

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 136 531

21 N° d'enregistrement national : 22 05687

51 Int Cl⁸ : F 16 H 1/28 (2022.01), F 01 D 1/00

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.06.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 15.12.23 Bulletin 23/50.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN TRANSMISSION SYSTEMS
Société par actions simplifiée à associé unique — FR.

72 Inventeur(s) : MOULY Guillaume Pierre.

73 Titulaire(s) : SAFRAN TRANSMISSION SYSTEMS
Société par actions simplifiée à associé unique.

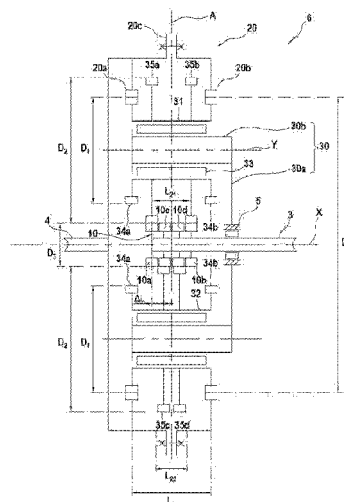
74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 Train d'engrenages compact pour réducteur de turbomachine.

57 Train d'engrenages compact pour réducteur de turbomachine

L'invention concerne un train d'engrenages comportant un solaire (10) ayant un axe central (X), une couronne (20) disposée coaxialement autour du solaire (10), un porte-satellites (30), et une première et une deuxième pluralité de satellites (31,32). Chaque satellite (31,32) est soutenu par le porte-satellites (30) et comporte deux premières dentures (34a, 34b) engrenées avec la couronne (20), décalées l'une par rapport à l'autre dans une direction axiale parallèle à l'axe central (X). Chaque satellite (31) de la première pluralité de satellites (31) comporte deux deuxième dentures (35a, 35b) engrenées avec le solaire (10), décalées l'une par rapport à l'autre dans une direction axiale parallèle à l'axe central (X). Chaque satellite (32) de la deuxième pluralité de satellites (32) comporte une ou deux deuxième dentures (35c, 35d) engrenées avec le solaire (10). Chacune des premières dentures (34a, 34b) des première et deuxième pluralités de satellites (31) a un premier diamètre médian (D1), et chacune des deuxième dentures (35a-35d) des première et deuxième pluralités de satellites (32) a un deuxième diamètre médian (D2) supérieur au premier diamètre médian (D1). Chaque deuxième denture (35c, 35d) de la deuxième pluralité de satellites (32) est disposée, dans ladite direction

axiale, entre les deuxième dentures (35a, 35b) de la première pluralité de satellites (31).
Figure pour l'abrégé : Fig. 2.



FR 3 136 531 - A1



Description

Titre de l'invention : Train d'engrenages compact pour réducteur de turbomachine

Domaine technique

[0001] La présente divulgation concerne le domaine des trains d'engrenages, et en particulier des trains d'engrenages pour réducteur mécanique de turbomachine.

Technique antérieure

[0002] Les engrenages sont des ensembles mécaniques dans lesquels du mouvement est apte à être transmis, et éventuellement transformé, entre deux éléments solides engrenés. Leur engrènement peut être assuré par contact, par friction, ou encore par champ magnétique, et l'engrènement par contact peut normalement être assuré avec des dentures, qui peuvent être par exemple droites ou inclinées, voire hélicoïdales. Les engrenages peuvent être utilisés pour transformer un mouvement rotatif en un mouvement linéaire ou vice-versa, par exemple avec un engrenage en crémaillère, mais surtout pour transformer un premier mouvement rotatif en un deuxième mouvement rotatif qui soit différent du premier mouvement rotatif en vitesse et/ou sens de rotation. Il est ainsi notamment possible d'utiliser au moins un engrenage, ou plusieurs engrenages enchainés formant un train d'engrenages, dans un réducteur mécanique pour transformer la rotation plus rapide d'un arbre d'entrée en une rotation plus lente d'un arbre de sortie.

[0003] Un domaine d'utilisation particulier des réducteurs mécaniques est celui des turbomachines. En effet, les turbomachines, et en particulier les moteurs à turbine à gaz, peuvent avoir des vitesses de rotation comparativement élevées qu'il peut convenir de réduire pour une utilisation pratique. Ainsi, dans les turboréacteurs à double flux (en anglais : « turbofans »), un entraînement direct de la soufflante par une turbine peut limiter le diamètre maximal de la soufflante, et donc le taux de dilution du turboréacteur, puisque la vitesse de rotation de la soufflante avec la turbine peut être tel que des vitesses transsoniques soient rapidement atteintes en bout de pale de soufflante, et cela même avec des diamètres modérés. Il a donc déjà été proposé d'intercaler un réducteur mécanique entre une turbine et une soufflante pour que cette dernière soit entraînée en rotation à une vitesse sensiblement inférieure à celle de la turbine l'entraînant. Pour des raisons analogues, des réducteurs mécaniques ont aussi été proposés pour d'autres turbomachines. Ainsi, dans le domaine de la propulsion aéronautique, il est courant d'incorporer un réducteur mécanique entre une turbine et une hélice propulsive dans un turbopropulseur, ou entre une turbine et un rotor sustentateur dans un turbomoteur. L'incorporation d'un réducteur mécanique dans une tur-

bomachine est également courante dans d'autres domaines, comme par exemple la propulsion terrestre ou navale ou la génération électrique.

[0004] Dans plusieurs de ces domaines, et notamment dans le domaine de la propulsion aéronautique, il peut être avantageux d'avoir un réducteur mécanique particulièrement compact, mais offrant un rapport de réduction élevé. Une classe de trains d'engrenages offrant des rapports de réduction comparativement élevés avec un encombrement relativement réduit est celle des trains d'engrenages avec un solaire, une couronne disposée coaxialement autour du solaire, et un porte-satellites avec des satellites engrenés avec le solaire et la couronne, comme divulgué par exemple dans la demande de brevet français avec le numéro de publication FR 2 928 976 A1. Pour offrir des rapports de réduction particulièrement élevés, chaque satellite peut avoir au moins deux dentures de différents diamètres, l'une engrenée avec le solaire et l'autre avec la couronne. Un réducteur mécanique pour turbomachine comportant un train d'engrenages avec une telle configuration a été divulgué par exemple dans les publications de demande de brevet européen EP 3 726 031 A1 et EP 3 361 122 A1 et dans la demande de brevet français avec le numéro de publication FR 3 008 463 A1.

[0005] Dans un tel train d'engrenages, il peut être avantageux d'accroître le nombre de satellites afin de distribuer entre eux le couple transmis par le train d'engrenages. Toutefois, lorsque l'encombrement radial du train d'engrenages est restreint, l'interférence entre les satellites limite leur nombre. Afin d'éviter cela, il a été proposé, notamment dans la publication de demande de brevet européen EP 1 113 193 A2, d'avoir une première pluralité de satellites et une deuxième pluralité de satellites dont les dentures de plus grand diamètre soient décalées axialement par rapport à celles de la première pluralité de satellites. Toutefois, dans ce train d'engrenages, cela implique des porte-à-faux différents pour les dentures des deux pluralités de satellites, ce qui peut causer des couples de flexion et de torsion dans les satellites, et rendre plus difficile l'équilibrage du train d'engrenages.

Exposé de l'invention

[0006] Un premier aspect de la présente divulgation concerne un train d'engrenages comportant un solaire ayant un axe central, une couronne disposée coaxialement autour du solaire, un porte-satellites, et une première et une deuxième pluralité de satellites dans lesquelles chaque satellite est soutenu par le porte-satellites. Chaque satellite peut comporter deux premières dentures engrenées avec la couronne. Ces premières dentures de chaque satellite peuvent être disposées décalées l'une par rapport à l'autre dans une direction axiale parallèle à l'axe central. Chaque satellite de la première pluralité de satellites peut comporter aussi deux deuxièmes dentures engrenées avec le solaire, et chaque satellite de la deuxième pluralité de satellites peut comporter une ou

deux deuxièmes dentures engrenées avec le solaire. Chacune des deuxièmes dentures des satellites des première et deuxième pluralités de satellites peut avoir un deuxième diamètre médian supérieur au premier diamètre médian. Les deux deuxièmes dentures de chaque satellite de la première pluralité de satellites peuvent être décalées l'une par rapport à l'autre dans ladite direction axiale. Afin de permettre un enchevêtrement des deuxièmes dentures, chaque deuxième denture de la deuxième pluralité de satellites peut être disposée, dans ladite direction axiale, entre les deuxièmes dentures de la première pluralité de satellites.

- [0007] Ainsi, grâce à l'enchevêtrement des deuxièmes dentures, qui sont celles de plus grand diamètre, il devient possible de combiner un rapport de réduction élevé et un grand nombre de satellites et donc une grande capacité de transmission de puissance du train d'engrenages. Néanmoins, cet arrangement permet aussi de minimiser les porte-à-faux et les couples en torsion et flexion dans chaque satellite.
- [0008] Pour faciliter l'équilibrage du train d'engrenages, les deux premières dentures de chaque satellite des première et deuxième pluralités de satellites peuvent en particulier être disposées symétriquement par rapport à un plan transversal perpendiculaire à l'axe central, et les deux deuxièmes dentures de chaque satellite de la première pluralité de satellites être aussi disposées symétriquement par rapport au plan transversal.
- [0009] Au moins un satellite de la deuxième pluralité de satellites peut comporter une seule deuxième denture, qui soit centrée sur le plan transversal. Il est toutefois aussi envisageable qu'au moins un satellite de la deuxième pluralité de satellites comporte deux deuxièmes dentures, qui peuvent alors être disposées symétriquement par rapport au plan transversal.
- [0010] Les premières dentures des satellites des première et deuxième pluralités de satellites peuvent être droites. Afin de permettre leur engrènement correct avec la couronne, celle-ci peut présenter aussi des dentures droites correspondantes.
- [0011] Alternativement, toutefois, les premières dentures des satellites des première et deuxième pluralités de satellites peuvent être hélicoïdales. Dans ce cas, pour équilibrer les forces axiales sur les satellites, les premières dentures de chaque satellite des première et deuxième pluralités de satellites peuvent alors être inclinées dans des directions opposées. Par ailleurs, afin de permettre leur engrènement correct avec la couronne, celle-ci peut présenter aussi des dentures hélicoïdales correspondantes.
- [0012] Les deuxièmes dentures des satellites de la première pluralité de satellites peuvent aussi être droites. Afin de permettre leur engrènement correct avec le solaire, celui-ci peut présenter aussi des dentures droites correspondantes.
- [0013] Alternativement, toutefois, les deuxièmes dentures des satellites de la première pluralité de satellites peuvent aussi être hélicoïdales. Dans ce cas, pour équilibrer les forces axiales sur les satellites, les deuxièmes dentures de chaque satellite de la

première pluralité de satellites peuvent être inclinées dans des directions opposées. Par ailleurs, afin de permettre leur engrènement correct avec le solaire, celui-ci peut présenter aussi des dentures hélicoïdales correspondantes.

- [0014] Les deuxièmes dentures des satellites de la deuxième pluralité de satellites peuvent aussi être droites. Afin de permettre leur engrènement correct avec le solaire, celui-ci peut présenter aussi une ou deux dentures droites correspondantes. Par ailleurs, si les deuxièmes dentures des satellites de la première et deuxième pluralité de satellites sont toutes droites, il est envisageable que le solaire comprenne une seule denture droite engrenée avec les deuxièmes dentures des satellites de la première et deuxième pluralité de satellites.
- [0015] Alternativement, toutefois, les deuxièmes dentures des satellites de la deuxième pluralité de satellites peuvent aussi être hélicoïdales. Dans ce cas, pour équilibrer les forces axiales sur les satellites, chaque satellite de la deuxième pluralité de satellites peut comporter deux deuxièmes dentures, inclinées dans des directions opposées. Par ailleurs, afin de permettre leur engrènement correct avec le solaire, celui-ci peut comprendre aussi deux dentures hélicoïdales correspondantes. Il est néanmoins aussi envisageable que chaque satellite de la deuxième pluralité de satellites comporte une seule deuxième denture en chevron et/ou que le solaire comprenne une seule denture en chevron engrenée avec toutes les deuxièmes dentures de la deuxième pluralité de satellites.
- [0016] Chaque satellite des première et deuxième pluralités de satellites peut être monté libre en rotation autour d'un axe correspondant à l'aide d'un palier respectif, pouvant notamment être un palier à roulements, quoique d'autres types de palier, en particulier les paliers hydrostatiques, soient également envisageables.
- [0017] Ledit deuxième diamètre médian peut être supérieur à un troisième diamètre médian qui soit un diamètre médian de dentures du solaire engrenées avec les deuxièmes dentures de chaque satellite des première et deuxième pluralités de satellites.
- [0018] Un deuxième aspect de la présente divulgation concerne un réducteur mécanique comprenant le train d'engrenages suivant le premier aspect, au moins un arbre d'entrée couplé mécaniquement en rotation à l'un parmi le solaire, la couronne, et le porte-satellites, et un arbre de sortie couplé mécaniquement en rotation à un autre parmi le solaire, la couronne et le porte-satellites.
- [0019] Un troisième aspect de la présente divulgation concerne une turbomachine comportant le réducteur mécanique suivant le deuxième aspect, au moins une turbine et un dispositif rotatif, ainsi que l'utilisation du réducteur mécanique suivant le deuxième aspect dans une telle turbomachine. Dans cette turbomachine, l'au moins une turbine peut être couplée mécaniquement en rotation à l'au moins un arbre d'entrée du réducteur et le dispositif rotatif peut être couplé mécaniquement en rotation

à l'arbre de sortie. En particulier, le dispositif rotatif peut être une soufflante, afin de former ainsi un turboréacteur à double flux avec soufflante à réducteur. Il est toutefois également envisageable que le dispositif rotatif soit une hélice propulsive ou un rotor sustentateur, voire même une roue propulsive, une transmission hydraulique ou un générateur électrique.

Brève description des dessins

- [0020] L'objet du présent exposé et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée faite ci-après de modes de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs. Cette description fait référence aux pages de figures annexées, sur lesquelles :
- [0021] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation schématique d'une turbomachine avec un réducteur mécanique.
- [0022] [Fig.2] La [Fig.2] représente schématiquement un réducteur mécanique suivant un premier mode de réalisation.
- [0023] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue de détail d'un porte-satellites et d'un système de lubrification du réducteur mécanique de la [Fig.2].
- [0024] [Fig.4] La [Fig.4] illustre schématiquement l'orientation des dentures des satellites du réducteur mécanique de la [Fig.2].
- [0025] [Fig.5] La [Fig.5] illustre schématiquement l'orientation des dentures des satellites d'un réducteur mécanique suivant un deuxième mode de réalisation.
- [0026] [Fig.6] La [Fig.6] illustre l'arrangement des paliers des satellites du réducteur mécanique de la [Fig.5].
- [0027] [Fig.7] La [Fig.7] illustre schématiquement un réducteur mécanique suivant un troisième mode de réalisation.
- [0028] [Fig.8] La [Fig.8] illustre schématiquement l'orientation des dentures de satellites du réducteur mécanique de la [Fig.7].
- [0029] [Fig.9] La [Fig.9] illustre schématiquement un réducteur mécanique suivant un quatrième mode de réalisation.
- [0030] [Fig.10] La [Fig.10] illustre schématiquement une turbomachine avec un réducteur mécanique suivant un cinquième mode de réalisation.
- [0031] [Fig.11] La [Fig.11] illustre schématiquement le réducteur mécanique suivant le cinquième mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

- [0032] Comme illustré sur la [Fig.1], une turbomachine 1 peut prendre la forme d'un turboréacteur à double flux comportant, de manière classique, une soufflante S, un compresseur basse pression 1a, un compresseur haute pression 1b, une chambre de combustion 1c, pouvant être annulaire, une turbine haute pression 1d, une turbine

basse pression 1e et une tuyère d'échappement 1h. Le compresseur haute pression 1b et la turbine haute pression 1d peuvent être mécaniquement reliés en rotation par un arbre haute pression 2 et former ainsi avec lui un corps haute pression (HP). Le compresseur basse pression 1a et la turbine basse pression 1e peuvent être mécaniquement reliés en rotation par un arbre basse pression 3 et former ainsi avec lui un corps basse pression (BP).

- [0033] Pour son entraînement, la soufflante S peut être solidaire en rotation d'un arbre de soufflante 4 mécaniquement relié en rotation à l'arbre basse pression 3 à travers un réducteur mécanique 6. Ce réducteur mécanique 6 peut être, par exemple, de type planétaire, épicycloïdal ou différentiel. Grâce à ce réducteur mécanique 6, il est donc possible d'entraîner la soufflante S à une vitesse de rotation inférieure à celle de l'arbre basse pression 3, le compresseur basse pression 1a et la turbine basse pression 1e, permettant ainsi que la soufflante S ait un plus grand diamètre et offre ainsi un taux de dilution plus élevé.
- [0034] Comme illustré sur la [Fig.1], le réducteur 6 peut être positionné dans une partie avant de la turbomachine 1, en direction amont par rapport aux corps basse pression et haute pression. Des arrangements alternatifs, disposant le réducteur 6 dans une partie arrière, voire même une partie intermédiaire de la turbomachine, sont toutefois envisageables. Une structure fixe formant un carter moteur ou stator 5, et pouvant comprendre, comme illustré, une partie amont 5a et une partie aval 5b, peut être agencée de manière à former une enceinte E entourant le réducteur 6. Cette enceinte E peut être, comme illustré, fermée en amont par des joints au niveau d'un palier permettant la traversée de l'arbre de soufflante 4, et en aval par des joints au niveau de la traversée de l'arbre basse pression 3.
- [0035] Suivant un premier mode de réalisation, illustré sur la [Fig.2], le réducteur mécanique 6 peut être un réducteur planétaire avec un train d'engrenages comprenant un solaire 10 solidaire en rotation de l'arbre basse pression 3, une couronne 20 disposée coaxialement autour du solaire 10, avec le même axe central X que celui-ci, et solidaire de l'arbre de soufflante 4 en rotation, et un porte-satellites 30 solidaire du carter 5 et donc fixe. L'axe central X commun du solaire 10 et de la couronne 20 peut être aligné avec un axe de rotation des arbres haute pression 2 et basse pression 3. Les couplages en rotation entre le solaire 10 et l'arbre basse pression 3 et/ou entre la couronne 20 et l'arbre de soufflante 4 peuvent donc s'effectuer, par exemple, par l'intermédiaire de cannelures.
- [0036] Le train d'engrenages du réducteur mécanique 6 peut aussi comprendre deux ensembles de satellites 31, 32 portés par le porte-satellites 30 et distribués autour de l'axe central X, par exemple suivant des intervalles angulaires sensiblement identiques. Chaque satellite 31, 32 peut être monté libre en rotation autour d'un axe Y cor-

respondant, pouvant notamment être sensiblement parallèle à l'axe central X, à l'aide d'un palier 33 respectif. Chaque satellite 31, 32 peut comporter deux premières dentures 34a, 34b, d'un premier diamètre médian D_1 , engrenées avec deux dentures correspondantes 20a, 20b dans la couronne 20. Les premières dentures 34a, 34b de chaque satellite 31, 32 peuvent être décalées l'une par rapport à l'autre dans la direction de l'axe Y, avec un décalage axial L_1 . En particulier, afin notamment d'assurer un bon équilibrage des forces sur les satellites 31, 32, lesdites premières dentures 34a, 34b peuvent avoir sensiblement la même largeur et être disposées symétriquement par rapport à un plan de symétrie transversal A.

[0037] Les satellites 31 d'un premier ensemble de satellites 31 et les satellites 32 d'un deuxième ensemble de satellites 32 peuvent être disposés de manière alternée autour du solaire 10. Chaque satellite 31 du premier ensemble de satellites 31 peut comporter, à part les deux premières dentures 34a, 34b, deux deuxièmes dentures 35a, 35b, d'un deuxième diamètre médian D_2 , engrenées avec des dentures correspondantes 10a, 10b du solaire 10. Les dentures 10a, 10b du solaire 10 peuvent avoir un troisième diamètre médian D_3 inférieur au deuxième diamètre médian D_2 , tandis que les dentures 20a, 20b de la couronne 20 peuvent avoir un quatrième diamètre médian D_4 supérieur au premier diamètre médian D_1 , afin d'obtenir un rapport de réduction entre les vitesses de rotation du solaire 10 et de la couronne 20. Le deuxième diamètre médian D_2 peut être supérieur au premier diamètre médian D_1 , de manière à obtenir un rapport de réduction plus élevé entre les vitesses de rotation du solaire 10 et de la couronne 20. Les deuxièmes dentures 35a, 35b de chaque satellite 31 du premier ensemble de satellites 31 peuvent aussi être décalées l'une par rapport à l'autre dans la direction de l'axe Y. En particulier, afin notamment d'assurer un bon équilibrage des forces sur les satellites 31, lesdites deuxièmes dentures 35a, 35b peuvent aussi avoir sensiblement la même largeur et être disposées symétriquement par rapport au plan de symétrie transversal A avec, entre elles, un décalage axial L_{21} inférieur au décalage axial L_1 entre les premières dentures 34a, 34b, de manière à être disposées axialement entre ces premières dentures 34a, 34b.

[0038] Dans ce premier mode de réalisation, chaque satellite 32 du deuxième ensemble de satellites 32 peut aussi comporter, à part les deux premières dentures 34a, 34b, deux deuxièmes dentures 35c, 35d avec le même deuxième diamètre médian D_2 . Comme les deuxièmes dentures 35a, 35b des satellites 31 du premier ensemble, les deuxièmes dentures 35c, 35d des satellites 32 du deuxième ensemble peuvent aussi être engrenées avec des dentures 10c, 10d correspondantes du solaire 10. Les deuxièmes dentures 35c, 35d de chaque satellite 32 du deuxième ensemble de satellites 32 peuvent aussi être décalées l'une par rapport à l'autre dans la direction de l'axe Y. En particulier, afin notamment d'assurer un bon équilibrage des forces sur les satellites 31, lesdites

deuxièmes dentures 35c, 35d de chaque satellite 32 du deuxième ensemble de satellites 32 peuvent aussi avoir sensiblement la même largeur et être disposées symétriquement par rapport au plan de symétrie transversal A. Toutefois, le décalage axial L_{22} entre les deux deuxièmes dentures 35c, 35d de chaque satellite 32 du deuxième ensemble de satellites 32 peut être inférieur non seulement au décalage axial L_1 entre les premières dentures 34a, 34b, mais aussi au décalage axial L_{21} entre les deuxièmes dentures 35a, 35b de chaque satellite 31 du premier ensemble de satellites 31, de manière à ce que les deuxièmes dentures 35c, 35d des satellites 32 du deuxième ensemble de satellites 32 soient disposées, en direction axiale, entre les deuxièmes dentures 35a, 35b des satellites 31 du premier ensemble de satellites. On peut ainsi obtenir, entre les deuxièmes dentures 35a, 35b des satellites 31 du premier ensemble et les deuxièmes dentures 35c, 35d des satellites 32 du deuxième ensemble, un décalage axial ΔL , égal à la moitié de la différence entre les décalages axiaux L_1 et L_2 , qui permet de rapprocher les axes Y des satellites 31, 32 des deux ensembles, sans collision entre les deuxièmes dentures 35a-35d de satellites 31, 32 adjacents, et donc de distribuer la charge mécanique entre un plus grand nombre de satellites 31, 32 avec un encombrement radial restreint.

[0039] Pour faciliter le montage du réducteur mécanique 6, la couronne 20 peut comporter deux parties, chacune solidaire d'une des dentures 20a, 20b, qui peuvent être fixées l'une à l'autre par une bride 20c pouvant être sensiblement alignée avec le plan de symétrie transversal A.

[0040] Comme illustré en détail sur la [Fig.3], chaque palier 33, qui peut être par exemple à roulements ou hydrostatique, peut être monté sur un axe 30b du porte-satellites 30, de telle manière que chaque satellite 31 ou 32 soit soutenu internement autour d'un des axes 30b par le palier 33 correspondant. Dans ce cas, tous les axes 30b du porte-satellites 30 peuvent être positionnés les uns par rapport aux autres à l'aide d'un ou plusieurs châssis structurels 30a du porte-satellites 30. Pour des raisons de fonctionnement, de montage, de fabrication, de contrôle, de réparation et/ou de rechange les axes 30b et le châssis 30a du porte-satellites 30 peuvent être séparables en plusieurs pièces. Pour assurer la lubrification du réducteur 6, celui-ci peut comprendre un distributeur 40 de fluide lubrifiant avec des injecteurs 41 pour lubrifier les engrenages et des bras 42 débouchant, à travers des cavités tampons 43 dans les axes 30b du porte-satellites, sur des bouches d'alimentation 44 des paliers 33 pour lubrifier ces derniers. Un fluide lubrifiant peut donc suivre l'acheminement illustré par les flèches de la [Fig.3] pour lubrifier paliers et engrenages.

[0041] Dans ce premier mode de réalisation, les dentures peuvent être des dentures hélicoïdales. Comme illustré sur la [Fig.4], les deux premières dentures 34a, 34b de chaque satellite 31, 32 peuvent être inclinées en directions opposées, en particulier de manière symétrique pour obtenir un équilibre de forces axiales dans chaque satellite

31, 32. En conséquence, pour obtenir un engrènement correct, les dentures correspondantes 20a, 20b dans la couronne 20 peuvent avoir les mêmes inclinaisons. De manière analogue, les deux deuxièmes dentures 35a-35d de chaque satellite 31, 32 peuvent aussi être inclinées en directions opposées, en particulier de manière symétrique pour obtenir un équilibre de forces axiales dans chaque satellite 31, 32. En conséquence, pour obtenir un engrènement correct, les dentures correspondantes 10a-10d sur le solaire 10 peuvent aussi avoir les mêmes inclinaisons.

[0042] Il est néanmoins aussi envisageable qu'au moins certaines de toutes ces dentures soient des dentures droites. Ainsi, dans un deuxième mode de réalisation, illustré sur la [Fig.5], l'ensemble des dentures 34a,34b et 35a-35d de chaque satellite 31,32 peuvent être des dentures droites, tout comme les dentures correspondantes sur le solaire 10 et dans la couronne 20. Dans ce cas, les quatre dentures correspondantes sur le solaire 10 pourraient être remplacées par une unique denture traversante 10a de largeur suffisante pour engrener avec les deuxièmes dentures 35a-35d de chaque satellite 31, 32. Il est aussi envisageable que les satellites 31 et 32 soient soutenus à leurs extrémités axiales par des paliers 33 externes, comme illustré sur la [Fig.6], plutôt que par des paliers internes, comme dans le premier mode de réalisation. Dans ce deuxième mode de réalisation, les autres éléments du réducteur 6 peuvent être identiques ou au moins équivalents à ceux du premier mode de réalisation et arrangés aussi de la même manière ou d'une manière analogue. Ils reçoivent en conséquence les mêmes signes de référence sur les figures 5 et 6 que sur les figures précédentes.

[0043] Comme les deux deuxièmes dentures de chaque satellite du deuxième ensemble sont adjacentes, il est également envisageable, dans un troisième mode de réalisation, illustré sur la [Fig.7], de les remplacer par une seule deuxième denture 35c, pouvant être réalisée d'un seul tenant, centrée sur le plan transversal de symétrie A et dont la largeur pourrait être sensiblement égale à la somme des largeurs des deuxièmes dentures 35a,35b des satellites 31 du premier ensemble. Dans ce cas, cette deuxième denture 35c de chaque satellite 32 peut être en chevron, comme illustré sur la [Fig.8]. Alternativement, toutefois, elle pourrait être une denture droite, comme dans le deuxième mode de réalisation. Comme illustré sur la [Fig.7], les deuxièmes dentures 35c des satellites 31 de ce troisième mode de réalisation pourraient être engrenées sur une unique denture correspondante 10c sur le solaire 10. Dans ce troisième mode de réalisation, les autres éléments du réducteur 6 peuvent aussi être identiques ou au moins équivalents à ceux des modes de réalisation précédents et arrangés aussi de la même manière ou d'une manière analogue. Ils reçoivent en conséquence les mêmes signes de référence sur les figures 7 et 8 que sur les figures précédentes.

[0044] Bien que, dans ces trois premiers modes de réalisation, le train d'engrenages soit un train d'engrenages planétaire, dans lequel le porte-satellites 30 est fixe, il est également

envisageable que le réducteur mécanique 6 comprenne plutôt un train d'engrenages épicycloïdal, dans lequel la couronne 20 soit solidaire du carter 5 et donc fixe, et le porte-satellites 30 soit solidaire de l'arbre de soufflante 4 en rotation, comme dans le quatrième mode de réalisation illustré sur la [Fig.9]. Dans ce quatrième mode de réalisation, les autres éléments du réducteur 6 peuvent aussi être identiques ou au moins équivalents à ceux des modes de réalisation précédents et arrangés aussi de la même manière ou d'une manière analogue. Ils reçoivent en conséquence les mêmes signes de référence sur la [Fig.9] que sur les figures précédentes.

[0045] Il est par ailleurs aussi envisageable, en particulier pour une turbomachine 1 avec une soufflante S avec des aubages contre-rotatifs S1, S2, que le train d'engrenages soit un train d'engrenages différentiel. Comme illustré sur les figures 10 et 11, le solaire 10 pourrait alors être solidaire en rotation de l'arbre basse pression 3, la couronne 20 d'un premier arbre de soufflante 4a, et le porte-satellites 30 d'un deuxième arbre de soufflante 4b contre-rotatif. A part cela, dans ce cinquième mode de réalisation, les autres éléments du réducteur 6 peuvent aussi être identiques ou au moins équivalents à ceux des modes de réalisation précédents et arrangés aussi de la même manière ou d'une manière analogue. Ils reçoivent en conséquence les mêmes signes de référence sur les figures 10 et 11 que sur les figures précédentes.

[0046] Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des modes de réalisation spécifiques, il est évident que des modifications et des changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés/mentionnés, comme par exemple les dentures droites et/ou les paliers externes des satellites du deuxième mode de réalisation et les architectures générales des modes de réalisations suivants, peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

Revendications

- [Revendication 1] Train d'engrenages pour un réducteur mécanique (6) de turbomachine (1), ledit train d'engrenages comportant :
- un solaire (10) ayant un axe central (X),
 - une couronne (20) disposée coaxialement autour du solaire (10),
 - un porte-satellites (30), et
 - une première et une deuxième pluralité de satellites (31,32), dans lesquelles chaque satellite (31,32) est soutenu par le porte-satellites (30) et comporte deux premières dentures (34a, 34b) engrenées avec la couronne (20), décalées l'une par rapport à l'autre dans une direction axiale parallèle à l'axe central (X),
 - chaque satellite (31) de la première pluralité de satellites (31) comportant deux deuxièmes dentures (35a, 35b) engrenées avec le solaire (10), décalées l'une par rapport à l'autre dans ladite direction axiale,
 - chaque satellite (32) de la deuxième pluralité de satellites (32) comportant une ou deux deuxièmes dentures (35c, 35d) engrenées avec le solaire (10),
 - chacune des premières dentures (34a, 34b) des première et deuxième pluralités de satellites (31) ayant un premier diamètre médian (D_1), et
 - chacune des deuxièmes dentures (35a-35d) des première et deuxième pluralités de satellites (31, 32) ayant un deuxième diamètre médian (D_2) supérieur au premier diamètre médian (D_1),
 - le train d'engrenages étant caractérisé en ce que chaque deuxième denture (35c, 35d) de la deuxième pluralité de satellites (32) est disposée, dans ladite direction axiale, entre les deuxièmes dentures (35a, 35b) de la première pluralité de satellites (31).
- [Revendication 2] Train d'engrenages suivant la revendication 1, dans lequel les deux premières dentures (34a, 34b) de chaque satellite (31, 32) des première et deuxième pluralités de satellites (31, 32) sont disposées symétriquement par rapport à un plan transversal (A) perpendiculaire à l'axe central (X), et les deux deuxièmes dentures (35a, 35b) de chaque satellite (31) de la première pluralité de satellites (31) sont aussi disposées symétriquement par rapport au plan transversal (A).
- [Revendication 3] Train d'engrenages suivant la revendication 2, dans lequel au moins un satellite (32) de la deuxième pluralité de satellites (32) comporte une seule deuxième denture (35c), qui est centrée sur le plan transversal (A).

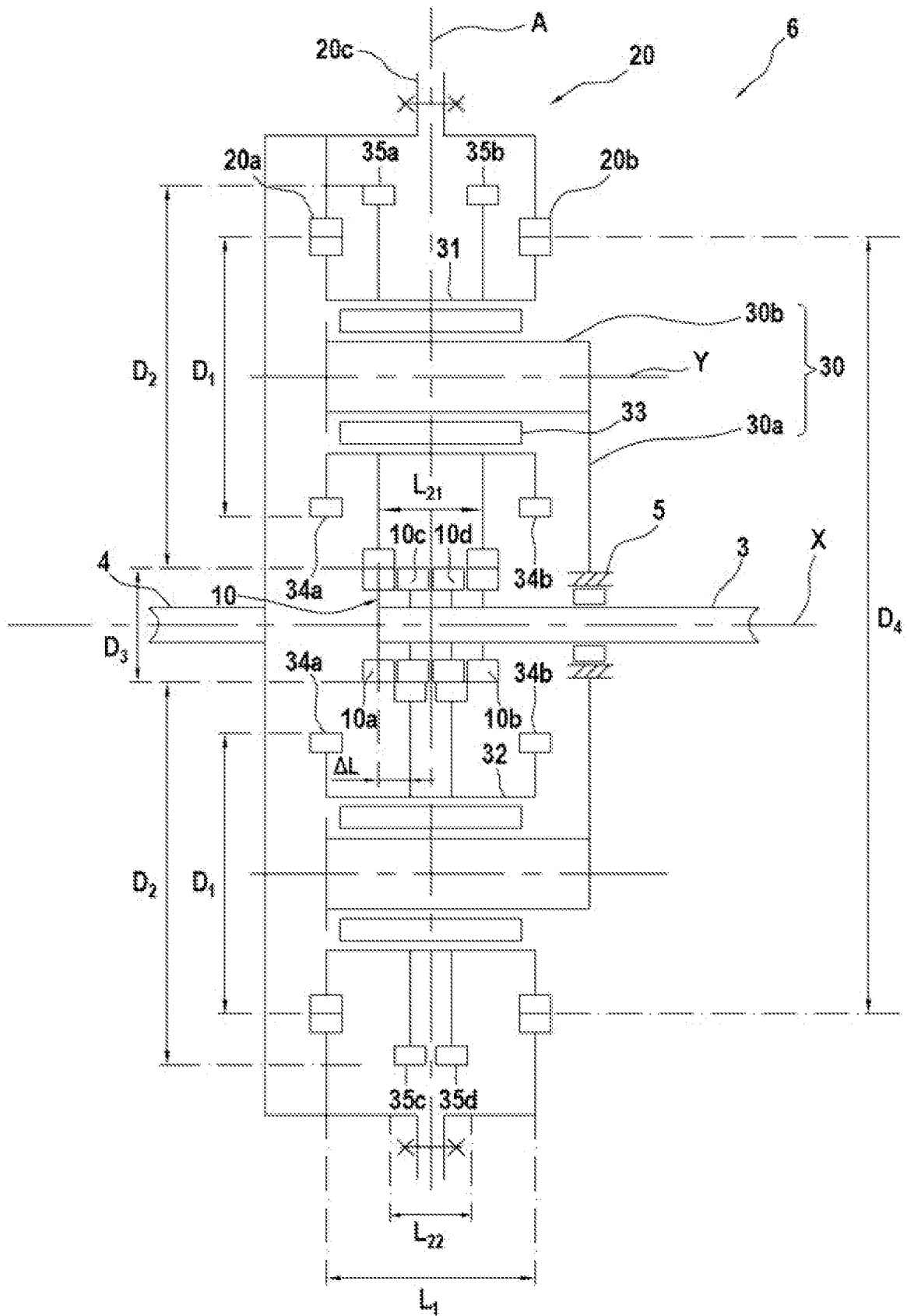
- [Revendication 4] Train d'engrenages suivant l'une quelconque des revendications 2 ou 3, dans lequel au moins un satellite (32) de la deuxième pluralité de satellites (32) comporte deux deuxièmes dentures (35c, 35d), disposées symétriquement par rapport au plan transversal (A).
- [Revendication 5] Train d'engrenages suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les premières dentures (34a, 34b) des satellites (31, 32) des première et deuxième pluralités de satellites (31, 32), les deuxièmes dentures (35a, 35b) des satellites (31) de la première pluralité de satellites (31), et/ou les deuxièmes dentures (35c, 35d) des satellites (32) de la deuxième pluralité de satellites (32) sont droites.
- [Revendication 6] Train d'engrenages suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les premières dentures (34a, 34b) des satellites (31, 32) des première et deuxième pluralités de satellites (31, 32), les deuxièmes dentures (35a, 35b) des satellites (31) de la première pluralité de satellites (31), et/ou les deuxièmes dentures (35c, 35d) des satellites (32) de la deuxième pluralité de satellites (32) sont hélicoïdales.
- [Revendication 7] Train d'engrenages suivant la revendication 6, dans lequel les premières dentures (34a, 34b) de chaque satellite (31, 32) des première et deuxième pluralités de satellites (31, 32), les deuxièmes dentures (35a, 35b) de chaque satellite (31) de la première pluralité de satellites (31), et/ou deux deuxièmes dentures (35c, 35d) de chaque satellite (32) de la deuxième pluralité de satellites (32) sont inclinées dans des directions opposées.
- [Revendication 8] Train d'engrenages suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque satellite (31, 32) des première et deuxième pluralités de satellites (31,32) est monté libre en rotation autour d'un axe correspondant (Y) à l'aide d'un palier (33) respectif.
- [Revendication 9] Train d'engrenages suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit deuxième diamètre médian (D_2) est supérieur à un troisième diamètre médian (D_3) qui est un diamètre médian de dentures (10a, 10b) du solaire (10) engrenées avec les deuxièmes dentures (35c, 35d) de chaque satellite (31, 32) des première et deuxième pluralités de satellites (31,32).
- [Revendication 10] Réducteur mécanique (6) de turbomachine (1) comprenant un train d'engrenages suivant l'une quelconque des revendications précédentes, au moins un arbre d'entrée (3) couplé mécaniquement en rotation à l'un parmi le solaire (10), la couronne (20), et le porte-satellites (30), et un arbre de sortie (4) couplé mécaniquement en rotation à un autre parmi le

solaire (10), la couronne (20) et le porte-satellites (30).

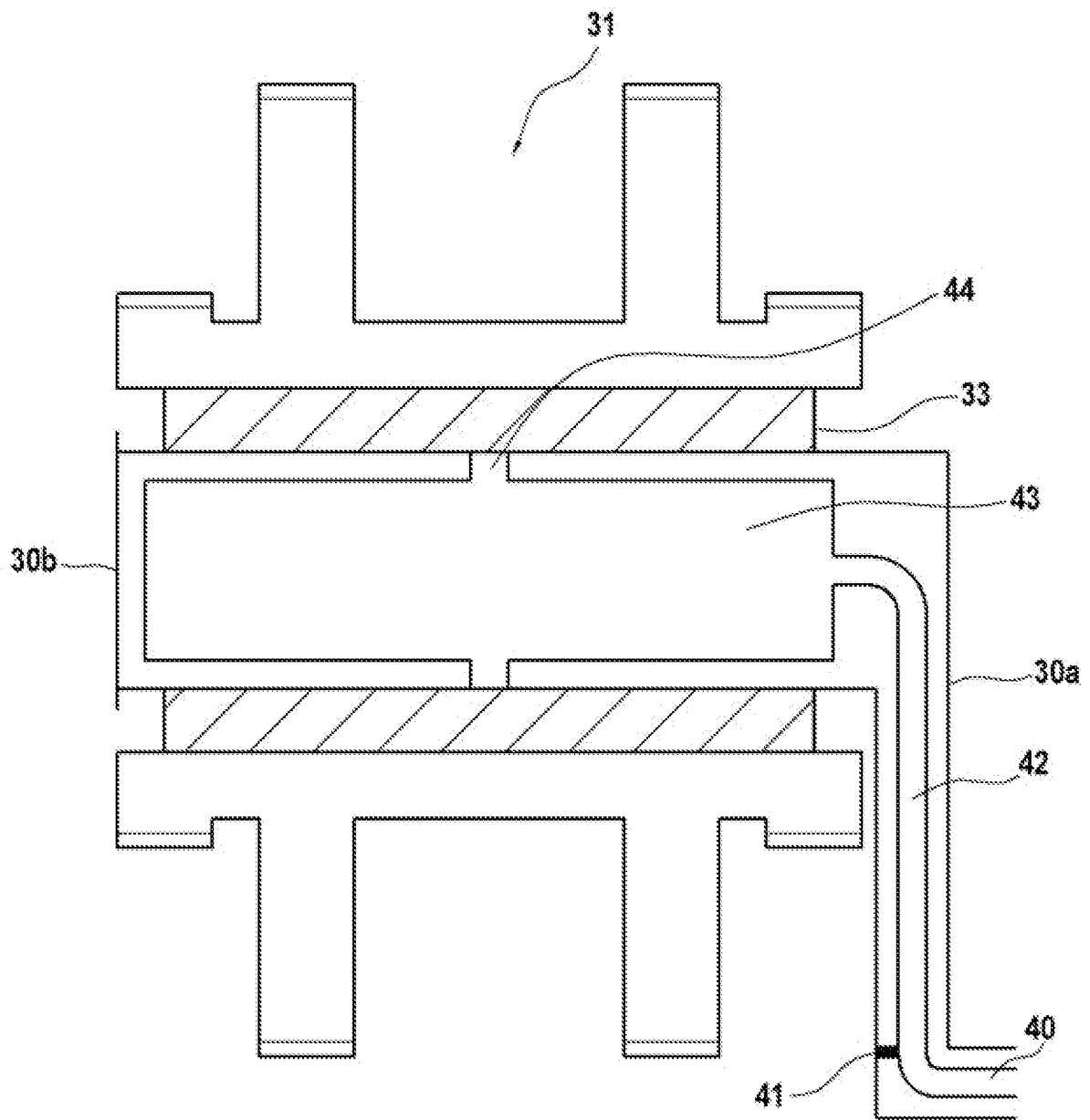
[Revendication 11] Turbomachine (1) comportant un réducteur mécanique (6) suivant la revendication 10, au moins une turbine (1e) et un dispositif rotatif, dans laquelle l'au moins une turbine (1e) est couplée mécaniquement en rotation à l'au moins un arbre d'entrée (3) du réducteur mécanique (6) et le dispositif rotatif est couplé mécaniquement en rotation à l'arbre de sortie (4).

[Revendication 12] Turbomachine (1) suivant la revendication 11, dans laquelle le dispositif rotatif est une soufflante (S) .

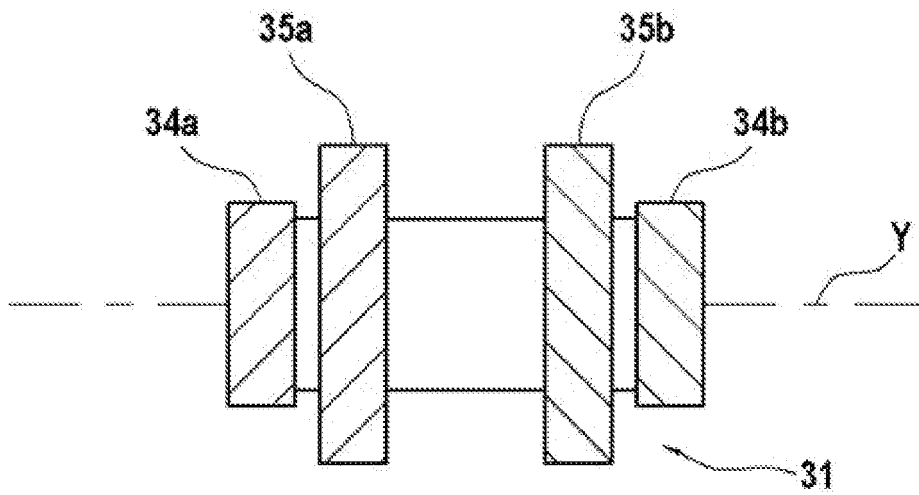
[Fig. 2]



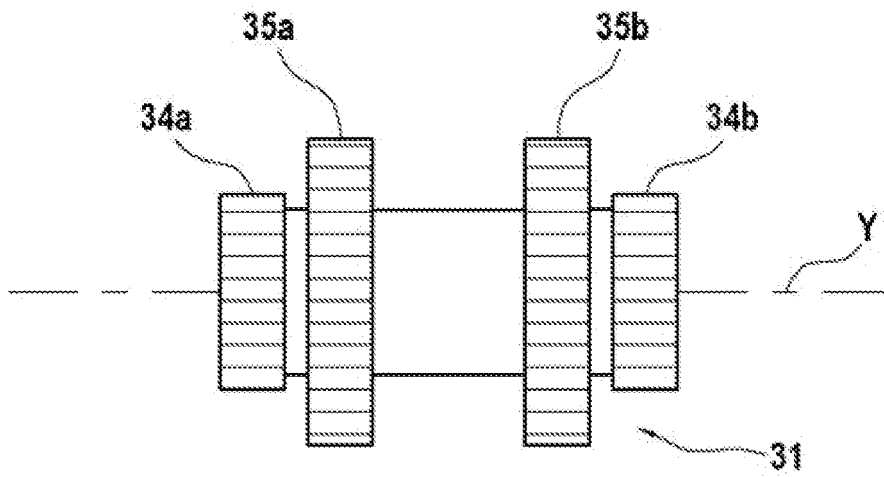
[Fig. 3]



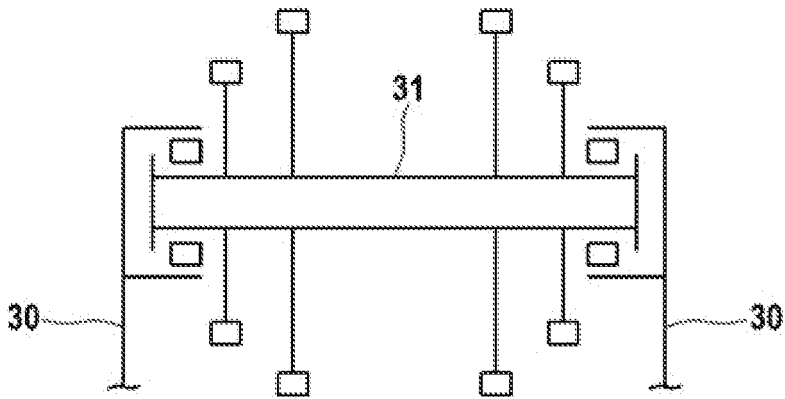
[Fig. 4]



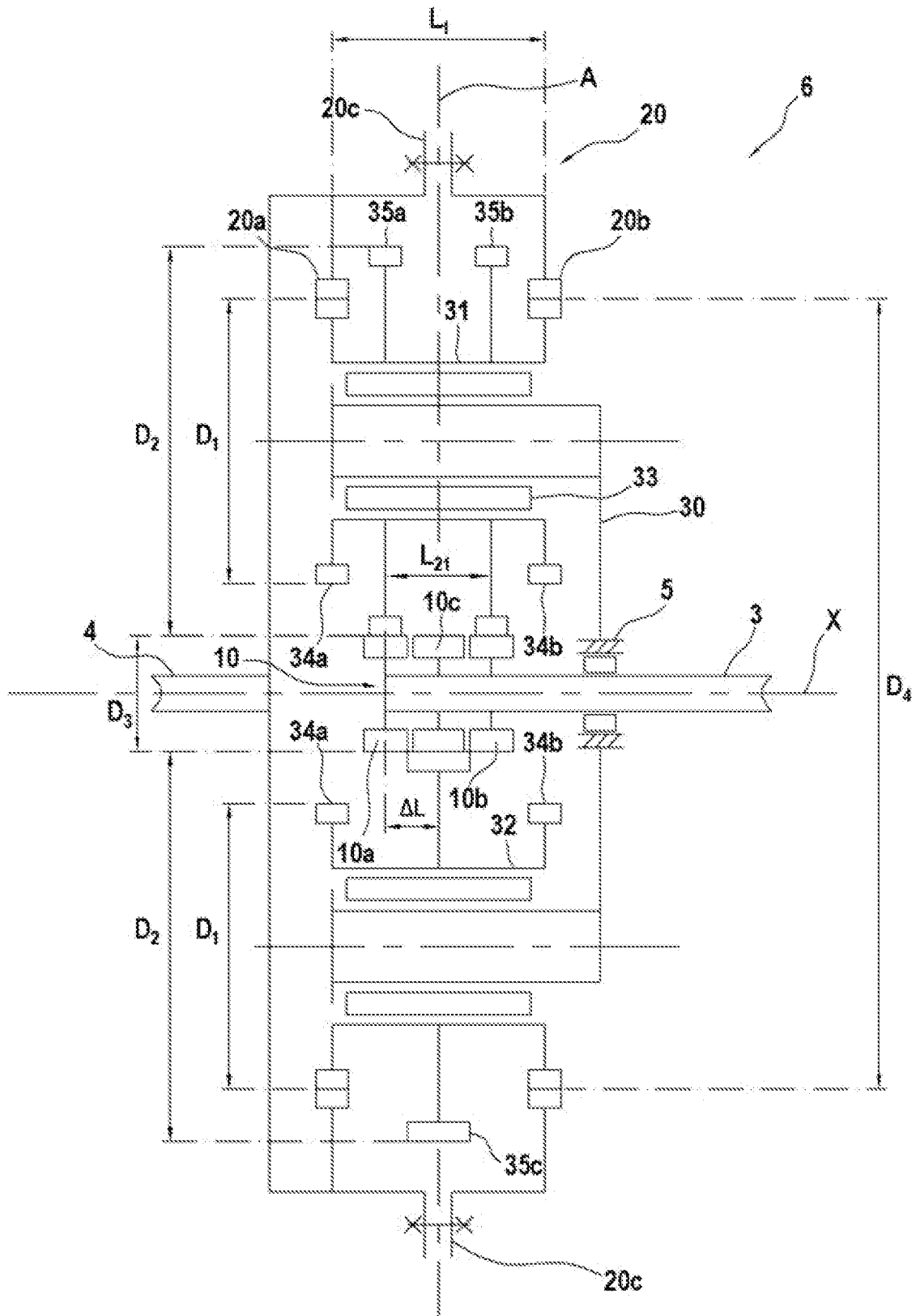
[Fig. 5]



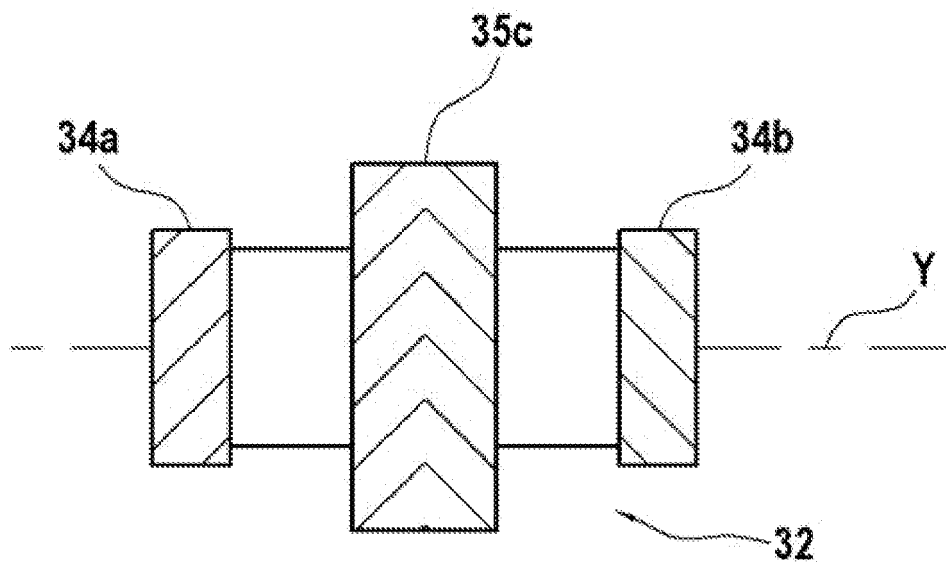
[Fig. 6]



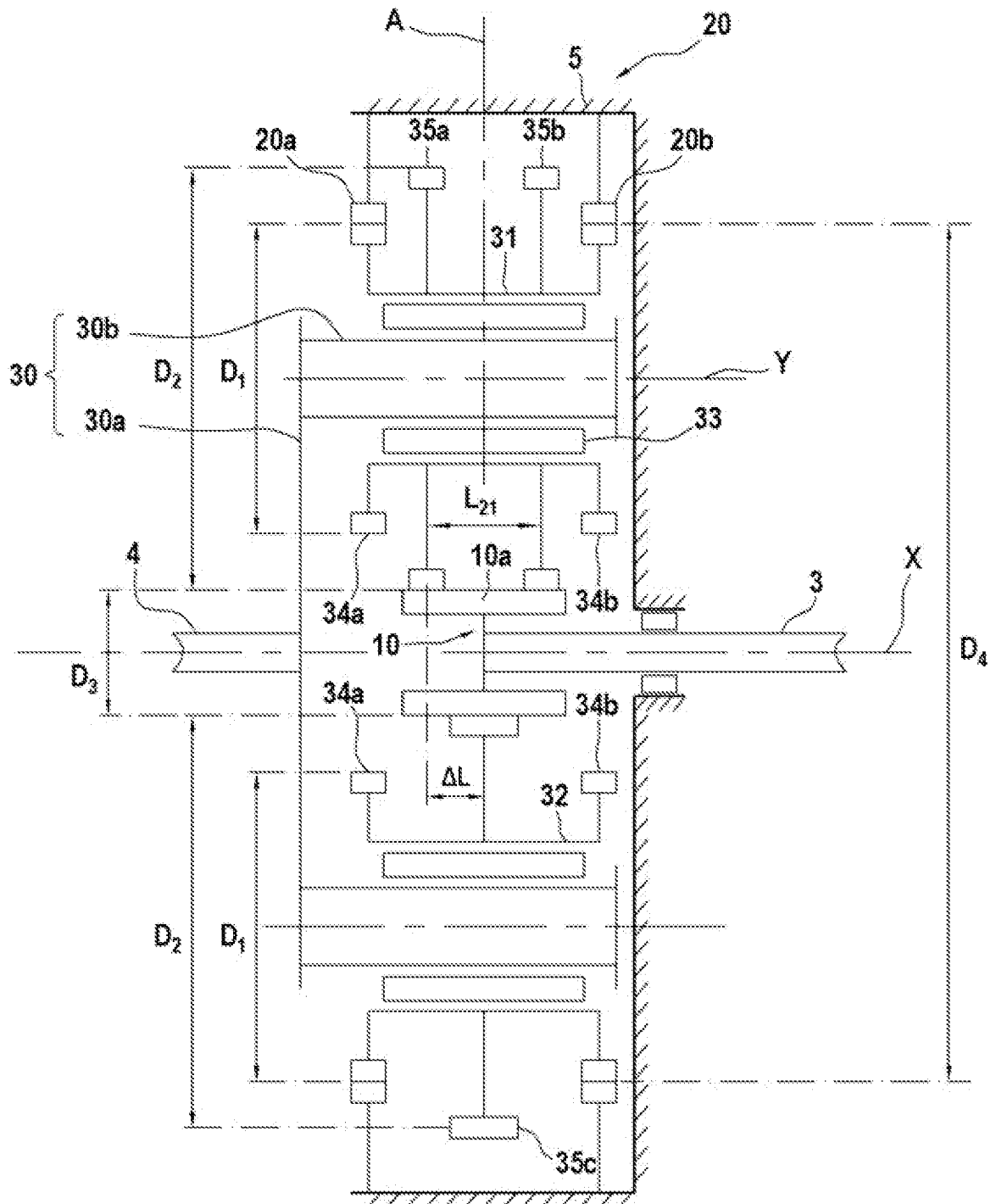
[Fig. 7]



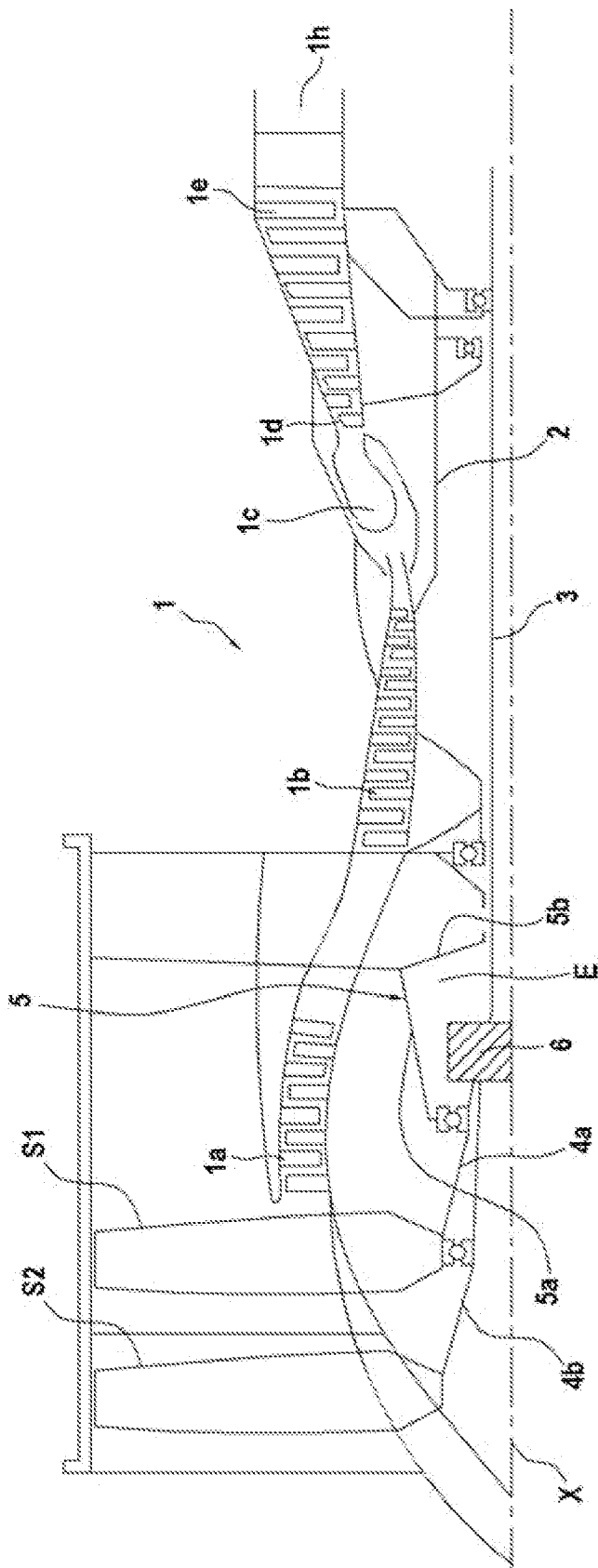
[Fig. 8]



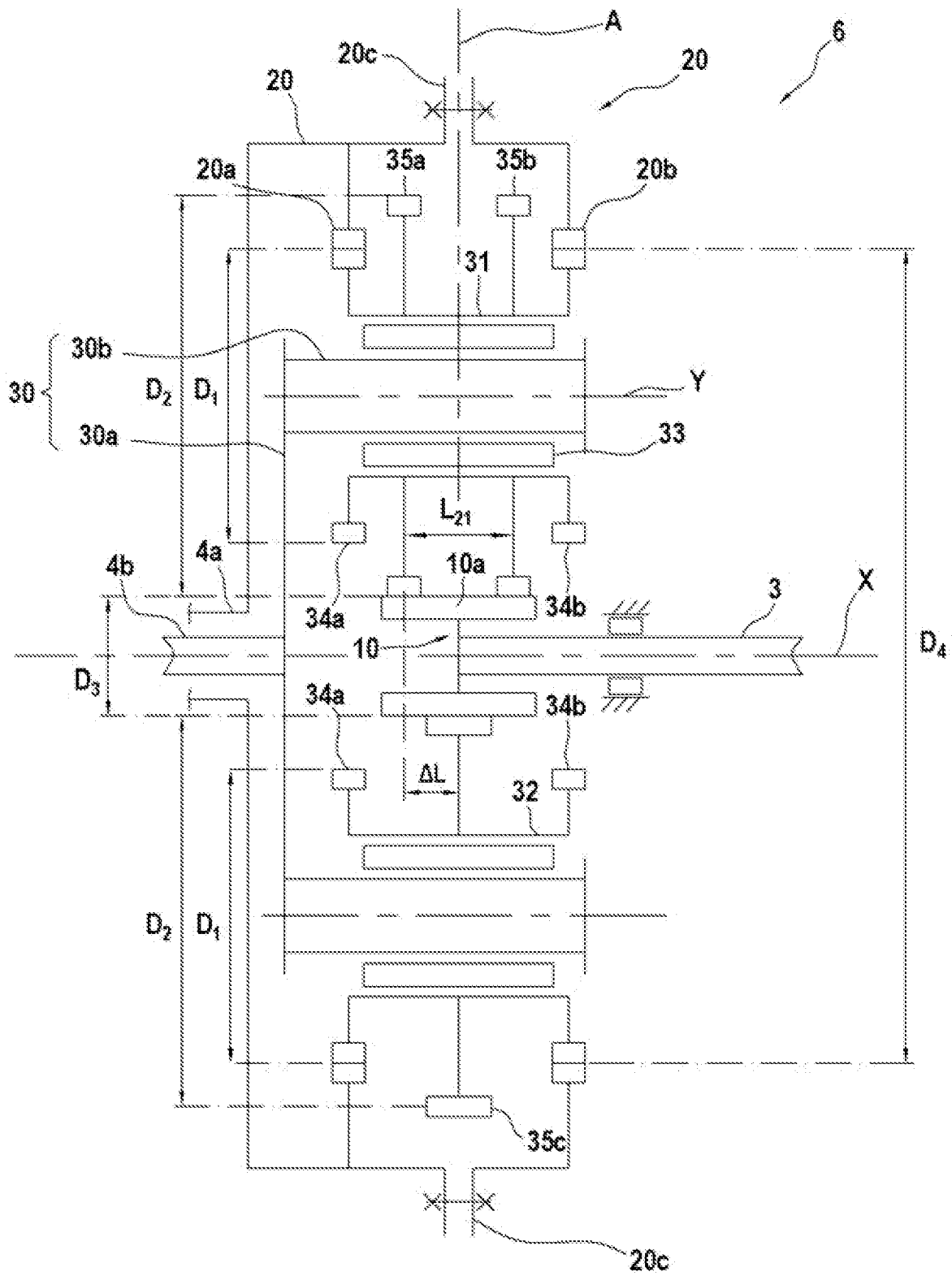
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 906738
FR 2205687

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A, D	EP 3 726 031 A1 (SAFRAN TRANS SYSTEMS [FR]) 21 octobre 2020 (2020-10-21) * figures 4, 5 * -----	1-12	F16H1/28 F01D1/00 DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F16H F02K F02C
A	CN 201 787 001 U (YOUXIN LI) 6 avril 2011 (2011-04-06) * figures 1, 2 * -----	1-12	
A	US 2021/388770 A1 (HRUBEC JURAJ [CZ] ET AL) 16 décembre 2021 (2021-12-16) * figures 1-11 * -----	1-12	
A	WO 2021/148276 A1 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND LTD & CO KG [DE]) 29 juillet 2021 (2021-07-29) * figures 5-7 * -----	1-12	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 janvier 2023		Gubovits, János	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2205687 FA 906738**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-01-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3726031	A1	21-10-2020	CN 111828174 A	27-10-2020
			EP 3726031 A1	21-10-2020
			FR 3095251 A1	23-10-2020
			JP 2020176721 A	29-10-2020
			US 2020332721 A1	22-10-2020

CN 201787001	U	06-04-2011	AUCUN	

US 2021388770	A1	16-12-2021	CN 113803124 A	17-12-2021
			US 2021388770 A1	16-12-2021

WO 2021148276	A1	29-07-2021	AUCUN	
