

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 724 471 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
22.11.2006 Bulletin 2006/47

(51) Int Cl.:
F04D 29/56 (2006.01) F01D 17/16 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: 06112920.1

(22) Date de dépôt: 21.04.2006

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: 17.05.2005 FR 0504916

(71) Demandeur: SNECMA
75015 Paris (FR)

(72) Inventeur: BOURU, Michel
77950, Montereau sur le Jard (FR)

(74) Mandataire: Boura, Olivier et al
Cabinet Beau de Loménie
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(54) Système de commande d'étages d'aubes de stator à angle de calage variable de turbomachine

(57) Système de commande de deux étages (10, 10') d'aubes de stator (14, 14') à angle de calage variable de turbomachine, comportant un élément de manoeuvre (24) pour entraîner en rotation l'anneau de commande (22) de l'un des étages (10) par l'intermédiaire d'un organe pilote (26) monté de façon pivotante sur le carter (12), une barre de synchronisation (30) pour transmettre le mouvement de rotation de l'anneau entraîné (22) par

l'élément de manoeuvre (24) à l'anneau de commande (22') de l'autre étage (10') par l'intermédiaire d'un organe suiveur (26') monté de façon pivotante sur le carter, et un organe pivotant supplémentaire (44) intercalé entre l'organe suiveur (26') et l'anneau suiveur (22'), ledit organe pivotant supplémentaire étant monté de façon pivotante sur l'organe suiveur (26') et relié au carter (12) par un galet (46) couissant dans une rainure (48) solidaire du carter.

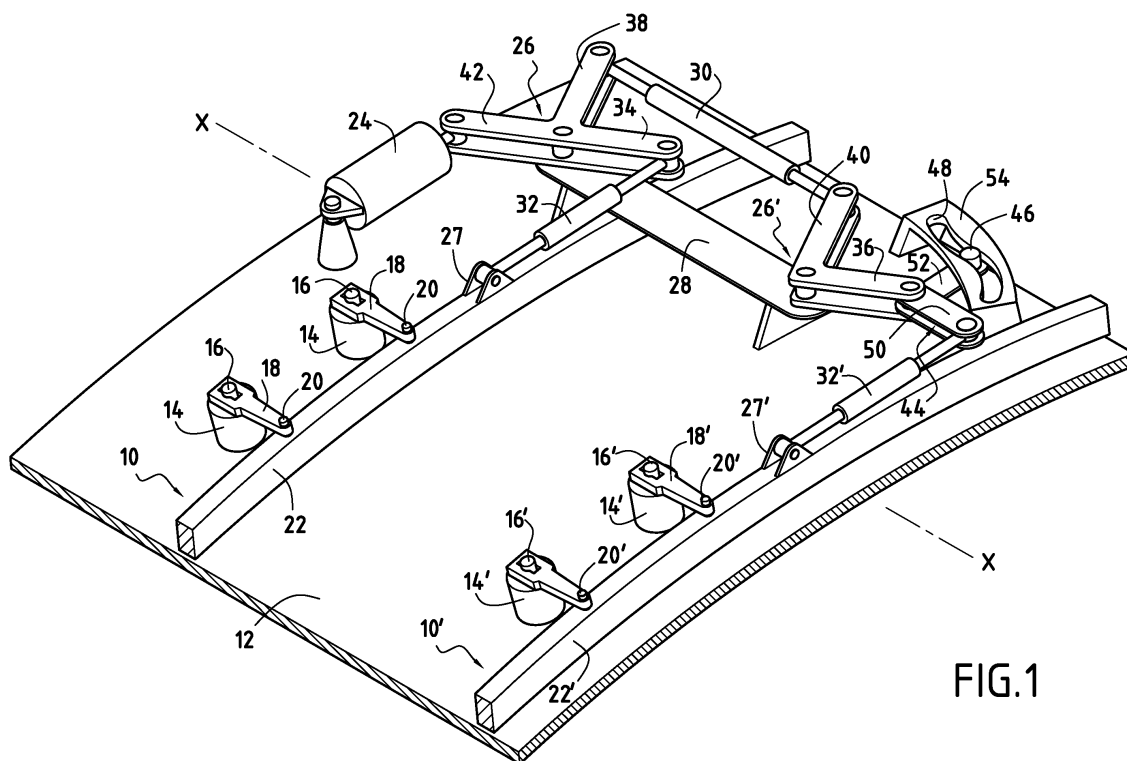


FIG.1

EP 1 724 471 A2

Description

Arrière-plan de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte au domaine général de la commande d'étages d'aubes à angle de calage variable d'une turbomachine.

[0002] Dans une turbomachine, il est connu d'utiliser un ou plusieurs étages d'aubes de stator pour ajuster le flux et la direction d'écoulement des gaz traversant la section de compression en fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine. Ces étages d'aubes de stator comportent chacun une pluralité d'aubes (appelées aubes à calage variable) qui peuvent pivoter autour de leur axe de liaison au stator de manière à ce que leur angle de calage puisse être modifié en fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine.

[0003] Les dispositifs connus pour la commande d'un étage d'aubes à calage variable comportent habituellement un organe de commande sous forme d'un anneau entourant le carter de la turbomachine et une pluralité de biellettes ou leviers, chaque biellette ayant une première extrémité reliée à l'anneau de commande par une articulation et une deuxième extrémité montée sur le pivot d'une aube respective. Un vérin de manoeuvre est relié à l'anneau de commande afin d'entraîner en rotation ce dernier autour de l'axe de la turbomachine. La rotation de l'anneau autour de l'axe de la turbomachine entraîne une modification synchronisée de la position angulaire des aubes de l'étage.

[0004] Lorsqu'il s'agit de commander de façon synchronisée deux étages d'aubes à calage variable qui sont décalés axialement, il est également connu d'utiliser une barre de synchronisation pour transmettre le mouvement de rotation de l'anneau entraîné par le vérin de manoeuvre à l'anneau de commande de l'autre étage. Cette transmission de mouvement s'effectue par l'intermédiaire de renvois montés de façon pivotante sur le carter de la turbomachine et reliés d'une part à la barre de synchronisation et d'autre part aux anneaux de commande.

[0005] Ce système de commande génère des mouvements sur les différents étages commandés représentables sous la forme de courbes qui montrent l'angle de calage des aubes de l'étage suiveur en fonction de l'angle de calage des aubes de l'étage pilote. Avec le type de système de commande précédemment décrit, ces courbes, appelées courbes de corrélation, présentent une évolution à pente progressive. Aussi, ce type de système de commande n'autorise que des commandes simples des étages d'aubes.

[0006] Or, il est devenu de plus en plus fréquent que les exigences aérodynamiques pour la commande des calages d'aubes nécessitent des lois de commande plus complexes. Ces commandes se traduisent notamment par des courbes de corrélation dont l'évolution n'est pas simplement à pente progressive mais comporte également des portions de courbes s'apparentant à des sinusoïdes.

[0007] Le document EP 0 909 880 décrit un dispositif de calage variable permettant d'obtenir des lois de commande non linéaires. Dans ce dispositif, chaque biellette de l'étage pilote est reliée à l'anneau de commande correspondant par une liaison à rainure et ergot coulissant dans la rainure. Ce système de commande n'est cependant pas satisfaisant car il ne permet pas de reproduire toutes sortes de lois de commande.

Objet et résumé de l'invention

[0008] La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant un système de commande qui permet de réaliser tout type de loi de calage des aubes, quelle que soit sa complexité.

[0009] A cet effet, il est prévu un système de commande de deux étages d'aubes de stator à angle de calage variable de turbomachine, chaque étage étant formé d'une pluralité d'aubes qui sont montées chacune de façon pivotante sur un carter de la turbomachine et d'un anneau de commande entourant le carter et relié à chacune des aubes de l'étage par l'intermédiaire de leviers, le système de commande comportant un élément de manoeuvre pour entraîner en rotation l'anneau de commande de l'un des étages par l'intermédiaire d'un organe pilote monté de façon pivotante sur le carter, et une barre de synchronisation pour transmettre le mouvement de rotation de l'anneau entraîné par l'élément de manoeuvre à l'anneau de commande de l'autre étage par l'intermédiaire d'un organe suiveur monté de façon pivotante sur le carter, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un organe pivotant supplémentaire intercalé entre l'organe suiveur et l'anneau suiveur, ledit organe pivotant supplémentaire étant monté de façon pivotante sur l'organe suiveur et relié au carter par un galet coulissant dans une rainure solidaire du carter.

[0010] Par anneau suiveur, on entend l'anneau de commande qui est entraîné en rotation par l'intermédiaire de l'organe suiveur.

[0011] Selon une disposition avantageuse de l'invention, la rainure présente une forme et une direction déterminée pour compenser des écarts de trajectoire entre une loi de calage souhaitée et une loi de calage nominale. Par loi de calage nominale, on entend une loi de calage dont la courbe de corrélation à pente progressive serait obtenue par un système de commande conventionnel dépourvu d'organe pivotant supplémentaire.

[0012] L'organe pivotant supplémentaire constitue un élément de guidage différentiel n'intégrant que les écarts de trajectoire par rapport à la loi de calage nominale. En d'autres termes, le galet du système selon l'invention n'a à absorber comme dénivelé que la différence existant entre la loi de calage souhaitée et la loi de calage nominale. De la sorte, le système de commande permet d'obtenir des lois de calage des aubes qui seraient irréalisables avec les systèmes de commande traditionnels.

[0013] Selon une autre disposition avantageuse de l'invention, l'organe pivotant supplémentaire comporte

un premier bras relié à l'anneau suiveur par l'intermédiaire d'une première bielle de commande et un second bras relié au carter par le galet.

[0014] Selon encore une autre disposition avantageuse, l'organe suiveur comporte un premier bras relié de façon pivotante à l'organe supplémentaire et un second bras relié à une extrémité de la barre de synchronisation. Dans ce cas, l'organe pilote comporte un premier bras relié à l'anneau de l'étage pilote par l'intermédiaire d'une seconde bielle de commande, un deuxième bras relié à l'extrémité de la barre de synchronisation opposée à celle reliée à l'organe suiveur et un troisième bras relié à l'élément de manoeuvre.

Breve description des dessins

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue partielle et en perspective du système de commande selon un mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 2A et 2B montrent le système de commande de la figure 1 selon deux positions différentes ; et
- la figure 3 est une courbe de corrélation montrant une loi de calage possible obtenue par le système de commande de l'invention.

Description détaillée d'un mode de réalisation

[0016] Sur la figure 1 sont représentés partiellement deux étages 10, 10' d'aubes à calage variable appartenant, par exemple, à un compresseur de turbomachine. Le compresseur comporte une enveloppe annulaire de stator 12 (ou carter) qui est centrée sur l'axe X-X de la turbomachine. Les étages 10, 10' d'aubes sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre.

[0017] Chaque étage se compose d'une pluralité d'aubes 14, 14' disposées radialement autour de l'axe X-X de la turbomachine. Les aubes 14, 14' sont pivotantes autour d'un axe 16, 16' (ou pivot) qui traverse le carter 12.

[0018] Chaque pivot 16, 16' des aubes à calage variable 14, 14' est relié à une extrémité d'une biellette ou levier de commande 18, 18' dont l'autre extrémité est articulée autour de tourillons 20, 20' disposés radialement sur un anneau de commande 22, 22'.

[0019] Les anneaux de commande entourent le carter 12 et sont centrés sur l'axe X-X de la turbomachine. La modification synchronisée de la position angulaire des aubes 14, 14' est ainsi réalisée par rotation des anneaux de commande respectifs 22, 22' autour de l'axe X-X de la turbomachine.

[0020] Le système selon l'invention permet de com-

mander de façon synchronisée la rotation des anneaux de commande 22, 22' autour de l'axe X-X de la turbomachine. Il comporte un élément de manoeuvre 24 de type vérin fixé au carter 12 pour entraîner en rotation l'anneau de commande 22 de l'un des étages 10 par l'intermédiaire d'un organe pilote 26 de type renvoi qui est monté de façon pivotante sur un boîtier 28 du carter 12 de la turbomachine.

[0021] Une barre de synchronisation 30 permet de transmettre le mouvement de rotation de l'anneau 22 entraîné par le vérin 24 (appelé anneau pilote) à l'anneau 22' de l'autre étage 10' (appelé anneau suiveur) par l'intermédiaire d'un organe suiveur 26' de type renvoi qui est monté également de façon pivotante sur le boîtier 28 du carter 12.

[0022] Des bielles de commande 32, 32' de type ridoirs à vis assurent la transmission du mouvement des renvois pilote 26 et suiveur 26' aux anneaux 22, 22'. Ces bielles s'étendent tangentiellement aux anneaux sur lesquels elles sont fixées par l'intermédiaire de chapes de liaison 27, 27'. A leur extrémité opposée, les bielles 32, 32' sont fixées à des bras (ou branches) respectifs 34, 36 des renvois pilote 26 et suiveur 26' en leur étant articulées.

[0023] La barre de synchronisation 30 du système de commande unit deux autres bras respectifs 38, 40 des renvois pilote 26 et suiveur 26' en leur étant articulée. Quant au vérin 24, il est articulé à un troisième bras 42 du renvoi pilote 26 opposé au bras 34 sur lequel est fixée la bielle 32.

[0024] Le système de commande selon l'invention comporte en outre un organe pivotant supplémentaire 44 (ou renvoi supplémentaire) qui est intercalé entre l'organe suiveur 26' et l'anneau suiveur 22'. Ce renvoi supplémentaire est monté de façon pivotante sur le renvoi suiveur 26' et relié au carter 12 par un galet 46 coulissant dans une rainure 48 solidaire du carter.

[0025] Plus précisément, le renvoi supplémentaire 44 comporte un premier bras 50 dont une extrémité est reliée à la bielle 32' de commande de l'anneau suiveur 22' en lui étant articulée et l'autre extrémité est montée de façon pivotante sur l'organe suiveur 26'. Le renvoi supplémentaire comporte également un second bras 52 dont une extrémité est montée de façon pivotante sur l'organe suiveur 26', l'extrémité opposée étant muni du galet 46. Le premier 50 et le second bras 52 du renvoi supplémentaire sont fixes l'un par rapport à l'autre. En d'autres termes, l'angle existant entre ces deux bras 50, 52 est fixe et constant. Le galet 46 coulisse dans une rainure 48 ayant un trajet prédéterminé et formé dans un support 54 qui est fixé sur le carter 12 de la turbomachine.

[0026] Comme illustré sur les figures 2A et 2B, le mouvement du système de commande est le suivant : l'actionnement du vérin 24 provoque une rotation du renvoi pilote 26, et une autre du renvoi suiveur 26' par l'intermédiaire de la barre de synchronisation 30. La rotation des renvois 26, 26' autour de leur point de pivotement sur le carter 12 entraîne à leur tour les bielles 32, 32' respectives qui font alors tourner dans un sens ou dans

l'autre les anneaux 22, 22' autour de l'axe X-X de la turbomachine. Comme indiqué précédemment, la rotation des anneaux provoque une modification synchronisée de la position angulaire des aubes 14, 14' de chaque étage 10, 10' par l'intermédiaire des leviers de commande 18, 18'.

[0027] Par ailleurs, la rotation du renvoi suiveur 26' entraîne une rotation du renvoi supplémentaire 44 autour de son axe de pivotement sur le renvoi suiveur. Cette rotation a pour effet que le galet 46 coulisse dans la rainure 48, provoquant ainsi un déplacement du bras 52 du renvoi supplémentaire 44 sur lequel est monté le galet. Le déplacement de ce dernier meut alors l'autre bras 50 du renvoi supplémentaire auquel est reliée la bielle 32'.

[0028] On comprend ainsi que du trajet prédéterminé de la rainure 48 dans laquelle coulisse le galet 46 dépend le déplacement de l'anneau suiveur 22', et donc la loi de calage des aubes 14' de l'étage suiveur 10'. En d'autres termes, la forme et la direction de la rainure modifient la loi de calage des aubes de l'étage suiveur, et donc la courbe de corrélation donnant l'angle de calage des aubes 14' de l'étage suiveur 10' en fonction de l'angle de calage des aubes 14 de l'étage pilote 10.

[0029] En se référant à la figure 3, on décrira maintenant la façon dont la forme et la direction de la rainure 48 sont prédéterminées. Cette figure représente des courbes de corrélation 100, 102, c'est-à-dire des courbes donnant l'angle de calage des aubes 14' de l'étage suiveur 10' (en degré) en fonction de l'angle de calage des aubes 14 de l'étage pilote 10 (en degré).

[0030] La courbe de corrélation 100 (en traits pleins) est celle qui doit être appliquée au calage des aubes des deux étages afin de répondre aux exigences aérodynamiques. Cette courbe est complexe ; elle comporte notamment des portions de courbes s'apparentant à des sinusoides.

[0031] A partir de cette courbe de corrélation, il est possible de choisir la courbe de corrélation nominale 102 (en traits discontinus) à pente progressive qui est la plus proche de la courbe de corrélation 100 à appliquer. La loi de calage basée sur une telle courbe nominale peut être facilement obtenue par un système de commande connu de l'art antérieur comportant des renvois suiveur et pilote et une barre de synchronisation reliant ces renvois et dans lequel la bielle de commande de l'anneau suiveur est reliée directement à l'un des bras du renvoi suiveur. En fonction de la position relative des renvois pilote et suiveur, ce type de système de commande donne des lois de calage connues dont les courbes de corrélation sont plus ou moins progressives (parfois linéaires). Parmi ces courbes nominales connues, le choix de la courbe la plus proche s'effectue alors par un simple calcul (graphique ou numérique) de moyennes, la courbe ayant les écarts les plus faibles avec la courbe à appliquer sur toute la plage angulaire étant considérée comme la plus proche.

[0032] La forme et la direction de la rainure du renvoi supplémentaire sont alors calculées en fonction des

écarts e existant sur toute la plage angulaire entre la courbe de corrélation 100 à appliquer et la courbe de corrélation nominale 102 de sorte que le galet compense ces écarts. Ce calcul peut être réalisé par une méthode graphique ou numérique. On notera qu'à une rainure ayant une forme simple en arc de cercle correspond une courbe de corrélation à appliquer confondue avec la courbe de corrélation nominale choisie.

[0033] De préférence, la forme et la direction de la rainure du renvoi supplémentaire devront être telles qu'elles empêcheront que le galet porté par le renvoi supplémentaire ne se trouve sur un arc de cercle de façon à éviter toute position instable du galet, et donc du calage des aubes.

[0034] Le système de commande selon l'invention comporte donc un élément de guidage différentiel n'intégrant que les écarts de trajectoire entre la courbe de corrélation à appliquer et une courbe de corrélation nominale. Il est ainsi aisé de reproduire tout type de loi de calage, quelle que soit sa complexité. L'avantage de l'invention réside notamment dans le fait que l'on ne cherche pas à obtenir une courbe de corrélation par l'utilisation directe d'un guidage par came mais par l'utilisation d'un galet qui ne reproduit que les écarts de trajectoire par rapport à une courbe de corrélation nominale.

[0035] On notera que l'invention pourrait également être mise en oeuvre pour la commande d'un plus grand nombre d'étages d'aubes grâce à autant de barres de synchronisation. Suivant les dispositifs choisis, ces barres seraient soit successives, c'est-à-dire relier des renvois adjacents, soit parallèles entre elles pour s'étendre jusqu'à un renvoi commun.

Revendications

1. Système de commande de deux étages (10, 10') d'aubes de stator (14, 14') à angle de calage variable de turbomachine, chaque étage (10, 10') étant formé d'une pluralité d'aubes (14, 14') qui sont montées chacune de façon pivotante sur un carter (12) de la turbomachine et d'un anneau de commande (22, 22') entourant le carter et relié à chacune des aubes (14, 14') de l'étage par l'intermédiaire de leviers (18, 18'), le système de commande comportant un élément de manoeuvre (24) pour entraîner en rotation l'anneau de commande (22) de l'un des étages (10) par l'intermédiaire d'un organe pilote (26) monté de façon pivotante sur le carter (12), et une barre de synchronisation (30) pour transmettre le mouvement de rotation de l'anneau entraîné (22) par l'élément de manoeuvre (24) à l'anneau de commande (22') de l'autre étage (10') par l'intermédiaire d'un organe suiveur (26') monté de façon pivotante sur le carter, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre un organe pivotant supplémentaire (44) intercalé entre l'organe suiveur (26') et l'anneau suiveur (22'), ledit organe pivotant supplémentaire étant monté de façon pivo-

tante sur l'organe suiveur (26') et relié au carter (12) par un galet (46) coulissant dans une rainure (48) solidaire du carter.

2. Système de commande selon la revendication 1, dans lequel la rainure (48) présente une forme et une direction déterminée pour compenser des écarts de trajectoire entre une loi de calage souhaitée et une loi de calage nominale. 5
- 10
3. Système de commande selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel l'organe pivotant supplémentaire (44) comporte un premier bras (50) relié à l'anneau suiveur (22') par l'intermédiaire d'une première bielle de commande (32') et un second bras (52) relié au carter (12) par ledit galet (46). 15
- 20
4. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'organe suiveur (26') comporte un premier bras (36) relié de façon pivotante à l'organe pivotant supplémentaire (44) et un second bras (40) relié à une extrémité de la barre de synchronisation (30). 25
- 30
5. Système de commande selon la revendication 4, dans lequel l'organe pilote (26) comporte un premier bras (34) relié à l'anneau (22) de l'étage pilote (10) par l'intermédiaire d'une seconde bielle de commande (32), un deuxième bras (38) relié à l'extrémité de la barre de synchronisation (30) opposée à celle reliée à l'organe suiveur (26') et un troisième bras (42) relié à l'élément de manoeuvre (24). 35
- 40
- 45
- 50
- 55

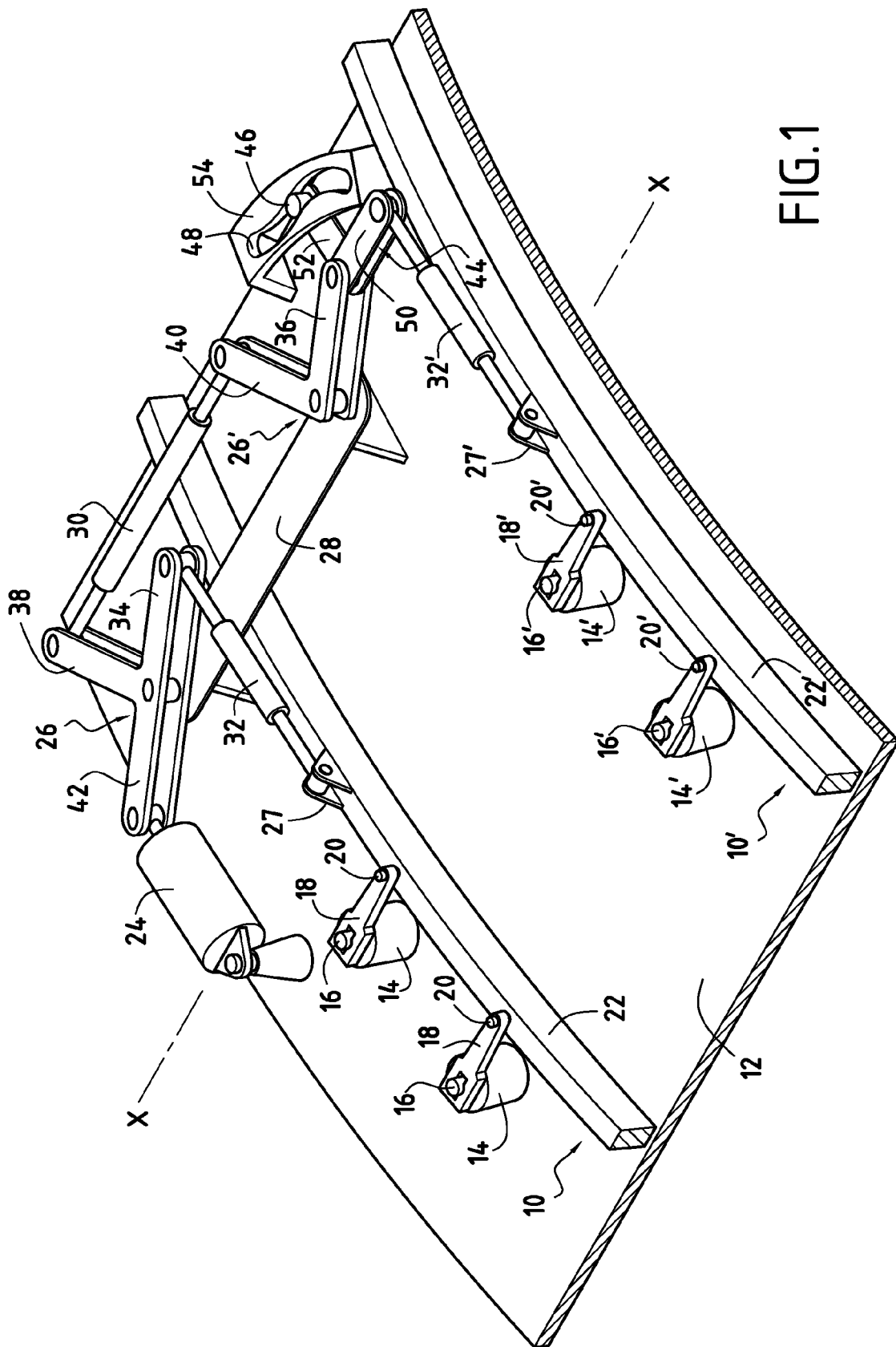


FIG.1

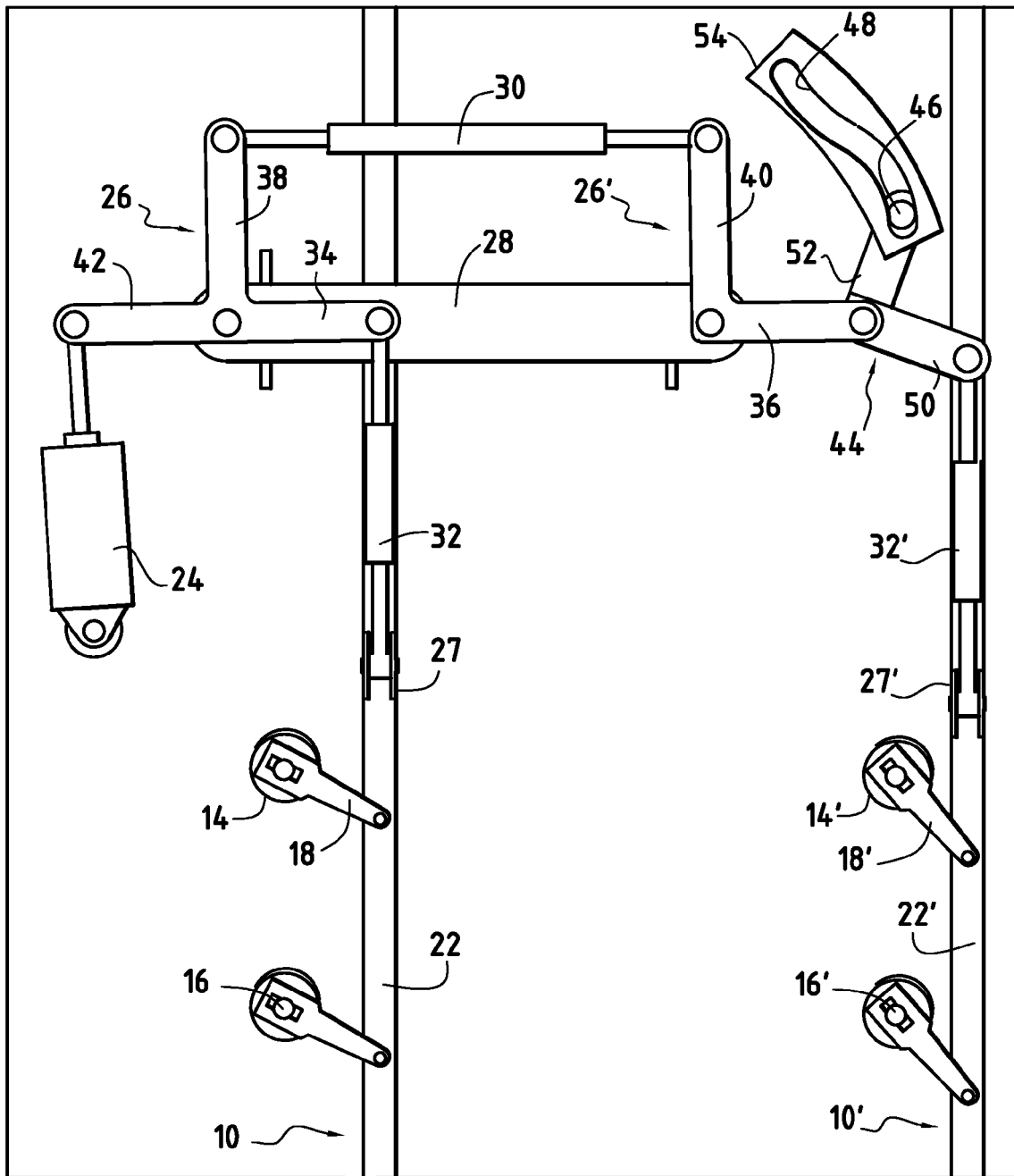


FIG.2A

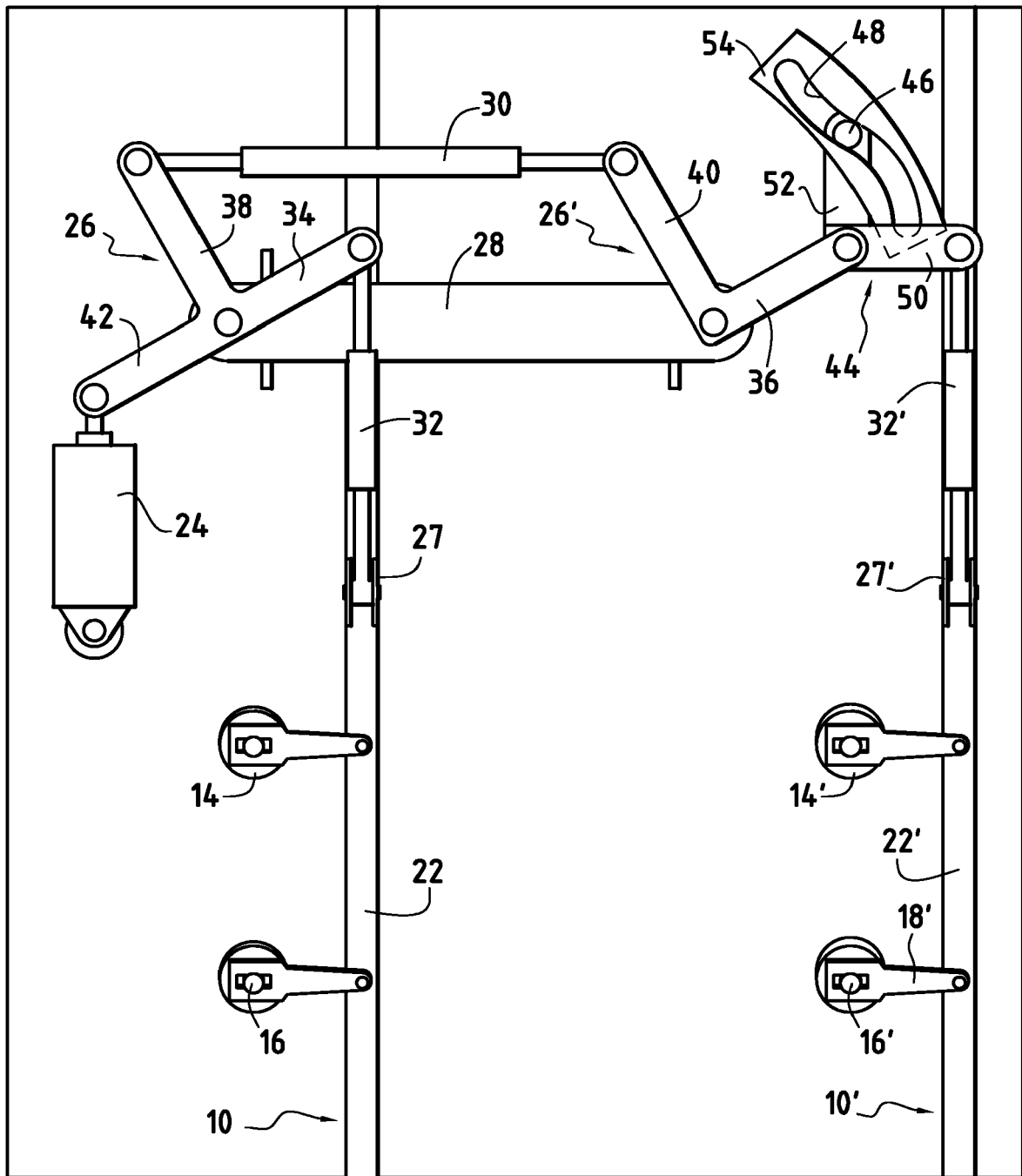


FIG.2B

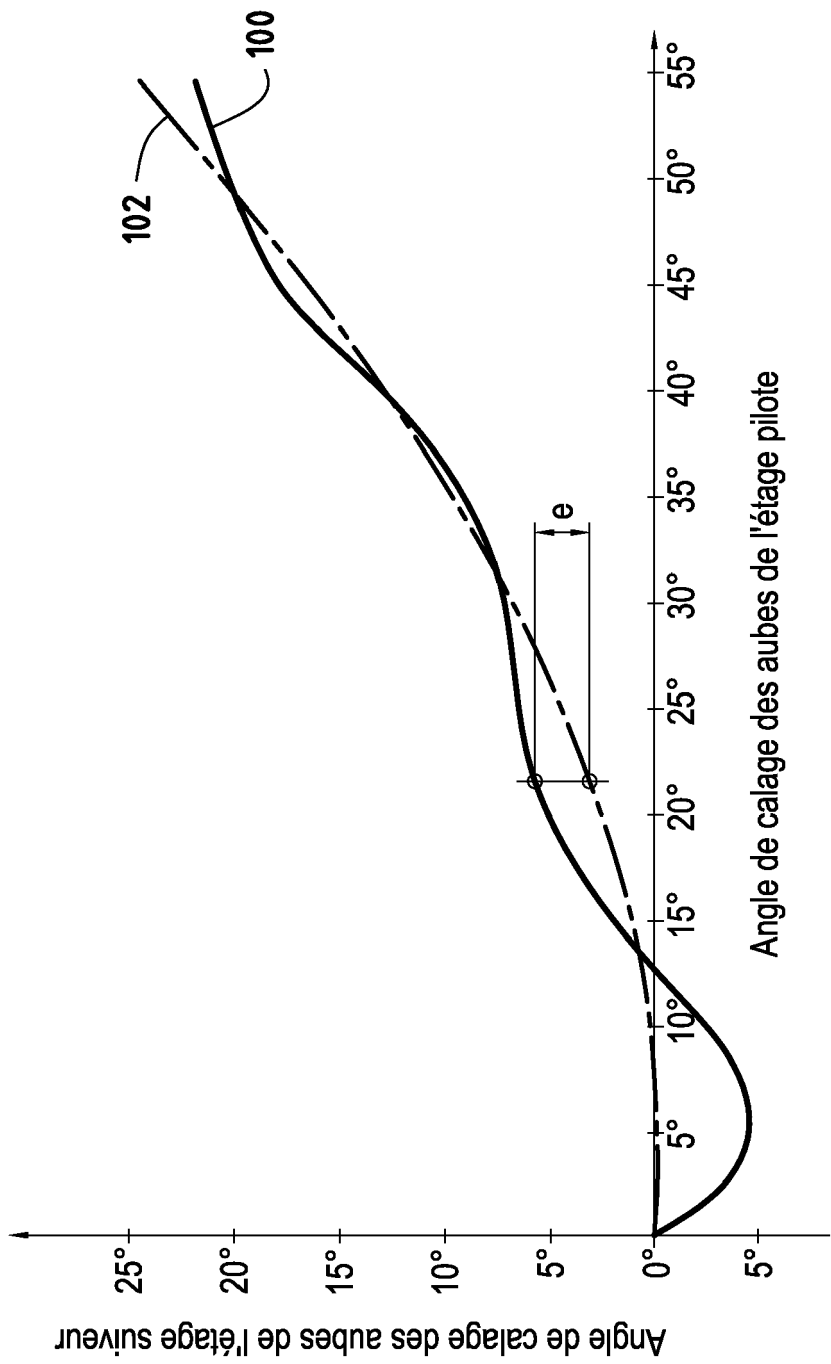


FIG.3

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 0909880 A [0007]