

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.

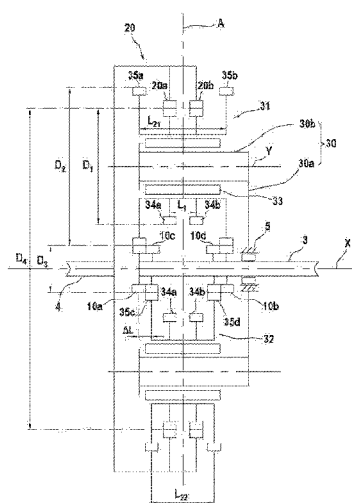
74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 Train d'engrenages compact pour réducteur de turbomachine.

57 Train d'engrenages compact pour réducteur de turbo-
machine

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 au moins une première denture (34a, 34b) engrenée avec la couronne (20) et deux deuxième dentures (35a-35d) engrenées avec le solaire (10) et décalées l'une par rapport à l'autre en direction axiale. 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). Les deuxième dentures (35c, 35d) de la deuxième pluralité de satellites (32) sont disposées, dans ladite direction axiale, entre les deuxième dentures (35a, 35b) de la première pluralité de satellites (31).

Figure pour l'abrégé : Fig. 2.



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 formant ensemble 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 de 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 turbomachine 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 pour réducteur mécanique de turbomachine. Ce train d'engrenages comporte 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 au moins une première denture et deux deuxième dentures décalées l'une par rapport à l'autre dans une direction axiale parallèle audit axe central. Chacune des premières dentures peut être engrenée avec la couronne et avoir un premier diamètre médian, et chacune des deuxième dentures peut être engrenée avec le solaire et avoir un deuxième diamètre médian supérieur au premier diamètre médian. Afin de permettre un enche-

vêtement des deuxièmes dentures, les deuxièmes dentures de la deuxième pluralité de satellites peuvent être disposées, 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 deuxièmes dentures de chaque satellite peuvent en particulier être disposées symétriquement par rapport à un plan transversal perpendiculaire à l'axe central.
- [0009] Au moins un desdits satellites peut comporter une seule première denture, qui soit centrée sur le plan transversal. Il est toutefois aussi envisageable qu'au moins un desdits satellites comporte deux premières dentures, qui peuvent alors être disposées symétriquement par rapport au plan transversal.
- [0010] Lesdites premières dentures peuvent être droites. Afin de permettre leur engrènement correct avec la couronne, celle-ci peut présenter aussi au moins une denture droite correspondante.
- [0011] Alternativement, toutefois, lesdites premières dentures peuvent être hélicoïdales. Dans ce cas, pour équilibrer les forces axiales sur les satellites, chaque satellite peut comporter deux desdites premières dentures, 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. Une unique première denture en chevron est toutefois aussi envisageable sur chaque satellite, ainsi qu'une denture correspondante sur la couronne.
- [0012] Les deuxièmes dentures des satellites de la première pluralité de satellites et/ou 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 des dentures droites correspondantes.
- [0013] Alternativement, toutefois, les deuxièmes dentures des satellites de la première pluralité de satellites et/ou les deuxièmes dentures des satellites de la deuxième pluralité de satellites peuvent aussi être droites peuvent aussi être hélicoïdales. Dans ce cas, pour équilibrer les forces axiales sur les satellites, les deuxièmes dentures de chaque satellite des première et/ou deuxième pluralités 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] 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.

- [0015] Chaque satellite des première et deuxième pluralités de satellites comporte au moins deux parties fixées l'une à l'autres en rotation avec des profils non-axisymétriques complémentaires. Ces profils non-axisymétriques peuvent notamment être des profils polygonaux à angles arrondis, tels que p.ex. des profils trilobés comme les profils P3G suivant la norme DIN 32711, particulièrement adaptés pour solidariser en rotation des pièces non soumises à un glissement axial, quoique d'autres profils non-axisymétriques, tels que par exemple un profil quadrilobé P4C suivant la norme DIN 32712 ou un profil cannelé, sont également envisageables. Chaque satellite peut également comporter des éléments de maintien, tels que par exemple des écrous, pour maintenir ensemble axialement les au moins deux parties.
- [0016] 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.
- [0017] 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

- [0018] 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 :
- [0019] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation schématique d'une turbomachine avec un réducteur mécanique.
- [0020] [Fig.2] La [Fig.2] représente schématiquement un réducteur mécanique suivant un

premier mode de réalisation.

- [0021] [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].
- [0022] [Fig.4] La [Fig.4] illustre schématiquement un profil non-axisymétrique de type P3G, d'un type pouvant servir à solidariser en rotation entre elles au moins deux parties distinctes de chaque satellite du réducteur mécanique de la [Fig.4].
- [0023] [Fig.5] La [Fig.5] illustre schématiquement l'orientation des dentures des satellites du réducteur mécanique de la [Fig.2].
- [0024] [Fig.6] La [Fig.6] illustre schématiquement l'orientation des dentures des satellites d'un réducteur mécanique suivant un deuxième mode de réalisation.
- [0025] [Fig.7] La [Fig.7] illustre l'arrangement des paliers des satellites du réducteur mécanique de la [Fig.6].
- [0026] [Fig.8] La [Fig.8] illustre schématiquement un réducteur mécanique suivant un troisième mode de réalisation.
- [0027] [Fig.9] La [Fig.9] illustre schématiquement l'orientation des dentures de satellites du réducteur mécanique de la [Fig.8].
- [0028] [Fig.10] La [Fig.10] illustre schématiquement un réducteur mécanique suivant un quatrième mode de réalisation.
- [0029] [Fig.11] La [Fig.11] illustre schématiquement une turbomachine avec un réducteur mécanique suivant un cinquième mode de réalisation.
- [0030] [Fig.12] La [Fig.12] illustre schématiquement le réducteur mécanique suivant le cinquième mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

- [0031] Comme illustré sur la [Fig.1], une turbomachine 1 peut prendre la forme d'un turbo-réacteur 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).
- [0032] 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.

- [0033] 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.
- [0034] 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.
- [0035] 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 correspondant, 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.
- [0036] 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 deuxième 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 deuxième 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 deuxième 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} supérieur au décalage axial L_1 entre les premières dentures 34a, 34b, de manière à être disposées axialement à l'extérieur ces premières dentures 34a, 34b.

[0037] Dans ce premier mode de réalisation, chaque satellite 32 du deuxième ensemble de satellites 36 peut aussi comporter, à part les deux premières dentures 34a, 34b, deux deuxième dentures 35c, 35d avec le même deuxième diamètre médian D_2 . Comme les deuxième dentures 35a, 35b des satellites 31 du premier ensemble, les deuxième dentures 35c, 35d des satellites 32 du deuxième ensemble peuvent aussi être engrenées avec des dentures 10c, 10d correspondantes du solaire 10. Les deuxième 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 deuxième 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. Le décalage axial L_{22} entre les deux deuxième dentures 35c, 35d de chaque satellite 32 du deuxième ensemble de satellites 32 peut aussi être supérieur au décalage axial L_1 entre les premières dentures 34a, 34b, de manière à ce que les premières dentures 34a, 34b soient aussi disposées entre les deuxième dentures 35c, 35d de la deuxième pluralité de satellites 32, mais toutefois être inférieur au décalage axial L_{21} entre les deuxième dentures 35a, 35b de chaque satellite 31 du premier ensemble de satellites 31, de manière à ce que les deuxième 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 31. 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_{21} et L_{22} , 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.

[0038] 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.

[0039] En outre, afin de faciliter l'assemblage du train d'engrenages, chaque satellite 31, 32 peut comporter au moins deux, de préférence trois parties 31a, 31b, 31c fixées les unes aux autres en rotation, par exemple avec des profils non-axisymétriques 34 complémentaires emboîtés, qui peuvent notamment être des profils trilobés P3G suivant la norme DIN 32711, comme celui illustré sur la [Fig.4]. Les trois parties 31a, 31b, 31c peuvent être maintenues axialement avec des écrous 35.

[0040] Dans ce premier mode de réalisation, les dentures peuvent être des dentures hélicoïdales. Comme illustré sur la [Fig.5], 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.

- [0041] 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.6], 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 deuxième 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.7], 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 6 et 7 que sur les figures précédentes.
- [0042] Comme les deux premières dentures de chaque satellite sont adjacentes, il est également envisageable, dans un troisième mode de réalisation, illustré sur la [Fig.8], de les remplacer par une seule première denture 34, pouvant être réalisée d'un seul tenant, centrée sur le plan transversal de symétrie A. Dans ce cas, cette première denture 34 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.8], les premières dentures 34 des satellites 31 de ce troisième mode de réalisation pourraient être engrenées sur une unique denture 20a correspondante sur la couronne 20. 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 8 et 9 que sur les figures précédentes.
- [0043] 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.10] que sur les figures précédentes.

[0044] 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 11 et 12, 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 11 et 12 que sur les figures précédentes.

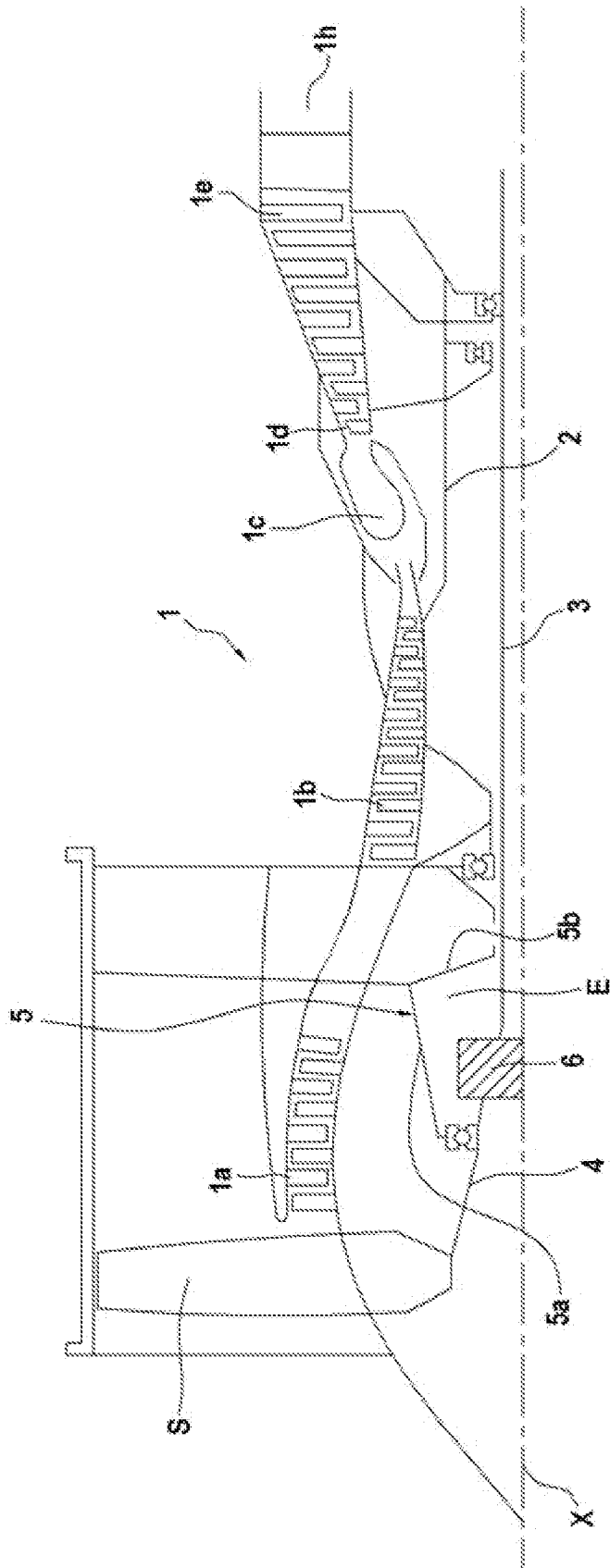
[0045] Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des modes de réalisation spécifiques, il est évident que des modifications et des changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, 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

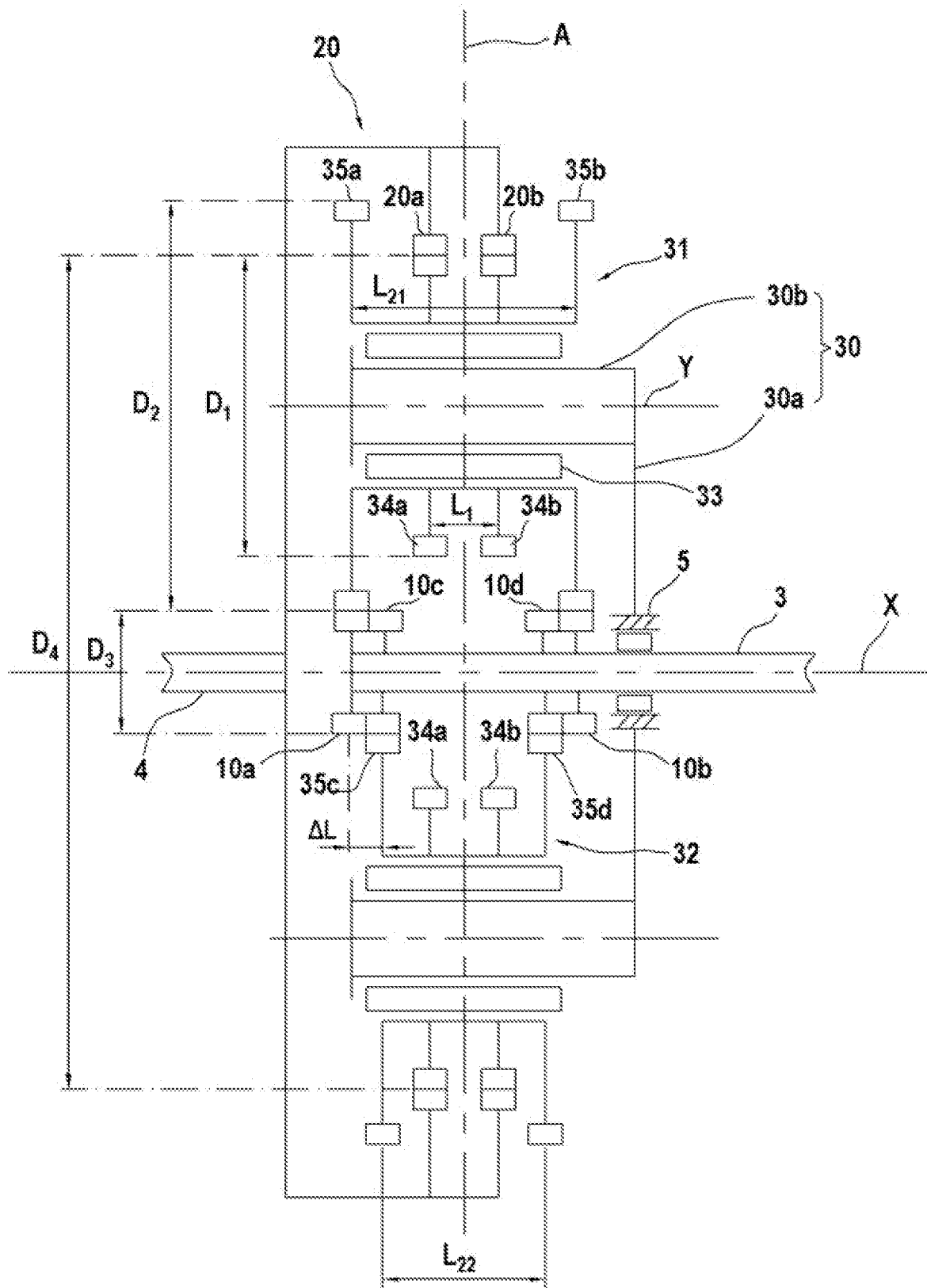
- [Revendication 1] Train d'engrenages pour réducteur mécanique (6) de turbomachine (1), ledit train d'engrenages comportant :
- un solaire (10) ayant un axe central (X),
 - une couronne (20) disposée coaxialement autour du solaire (10),
 - un porte-satellites (30), et
 - une première et une deuxième pluralité de satellites (31,32), dans lesquelles chaque satellite (31,32) est soutenu par le porte-satellites (30) et comporte au moins une première denture (34 ; 34a, 34b) et deux deuxième dentures (35a-35d) décalées l'une par rapport à l'autre dans une direction axiale parallèle audit axe central (X),
 - chacune des premières dentures (34 ; 34a, 34b) étant engrenée avec la couronne (20) et ayant un premier diamètre médian (D_1), et
 - chacune des deuxième dentures (35a-35d) étant engrenée avec le solaire (10) et ayant un deuxième diamètre médian (D_2) supérieur au premier diamètre médian (D_1),
 - le train d'engrenages étant caractérisé en ce que les deuxième dentures (35c, 35d) de la deuxième pluralité de satellites (32) sont disposées, dans ladite direction axiale, entre les deuxième dentures (35a, 35b) de la première pluralité de satellites (31).
- [Revendication 2] Train d'engrenages suivant la revendication 1, dans lequel les deux deuxième dentures (35a-35d) de chaque satellite (31, 32) sont disposées symétriquement par rapport à un plan transversal (A) perpendiculaire à l'axe central (X).
- [Revendication 3] Train d'engrenages suivant l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel au moins un desdits satellites (31, 32) comporte une seule première denture (34) centrée sur le plan transversal (A).
- [Revendication 4] Train d'engrenages suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel au moins un desdits satellites (31, 32) comporte deux premières dentures (34a, 34b), 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 (34 ; 34a, 34b) des satellites (31, 32) des première et deuxième pluralités de satellites (31, 32), les deuxième dentures (35a, 35b) des satellites (31) de la première pluralité de satellites (31), et/ou les deuxième 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 lesdites premières dentures (34 ; 34a, 34b), 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 deux desdites premières dentures (34a, 34b) de chaque satellite (31, 32), les deuxièmes dentures (35a, 35b) de chaque satellite (31) de la première pluralité de satellites (31), et/ou les 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 chaque satellite (31, 32) des première et deuxième pluralités de satellites (31,32) comporte au moins deux parties (31a,31b,31c) fixées l'une à l'autre en rotation avec des profils non-axisymétriques (34) complémentaires.
- [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) de turbomachine (1) 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).

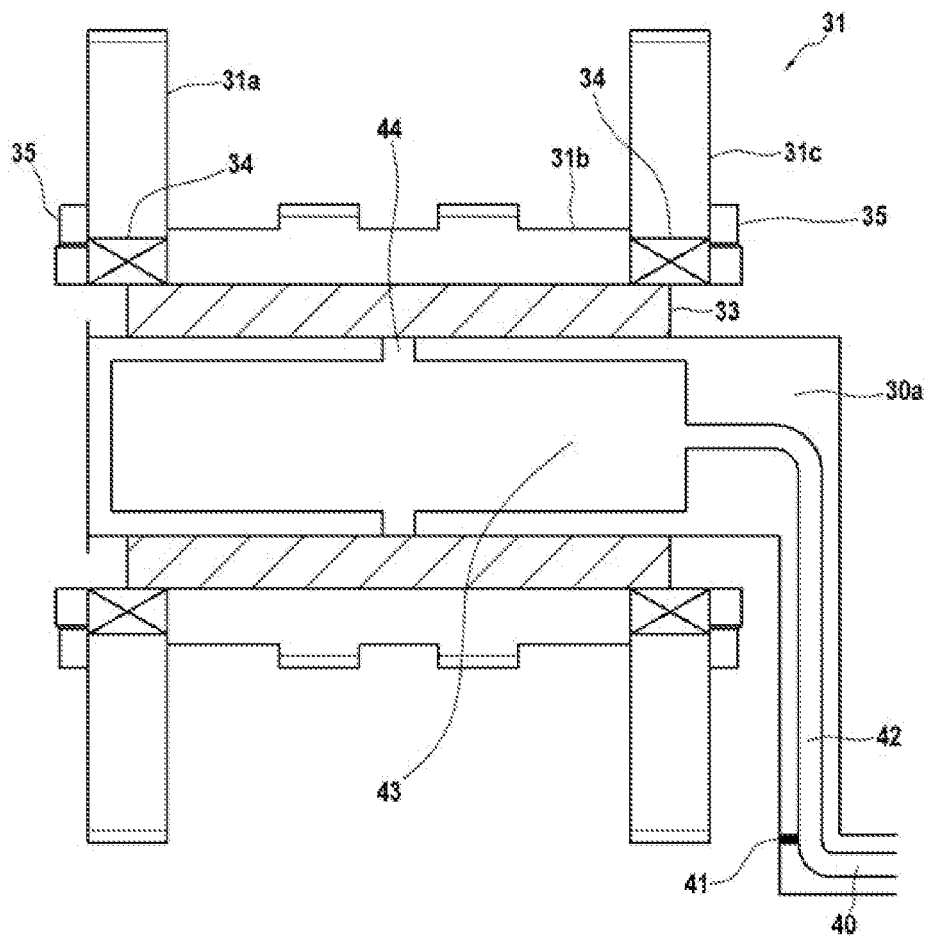
[Fig. 1]



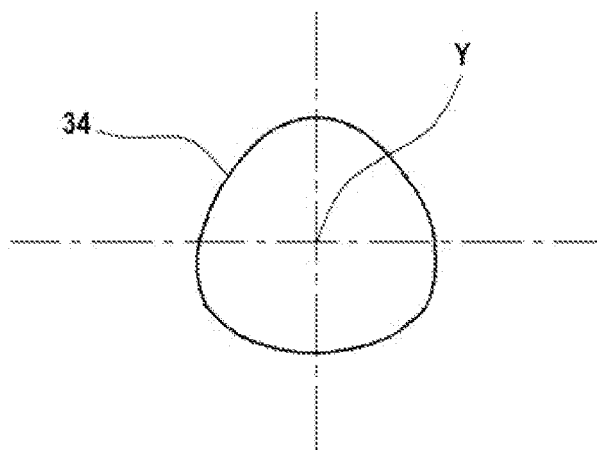
[Fig. 2]



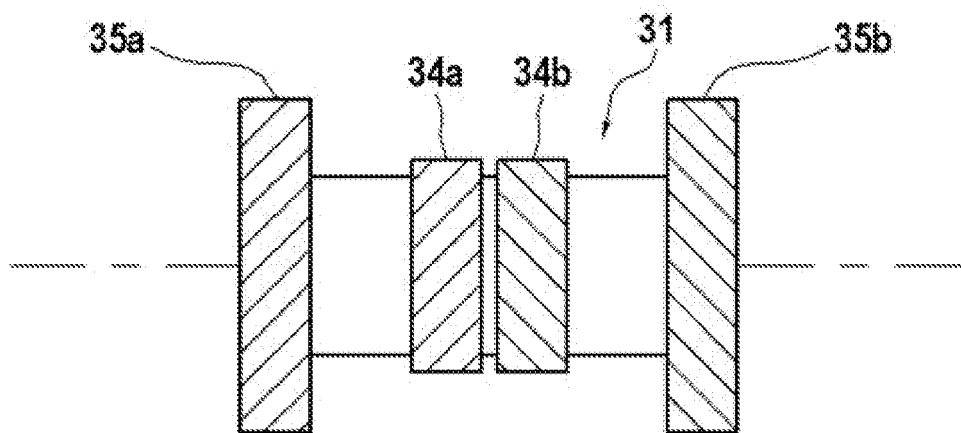
[Fig. 3]



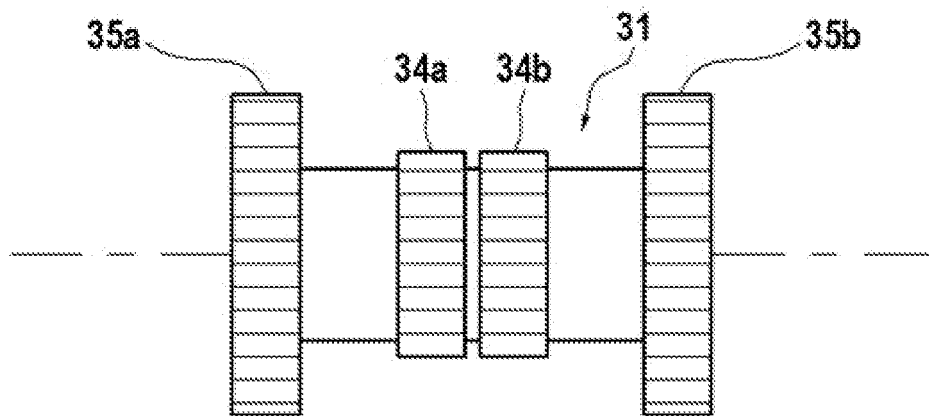
[Fig. 4]



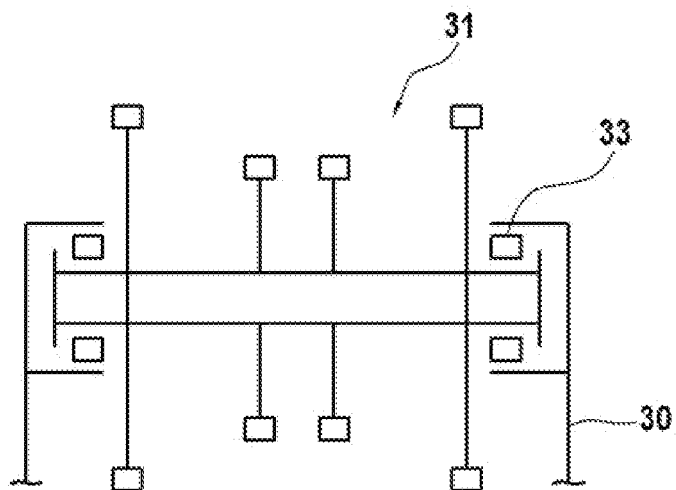
[Fig. 5]



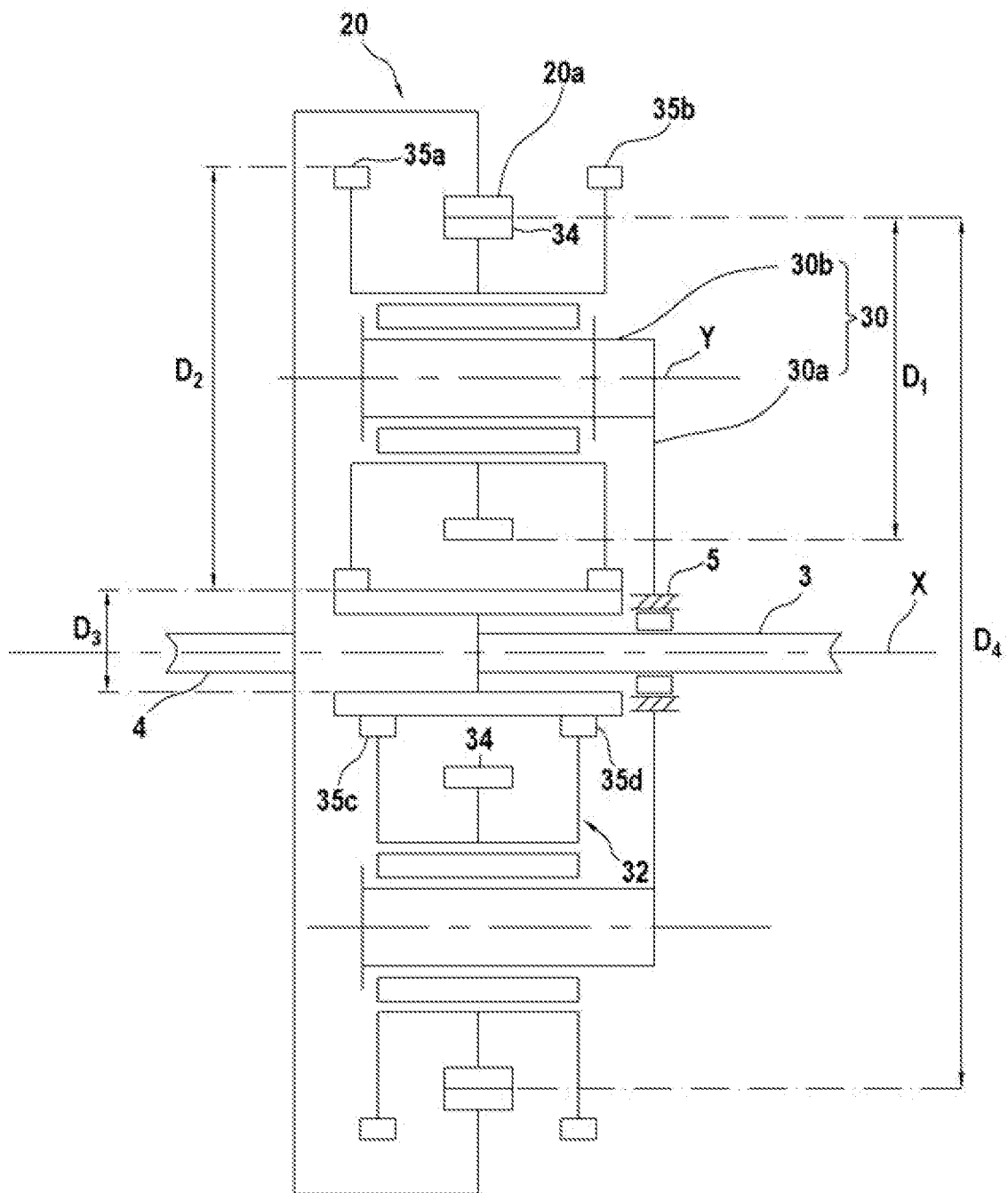
[Fig. 6]



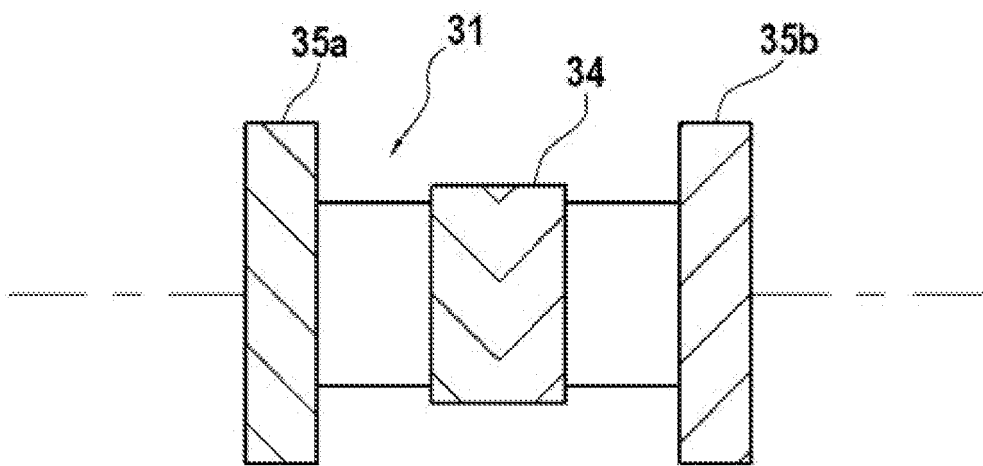
[Fig. 7]



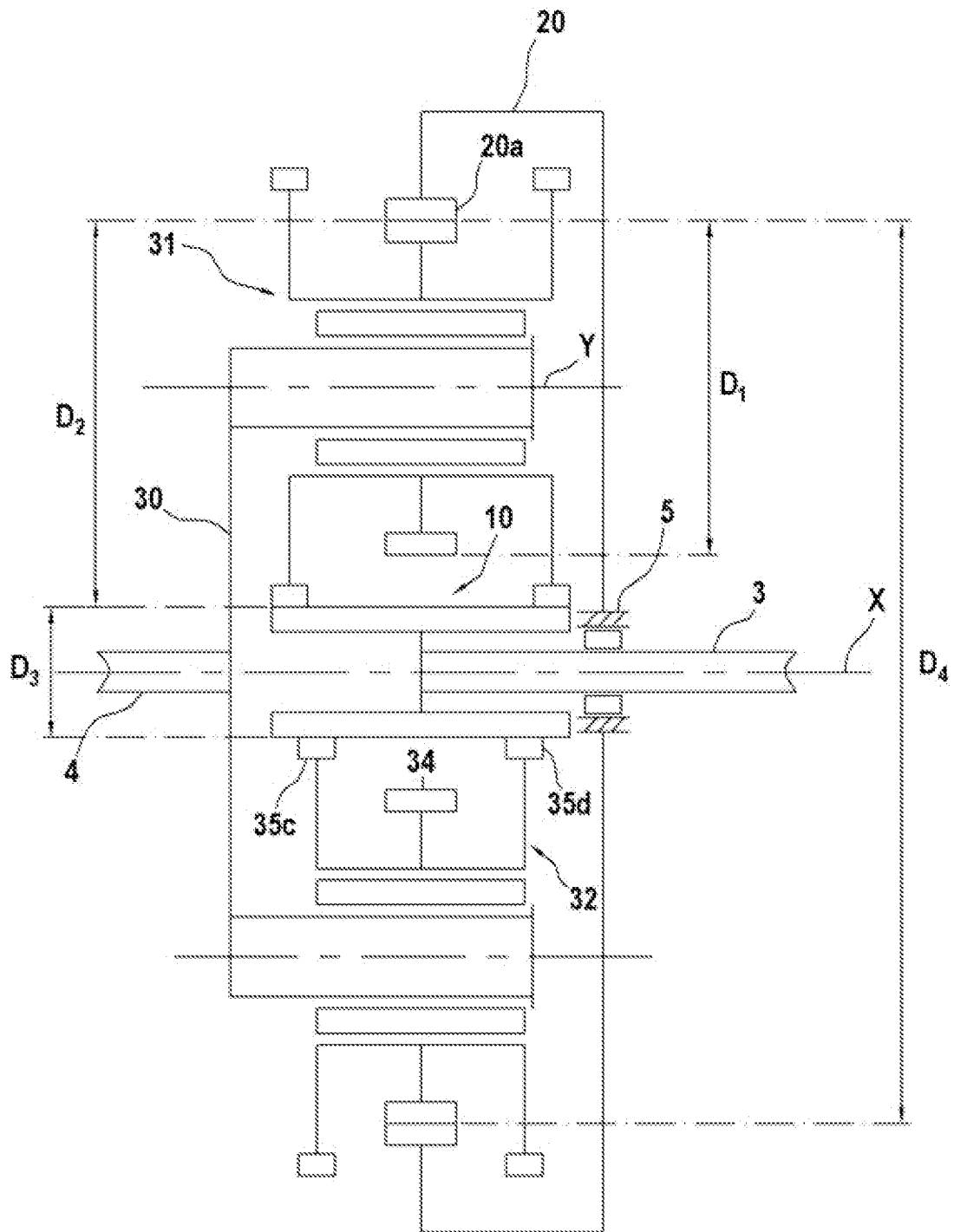
[Fig. 8]



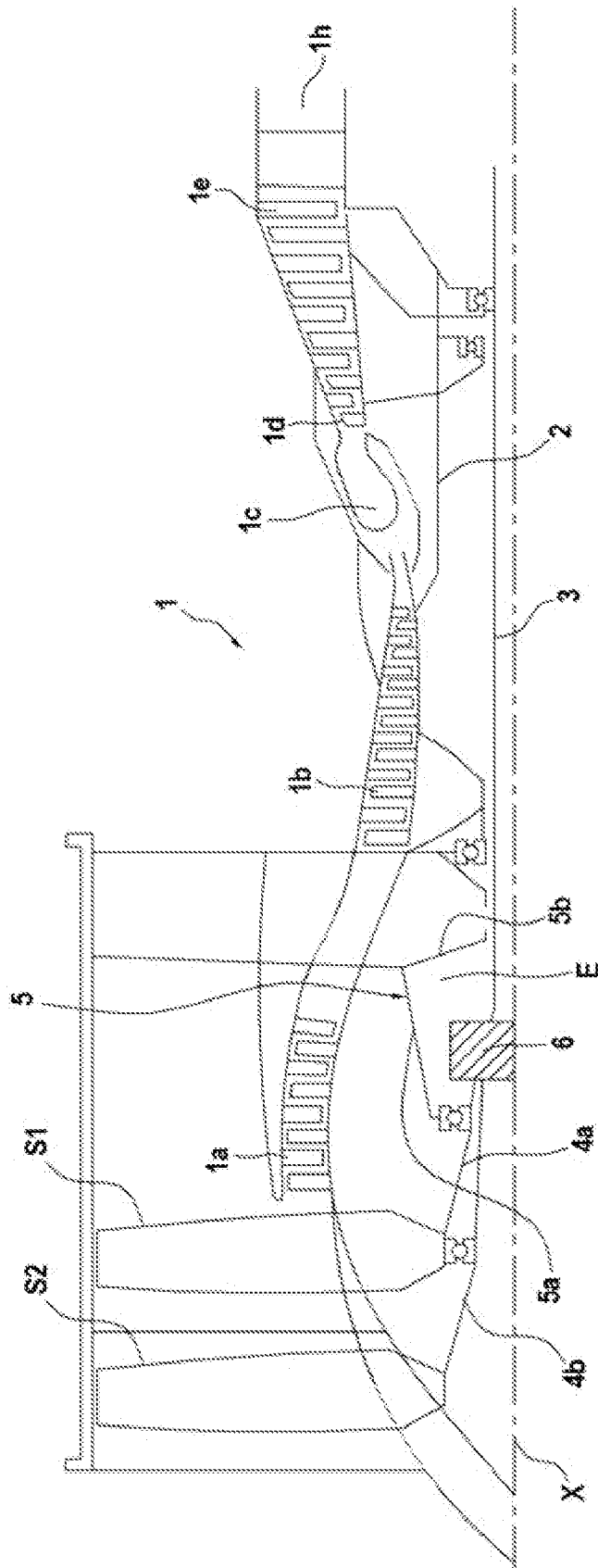
[Fig. 9]



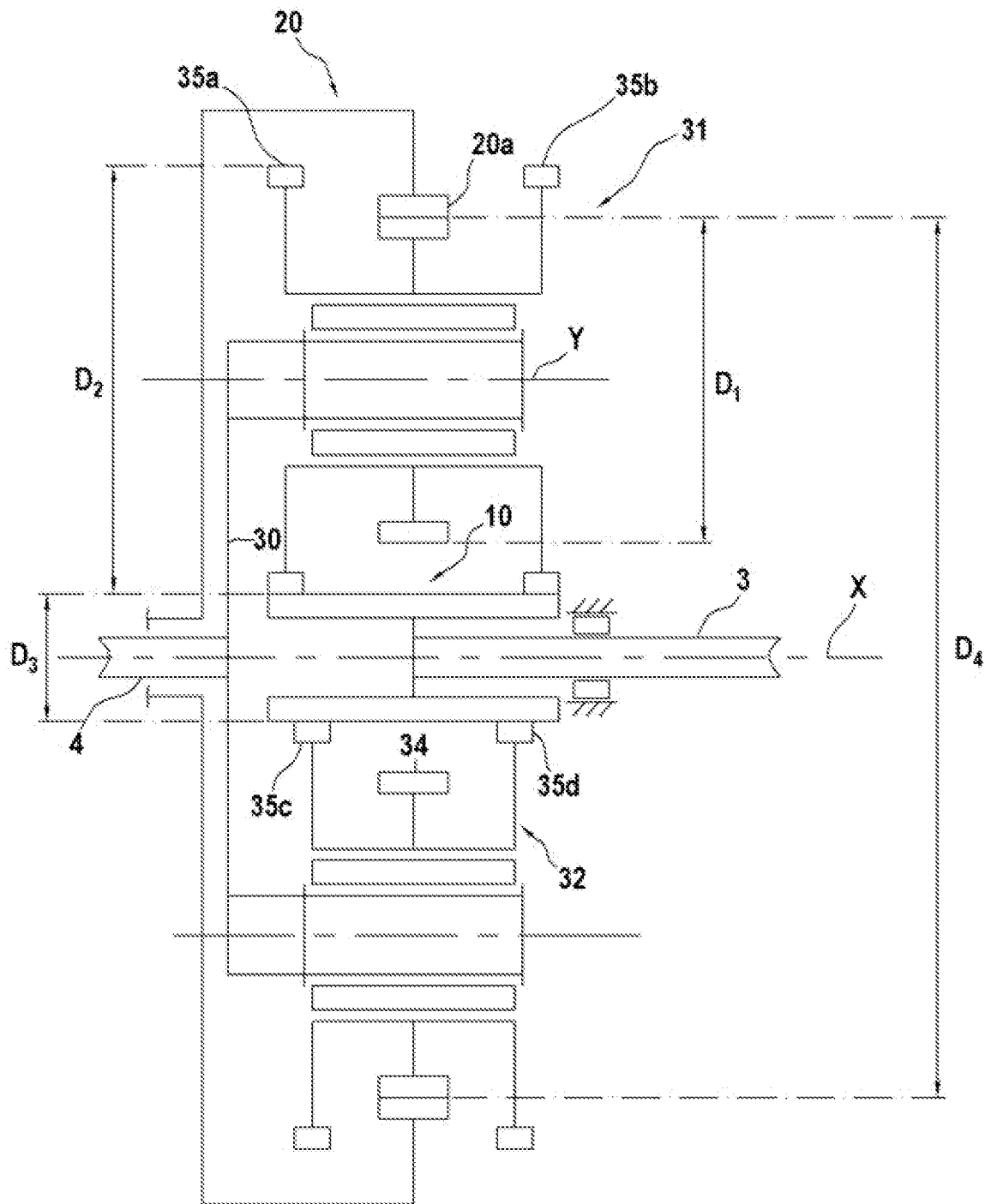
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

 N° d'enregistrement
 national

FA 906737
FR 2205685

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	DE 10 2017 120336 B3 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 27 septembre 2018 (2018-09-27) * figure 1 * -----	1-12	F16H1/28
A	US 2021/310417 A1 (HRUBEC JURAJ [CZ] ET AL) 7 octobre 2021 (2021-10-07) * figure 17 * -----	1-12	
A	CN 201 787 001 U (YOUXIN LI) 6 avril 2011 (2011-04-06) * figures 1, 2 * -----	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F16H F02K F02C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 janvier 2023		Gubovits, János	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention 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. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2205685 FA 906737**

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
DE 102017120336 B3	27-09-2018	AUCUN	
US 2021310417 A1	07-10-2021	CN 113217582 A	06-08-2021
		IT 202000002272 A1	05-08-2021
		US 2021310417 A1	07-10-2021
CN 201787001 U	06-04-2011	AUCUN	