks (9) each articulated to the end of one of the arms about axes (X1) which are parallel to the articulation axes (X) of the pivots; a link rod (10) articulated to the ends of the two cranks about axes (X2) which are parallel to the articulation axes (X) of the pivots; means (4) for synchronizing the rotation of the two pivots such that the pivots have equal and opposite rotations; two electric motors (7) arranged so as to each rotate one of the cranks with respect to the associated arm; and control means for controlling and synchronizing the speed of rotation of the motors and for controlling a phase shift between the motors.(57) **Abrégé :** L'invention concerne un engin volant à ailes battantes, l'engin comportant un châssis sur lequel deux pivots sont montés à pivotement selon deux axes d'articulation parallèles (X), chacun des pivots portant une aile, l'engin comportant un premier générateur d'oscillations pour provoquer une oscillation des pivots en vue de provoquer un battement des ailes, ledit premier générateur d'oscillations comportant: deux bras (6) solidaires chacun d'un des pivots (2); deux manivelles (9)

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/068762 A1

WO 2009/068762 A1



(74) Mandataire : **PARZY, Benjamin**; c/o CABINET BOETTCHER, 22, rue du Général Foy, F-75008 Paris (FR).

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

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH,

GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*
— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

articulées chacune à l'extrémité d'un des bras selon des axes (X1) parallèles aux axes d'articulation (X) des pivots; une bielle (10) articulée aux extrémités des deux manivelles selon des axes (X2) parallèles aux axes d'articulation (X) des pivots; des moyens de synchronisation (4) de la rotation des deux pivots de sorte que les pivots aient des rotations égales et opposées; deux moteurs électriques (7) disposés pour commander chacun une rotation de l'une des manivelles vis-à-vis du bras associé; des moyens de commande pour commander et synchroniser la vitesse de rotation des moteurs et pour commander un déphasage entre les moteurs.

Engin volant à ailes battantes

L'invention concerne un engin volant à vol battu, du type ornithoptère.

5 ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

On connaît des engins volants équipés de deux ailes battantes. Divers mécanismes ont été proposés pour actionner les ailes. Beaucoup d'entre eux font appel à un système de bielle et de manivelle actionnée par un moteur électrique. Pour faire varier la fréquence de battement, il suffit de jouer sur la vitesse de rotation du moteur électrique. Cependant, ces systèmes ne permettent pas de faire varier l'amplitude du battement, sauf à prévoir un actionneur supplémentaire.

15 OBJET DE L'INVENTION

L'invention a pour objet un dispositif pour le battement d'aile très simple, permettant de réguler à la fois la fréquence et l'amplitude des battements des ailes

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

20 Selon l'invention, on propose un engin volant à ailes battantes, l'engin comportant un châssis sur lequel deux pivots sont montés à pivotement selon deux axes d'articulation parallèles, chacun des pivots portant une aile. Selon l'invention, l'engin comporte un premier générateur d'oscillations pour provoquer une oscillation des pivots en vue de provoquer un battement des ailes, ledit premier générateur d'oscillations comprenant :

- deux bras solidaires chacun d'un des pivots;
- deux manivelles articulées chacune à l'extrémité d'un des bras selon des axes parallèles aux axes d'articulation des pivots ;
- une bielle articulée aux extrémités des deux manivelles selon des axes parallèles aux axes d'articulation des pivots;
- 35 - des moyens de synchronisation de la rotation des deux

pivots de sorte que les pivots aient des rotations égales et opposées;

- deux moteurs électriques disposés pour commander chacun une rotation de l'une des manivelles vis-à-vis du bras associé ;
- des moyens de commande pour commander et synchroniser la vitesse de rotation des moteurs et pour commander un déphasage entre les moteurs.

En faisant tourner les deux moteurs continûment à la même vitesse, on obtient un battement alternatif des deux ailes. En jouant sur le déphasage entre les deux moteurs, on règle l'amplitude du mouvement de battement. On peut éventuellement obtenir une absence de battement, en faisant en sorte que les moteurs soient en phase, c'est-à-dire en faisant en sorte que les manivelles restent parallèles entre elles.

Ainsi, à l'aide de deux paramètres simples à contrôler (vitesse commune et déphasage des moteurs), on parvient à commander la fréquence et l'amplitude des battements des ailes.

On notera que la vitesse de rotation des moteurs peut ne pas être constante. Il importe cependant que les moteurs restent synchronisés entre eux, sauf à introduire dans le système un degré de liberté supplémentaire.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit en référence aux figures des dessins annexés parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en perspective de trois-quart avant partiellement écorchée d'un dispositif selon un mode particulier de réalisation de l'invention, l'une des ailes étant représentée en pointillés;

- la figure 2 est une vue en perspective de trois-quart arrière partiellement écorchée du dispositif illustré à la figure 1, l'une des ailes étant représentée

en pointillés ;

- la figure 3 est une vue de face du dispositif de la figure 1, montrant un cas de fonctionnement dans lequel les moteurs sont en phase ;

5 - la figure 4 est une vue de face du dispositif de la figure 1, montrant un cas de fonctionnement dans lequel les moteurs sont déphasés.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

10 En référence aux figures, et conformément à un mode particulier de réalisation de l'invention, le dispositif comporte un châssis 1 portant deux pivots 2 montés tournants sur le châssis selon des axes X parallèles. Sur la partie écorchée du châssis 1, on distingue les roulements 3 de support de l'un des pivots 2.

15 Chaque pivot 2 porte un support pivotant 5 qui est monté à rotation dans le pivot selon un axe Y perpendiculaire à l'axe X (seul le support pivotant du pivot gauche est visible à la figure 1). L'aile est attachée directement sur le support pivotant 5 de sorte qu'elle
20 s'étende en envergure sensiblement selon l'axe Y. Ainsi, une oscillation alternative d'un des pivots 2 selon l'axe X provoque un battement de l'aile associée, tandis qu'une oscillation du support pivotant 5 selon l'axe Y provoque une variation d'incidence de l'aile associée.

25 On va maintenant décrire en détail un premier générateur d'oscillations contrôlant le battement des ailes. Le générateur d'oscillations comporte tout d'abord une courroie 4 croisée engagée dans des gorges des pivots 2 permet la synchronisation angulaire de ces derniers de
30 sorte que lorsque l'un des pivots 2 tourne d'un angle donné, l'autre pivot tourne d'un angle égal et opposé. En variante, on pourra utiliser une liaison par engrenages, ou tout autre système mécanique passif permettant de synchroniser les rotations respectives des deux pivots 2.

35 Le premier générateur d'oscillations comporte des

bras 6 qui sont solidaires chacun d'un des pivots 6 et qui s'étendent pour recevoir à leur extrémité un moteur électrique 7 ayant un arbre de sortie qui comporte une extrémité tournante 8 selon un axe X1 parallèle à l'axe X. Ici, les bras 6 s'étendent vers le bas et sont sensiblement verticaux lorsque les axes Y s'étendent selon l'horizontale, comme cela est particulièrement visible à la figure 3. Chaque extrémité tournante 8 porte une manivelle 9. Les extrémités des manivelles 9 sont articulées à une bielle 10 selon des axes X2 également parallèles aux axes X.

Ici, les bras 6 ont une longueur (mesurée entre les axes X et X1) supérieure à la longueur des manivelles 9 (mesurée entre les axes X1 et X2), tandis que la bielle 10 a une longueur (mesurée entre les deux axes X2) équivalente à la distance entre les axes X.

Le battement des ailes est obtenu de la façon suivante. A la figure 3, les moteurs électriques 7 tournent dans le même sens et à la même vitesse. Les manivelles 9 sont parallèles entre elles de sorte que les angles α et α' restent à tout instant égaux. On dira que les moteurs électriques 7 sont en phase. Ce mouvement ne provoque aucune oscillation des bras 6, et, partant, des pivots 2. Les ailes ne battent pas.

A la figure 4, les moteurs électriques 7 tournent à la même vitesse, mais ils sont déphasés. L'une des manivelles 9 est décalée angulairement par rapport à l'autre manivelle. Les angles β et β' ne sont pas égaux. La rotation continue des moteurs électriques 7 dans le même sens et à même vitesse induit une oscillation de battement des bras 6 et, partant, des pivots 2. Les ailes battent en oscillant autour des axes X.

Les moteurs électriques 7 comportent ici chacun un capteur de position angulaire et sont reliés à un boîtier de commande 50 qui alimente les moteurs et reçoit

les informations des capteurs. Pour faire varier la fréquence du battement, le boîtier de commande 50 fait varier la vitesse de rotation des moteurs électriques 7, en veillant à ce que les moteurs soient synchronisés et
5 aient la même vitesse de rotation. Pour faire varier l'amplitude des battements, le boîtier de commande 50 fait varier le déphasage entre les deux moteurs électriques 7, par exemple en ralentissant temporairement l'un des moteurs jusqu'à ce que le déphasage souhaité soit obtenu,
10 puis en réaccélérant ledit moteur pour le faire tourner à la même vitesse que l'autre moteur.

On va maintenant décrire en détail un second générateur d'oscillations permettant de contrôler l'incidence des ailes. Ce générateur d'oscillations est
15 d'un principe similaire à celui du premier générateur d'oscillations. Il est rappelé que chaque aile est solidaire non pas directement du pivot 2 correspondant, mais du support pivotant 5 qui monté tournant dans le pivot selon l'axe Y.

20 Revenant aux figures 1 et 2, on constatera que chaque support pivotant 5 comporte un pignon conique 11 qui coopère avec un pignon conique 12 monté en extrémité d'un arbre d'entraînement 13 qui est monté tournant dans le pivot 2 selon l'axe X. Les deux pignons coniques forment un renvoi d'angle liant une rotation du support pivotant 5 autour de l'axe Y à une rotation de l'arbre
25 d'entraînement 13 correspondant autour de l'axe X. L'autre extrémité de chaque arbre d'entraînement 13 est solidaire d'un manchon 22. Les manchons 22 sont synchronisés en rotation au moyen d'une courroie croisée 24 de
30 sorte qu'une rotation de l'un des arbres d'entraînement 13 dans un sens provoque une rotation de même angle et en sens inverse de l'autre arbre d'entraînement 13.

Chaque manchon 22 comporte un bras 26 qui s'étend
35 pour recevoir à son extrémité un moteur électrique 27

ayant une extrémité tournante 28 selon un axe X11 parallèle à l'axe X. Ici, les bras 26 s'étendent vers le bas et sont sensiblement verticaux lorsque les axes Y s'étendent selon l'horizontale. Chaque extrémité tournante 28 porte une manivelle 29. Les extrémités des manivelles 9 sont articulées à une bielle 30 selon des axes X22 également parallèles aux axes X.

Ici, les bras 26 ont une longueur (mesurée entre les axes X et X11) supérieure à la longueur des manivelles 9 (mesurée entre les axes X11 et X22), tandis que la bielle 30 a une longueur (mesurée entre les deux axes X22) équivalente à la distance entre les axes X.

Ce deuxième générateur d'oscillations fonctionne exactement comme le premier. Lorsque les moteurs électriques 27 sont en phase, les manivelles 29 restent parallèles entre elles, de sorte que les arbres d'entraînement 13 ne tournent pas. Ils restent immobiles en rotation. Aucune oscillation d'incidence n'est commandée par le deuxième générateur d'oscillations. Cependant, il est à noter que si le premier générateur d'oscillations est activé pour commander une oscillation de battement des ailes, cette oscillation de battement induit une oscillation d'incidence des ailes. En effet, du fait de la liaison par pignons coniques 11,12 entre le support pivotant 5 et l'arbre d'entraînement 13, une rotation du pivot 2 autour de l'axe X a pour effet de provoquer une rotation induite du support pivotant 5 alors même que l'arbre d'entraînement 13 reste immobile. Les ailes subissent donc une oscillation d'incidence induite, d'une fréquence identique à la fréquence d'oscillation de battement.

Au contraire, lorsque les moteurs électriques 27 sont déphasés, la rotation des manivelles 29 induit une oscillation commandée des bras 26, et, partant, des manchons 24 et donc des arbres d'entraînement 13. Cette os-

cillation est communiquée via les pignons coniques 11,12 aux supports pivotants 5 qui oscillent à leur tour, ce qui provoque une oscillation d'incidence commandée des ailes qui s'ajoute à l'oscillation d'incidence induite du fait de l'oscillation des pivots 2 autour des axes X.

Le boîtier de commande 50 est également apte à commander les moteurs 27 du second générateur d'oscillations de la même façon que pour les moteurs électriques 7. On aura intérêt à adapter la vitesse de rotation des moteurs 27 pour faire en sorte que la fréquence d'oscillation d'incidence des ailes coïncide avec la fréquence d'oscillation de battement des ailes.

L'invention n'est pas limitée à ce qui vient d'être décrit, mais bien au contraire englobe toute variante entrant dans le cadre défini par les revendications.

En particulier, bien que l'on ait illustré un dispositif comportant un premier générateur d'oscillations pour contrôler le battement des ailes et un second générateur d'oscillations pour contrôler l'incidence, on pourra, tout en restant dans le cadre de l'invention, prévoir un dispositif équipé uniquement d'un générateur d'oscillations contrôlant le battement des ailes. Une oscillation d'incidence couplée à l'oscillation en battement est alors obtenue très simplement en immobilisant les arbres d'entraînement 13 en rotation. Le dispositif est alors simplifié, même s'il n'est plus possible de régler l'oscillation d'incidence en amplitude et en fréquence.

Si aucune oscillation d'incidence n'est désirée, il est possible de simplifier le dispositif en supprimant les arbres d'entraînement 13 et les supports pivotants et en solidarissant les ailes directement aux pivots 2.

Bien que, dans chacun des organes d'actionnement, on ait choisi de placer les moteurs en extrémité des

bras, on pourra placer les moteurs sur le châssis, et
lier la rotation des manivelles à celle des moteurs au
moyen d'une transmission par courroie ou tout autre moyen
de transmission connu. On diminue ainsi l'inertie de ro-
5 tation autour des axes X des pivots ou des manchons.

REVENDICATIONS

1. Engin volant à ailes battantes, l'engin comportant un châssis sur lequel deux pivots sont montés à pivotement selon deux axes d'articulation parallèles (X), chacun des pivots portant une aile, l'engin comportant un premier générateur d'oscillations pour provoquer une oscillation des pivots en vue de provoquer un battement des ailes, caractérisé en ce que ledit premier générateur d'oscillations comporte :
- deux bras (6) solidaires chacun d'un des pivots (2);
 - deux manivelles (9) articulées chacune à l'extrémité d'un des bras selon des axes (X1) parallèles aux axes d'articulation (X) des pivots ;
 - une bielle (10) articulée aux extrémités des deux manivelles selon des axes (X2) parallèles aux axes d'articulation (X) des pivots;
 - des moyens de synchronisation (4) de la rotation des deux pivots de sorte que les pivots aient des rotations égales et opposées;
 - deux moteurs électriques (7) disposés pour commander chacun une rotation de l'une des manivelles vis-à-vis du bras associé ;
 - des moyens de commande (50) pour commander et synchroniser la vitesse de rotation des moteurs et pour commander un déphasage entre les moteurs.

2. Engin volant selon la revendication 1, dans lequel les moyens de synchronisation comportent une courroie croisée (4) tendue entre les pivots (2).

3. Engin volant selon la revendication 1, dans lequel les moteurs sont portés en extrémité des bras (6), chaque manivelle (9) étant solidaire d'une extrémité tournante (8) du moteur correspondant.

4. Engin volant selon la revendication 1, dans lequel les pivots (2) reçoivent des supports pivotants

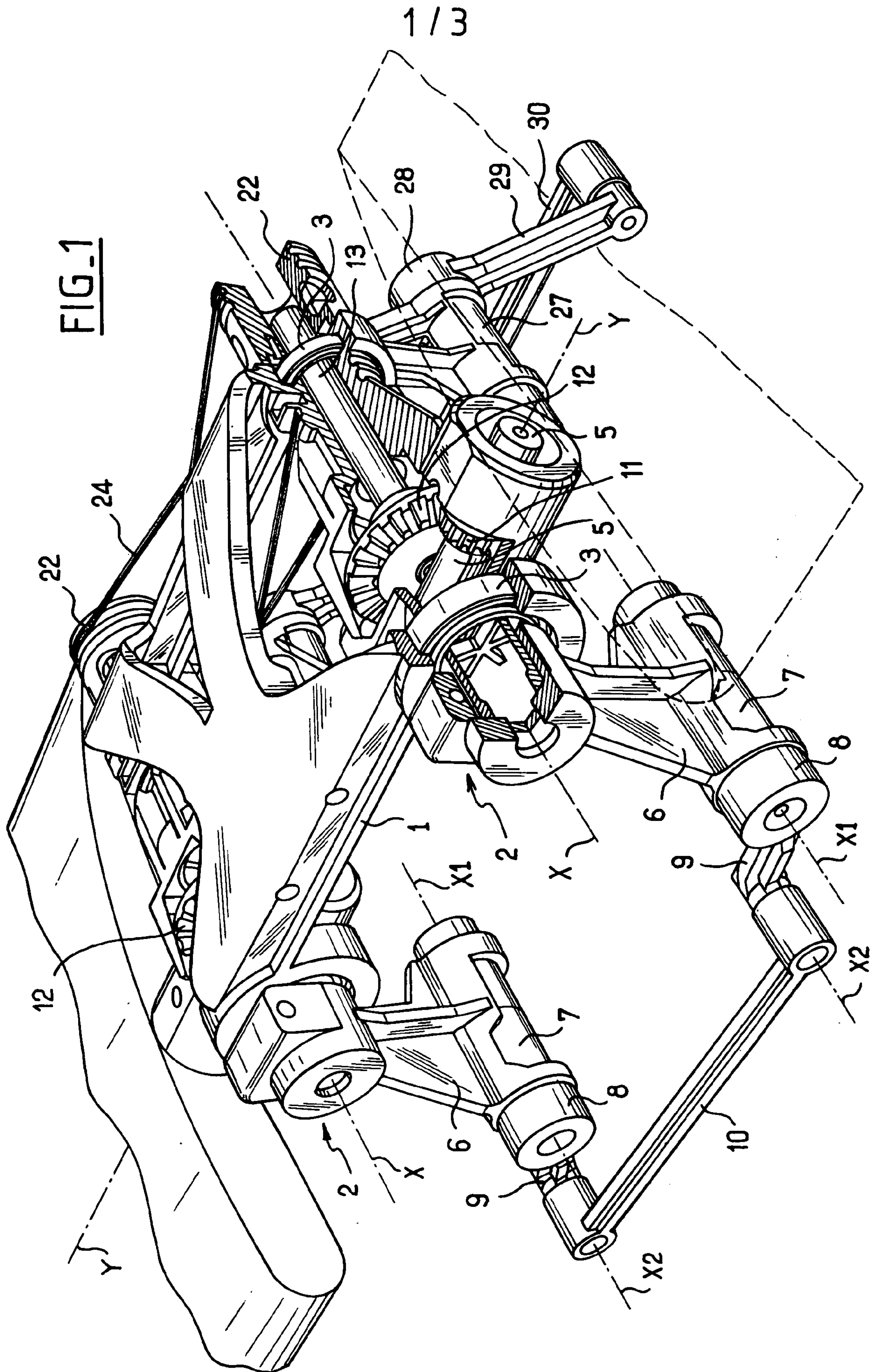
(5) qui sont montés tournants sur les pivots selon des axes (Y) perpendiculaires aux axes d'articulation (X), les ailes étant reliées directement aux supports pivotants, l'engin volant comportant un second générateur d'oscillations (11,12,13) pour provoquer une oscillation des supports pivotants en vue de provoquer une oscillation d'incidence des ailes, ledit second générateur d'oscillations comportant :

- deux arbres d'entraînement (13) montés tournants selon les axes d'articulation des pivots et reliés en rotation aux supports pivotants par renvoi d'angle (11,12) ;
- deux bras (26) solidaires chacun d'un des arbres d'entraînement ;
- deux manivelles (29) articulées chacune à l'extrémité d'un des bras selon des axes (X11) parallèles aux axes d'articulation (X) des pivots ;
- une bielle (30) articulée aux extrémités des deux manivelles selon des axes (X22) parallèles aux axes d'articulation (X) des pivots ;
- des moyens de synchronisation (24) de la rotation des deux arbres d'entraînement de sorte que les arbres d'entraînement aient des rotations égales et opposées ;
- deux moteurs électriques (27) disposés pour commander chacun une rotation de l'une des manivelles vis-à-vis du bras associé ;
- des moyens de commande (50) pour commander et synchroniser la vitesse de rotation des moteurs électriques (27) et pour commander un déphasage entre les moteurs électriques (27).

5. Engin volant selon la revendication 4, dans lequel les moyens de synchronisation comportent une courroie croisée (24) tendue entre les arbres d'entraînement (13).

6. Engin volant selon la revendication 4, dans lequel les moteurs électriques (27) du second générateur

d'oscillations sont portés en extrémité des bras (26), chaque manivelle (29) étant solidaire d'une extrémité tournante (8) du moteur correspondant.



2 / 3

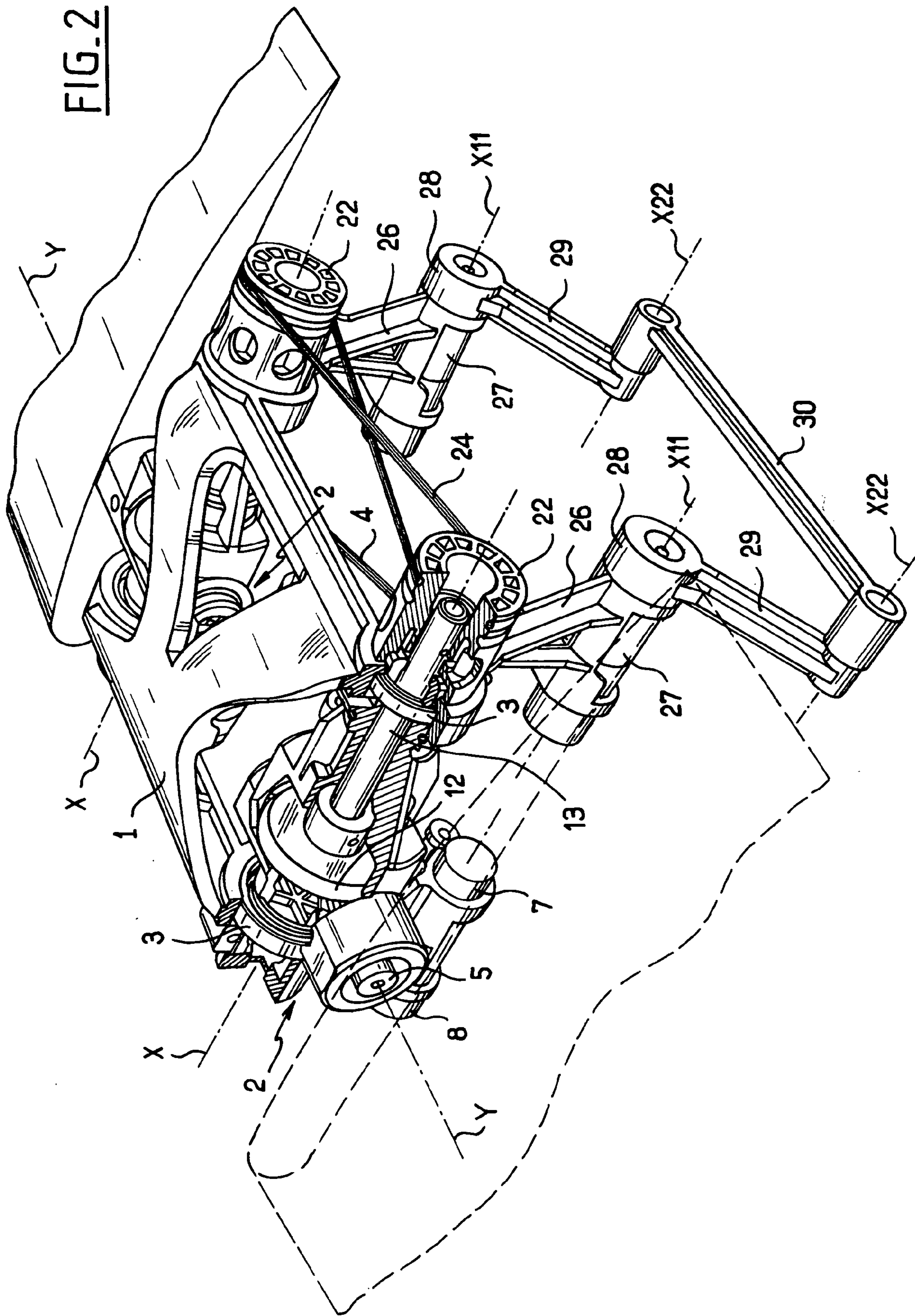
FIG. 2

FIG. 1

