

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 128 263**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **21 10903**

⑤① Int Cl⁸ : **F 16 H 1/32** (2020.12), B 62 M 6/55, B 62 M 21/00,
B 60 K 1/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Motoréducteur et cycle associé.

②② Date de dépôt : 14.10.21.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.04.23 Bulletin 23/16.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 22.09.23 Bulletin 23/38.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *MAVIC GROUP SASU — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *MERCAT Jean-Pierre.*

⑦③ Titulaire(s) : *MAVIC GROUP SASU.*

⑦④ Mandataire(s) : *INNOVINCIA.*

FR 3 128 263 - B1



Description

Titre de l'invention : Motoréducteur et cycle associé

Domaine technique de l'invention

- [0001] L'invention concerne un motoréducteur, notamment pour cycle ainsi qu'un cycle équipé d'un tel motoréducteur pour fournir une assistance électrique au pédalage.
- [0002] Les utilisateurs de cycle à assistance électrique recherchent de plus en plus des moteurs d'assistance très légers et compacts afin de se rapprocher de l'esthétique et des sensations des vélos traditionnels non assistés. Également des moteurs d'assistance très silencieux sont recherchés afin de ne pas gêner les cyclistes en quête d'un moment de détente en toute quiétude.
- [0003] Les réducteurs de type cycloïdal ou épicycloïdal permettent d'obtenir d'importants rapports de réduction dans un faible encombrement.
- [0004] Les arbres d'entrée et de sortie de la plupart de ces réducteurs sont pleins. Certains de ces réducteurs permettent cependant de transmettre un mouvement de rotation entre un arbre d'entrée creux et une bride de sortie creuse coaxiale, l'orifice central permettant le passage d'un axe, tel qu'un axe de pédalier ou un axe de roue.
- [0005] Le document FR3091516 montre un exemple d'un tel réducteur pour cycle.
- [0006] Un mode de réalisation de l'art antérieur décrit dans ce document est schématiquement illustré sur la [Fig.12]. On distingue sur ce schéma l'axe central 103 du pédalier sur lequel sont encastrés deux bras de manivelle 104 transmettant l'effort que le cycliste exerce sur les pédales. Le plateau 105 permet l'engrènement de la chaîne qui transfère la puissance motrice créée par le cycliste et le moteur 3 d'assistance à la roue arrière. L'axe central 103 du pédalier est supporté en rotation par deux roulements 108 situés aux deux extrémités du carter 7.
- [0007] Le réducteur de l'art antérieur comporte plusieurs pignons satellites 12, 13 montés sur des cames excentriques 14 de l'arbre 5 d'entrée via des roulements à billes. Ces pignons satellites 12, 13 s'engrènent sur une couronne dentée 10 du réducteur. Dans une configuration possible, les pignons satellites 12, 13 sont traversés par des axes de sortie d'un porte-satellite 11 formant la sortie du réducteur. L'arbre 5 d'entrée du réducteur est monté en pivot relativement à l'axe central 103 du pédalier, par deux roulements à billes 109 situés aux deux extrémités de cet arbre 5.
- [0008] Un inconvénient de ces réducteurs est qu'ils sont soumis à des efforts radiaux importants qui s'exercent notamment sur les pignons satellites du fait du couple élevé de sortie. L'utilisation de plusieurs pignons satellites déphasés en rotation permet de compenser les efforts exercés. Cependant, cette compensation des contraintes peut ne pas être parfaitement équilibrée.
- [0009] Un premier problème est que le moindre écart de positionnement des pièces les unes

par rapport aux autres peut provoquer un point dur ou blocage. Or en utilisation, lorsque le motoréducteur est monté sur l'axe de pédalier notamment, l'effort de pédalage ainsi que la tension de la chaîne de transmission, entraînent une charge très élevée sur les roulements supportant le pédalier, pouvant provoquer un déplacement radial du centre du réducteur de plusieurs dizaines de microns. De plus le capteur d'effort intégré permettant de déterminer le couple du cycliste va également se déformer sous l'effet de la tension de chaîne ajoutant ainsi un déplacement radial de plusieurs dizaines de microns. Ce déplacement radial résultant peut créer de nombreux points durs notamment du fait de la liaison du motoréducteur à l'axe de pédalier par deux roulements à billes. Même si un léger mouvement des pignons satellites est autorisé, les frottements générés entre les pignons et la couronne peuvent fortement dégrader le rendement du réducteur. Ce défaut de coaxialité peut également engendrer un bruit important et des sensations de vibrations dans le pédalage.

[0010] Ainsi en référence à la [Fig.12] de l'art antérieur, sous l'effet des différentes charges appliquées sur l'axe central 103 du pédalier, notamment de par la tension de la chaîne et les efforts que le cycliste va appliquer sur chacune des pédales, l'axe central 103 de pédalier ainsi que les deux roulements à billes 108 qui le supportent vont se déformer et induire des déplacements radiaux le long de cet axe central 103 de pédalier.

[0011] La déformation de l'axe central 103 du pédalier en fonctionnement sous charge déplace radialement les centres respectifs des deux roulements à billes 109 de l'arbre 5 qui entraînent avec eux l'arbre 5 dans un mouvement de rotation plus ou moins excentré par rapport à l'axe fixe d'un logement cylindrique du carter 7. Sachant que les pignons satellites 12 et 13 pivotent autour de leur excentrique respectif 14 eux-mêmes liés à l'arbre 5, toutes ces pièces suivent les déplacements radiaux imposés par la déformation de l'axe central 103 du pédalier. Or les pignons satellites 12, 13 s'engrènent dans la couronne dentée 10 qui est centrée par rapport à l'axe fixe du carter 7. De fait, le moindre défaut de placement radial de chacun des pignons 12, 13 peut alors engendrer des points durs, des défauts d'engrènement, de gros efforts radiaux parasites responsables de pertes de rendement et générateurs de vibrations et de bruit, et cela même si ces déplacements radiaux sont seulement de l'ordre de quelques dizaines de micromètres.

[0012] Un deuxième problème est que, lorsque le couple transmis par chacun des pignons satellites est mal réparti entre les pignons, les efforts radiaux générés par les contacts de denture ne peuvent être bien équilibrés, ce qui peut générer des efforts radiaux parasites sur les roulements permettant de centrer le rotor. Ces roulements tournant très vite génèrent alors des pertes de rendement non négligeables, pouvant causer par là même un échauffement du rotor et un accroissement des vibrations et du bruit émis par le motoréducteur.

- [0013] La dissymétrie du couple transmis par les pignons satellites peut provenir de différentes origines.
- [0014] Premièrement, elle peut provenir des déplacements radiaux évoqués ci-dessus et des tolérances de réalisation des pignons et de la denture. En effet le montage des pignons satellites transmettant le couple de manière parallèle est hyperstatique et en théorie, si tout était infiniment rigide seul un des pignons transmettrait (au moins momentanément) du couple et c'est seulement grâce à la souplesse des pièces et des contacts que le couple se répartirait entre les pignons. Ainsi plus la précision de réalisation des pièces est importante, meilleure est la répartition de couple. Cette précision a cependant des limites technologiques et économiques.
- [0015] Deuxièmement, la dissymétrie du couple transmis peut provenir de la dissymétrie des valeurs d'excentrique. Il est en effet nécessaire que les excentriques des pignons satellites soient parfaitement symétriques. Cette valeur d'excentrique étant faible, généralement de l'ordre de 0,7mm, un écart d'excentrique minime de seulement 7µm engendre un écart relatif de 1%, pouvant engendrer des dissymétries importantes de par l'hyperstatisme du montage.
- [0016] Troisièmement, la dissymétrie du couple transmis peut provenir de la dissymétrie du montage des pignons satellites. En effet, le porte-satellite du réducteur comporte deux flasques recevant chacun six roulements à billes disposés à chacune des extrémités des axes du réducteur. Ces deux flasques sont reliés entre eux par l'intermédiaire de six entretoises traversant les pignons au travers de six trous ayant suffisamment de jeu pour ne jamais rentrer en contact avec les entretoises. Ces entretoises sont encastrées dans chacun des flasques par le serrage de six vis traversant les entretoises et reliant les deux flasques. Dans la première configuration décrite plus haut dans laquelle le porte-satellite forme la sortie du réducteur et dans le cas où le motoréducteur est monté dans le boîtier de pédalier, le couple de sortie du réducteur est transmis au pédalier par l'intermédiaire d'une roue libre permettant de transmettre le couple d'assistance. Ainsi le flasque ne transmet qu'un couple pur tout en étant parfaitement libre radialement pour libérer ces deux degrés de liberté. Sachant que le couple de sortie du réducteur n'est transmis que par le flasque en liaison avec l'accouplement en rotation, l'autre flasque reçoit un couple des roulements qu'il va directement transférer aux entretoises. Ainsi le pignon qui se trouve de ce côté transmettra la majorité de son couple par le biais de ces entretoises alors que le pignon situé du côté du flasque en liaison avec l'accouplement transmettra lui la majorité de son couple directement au flasque en liaison avec l'accouplement. Or la transmission du couple provoque une déformation des pièces et notamment des entretoises. Cette déformation a ainsi tendance à retarder le pignon transmettant indirectement son couple relativement à l'autre qui transmet directement son couple, ainsi le ratio de couple entre les deux pignons se déséquilibre in-

évitement, ce qui entraîne une surcharge radiale des roulements permettant de centrer le rotor et tend à dégrader le rendement et le fonctionnement du réducteur.

[0017] Ces mêmes problèmes d'hyperstatisme sont également présents dans le cas où le motoréducteur est monté sur l'axe de roue.

[0018] Également, ces mêmes problèmes peuvent se rencontrer pour d'autres appareils utilisant des dispositifs d'assistance électrique comme par exemple des dispositifs d'assistance électrique d'exosquelettes, de matériel électroportatif ou pour des bras de robotisation où le bruit de fonctionnement et la compacité sont des critères importants.

Résumé de l'invention

[0019] Un but de la présente invention est de remédier au moins partiellement aux inconvénients précités. En particulier, un des objectifs de l'invention est de rendre la réalisation du motoréducteur plus silencieuse en fonctionnement et plus tolérante aux défauts de fabrication afin de faciliter sa réalisation et de réduire également son coût de fabrication. Un autre objectif de la présente invention est de proposer un motoréducteur particulièrement léger.

[0020] A cet effet, l'invention a pour objet un motoréducteur d'un dispositif d'assistance électrique, notamment pour cycle, comprenant un réducteur et un moteur électrique configurés pour pouvoir être montés coaxialement sur un axe central, tel qu'un axe central rotatif ou un axe central fixe, le moteur électrique comportant un stator et un rotor solidaire en rotation d'un arbre formant l'entrée du réducteur, le réducteur comprenant une couronne dentée solidaire du stator, un porte-satellite monté pivotant via au moins un roulement de flasque autour de l'arbre, le porte-satellite formant la sortie du réducteur, au moins deux pignons satellites montés d'une part, sur des cames excentriques respectives via un roulement respectif, les cames excentriques étant solidaires de l'arbre, les pignons satellites s'engrenant sur la couronne dentée en étant déphasés en rotation, caractérisé en ce que le motoréducteur comporte en outre un roulement de rotor configuré pour centrer une première extrémité de l'arbre sur un axe fixe du motoréducteur et un dispositif de roulements comportant des éléments roulants déformables, le dispositif de roulements étant interposé entre le porte-satellite et un logement cylindrique solidaire du stator, pour le centrage de l'arbre dans le logement cylindrique à une deuxième extrémité.

[0021] L'arbre solidaire en rotation du rotor du moteur électrique tourne sur le roulement de rotor placé à une de ses extrémités alors que l'autre extrémité est laissée « libre ou flottante » pour s'auto-centrer sous la poussée radiale opposée des pignons satellites. Ainsi cette deuxième extrémité se positionne d'elle-même radialement lorsqu'un couple de transmission significatif est transmis.

[0022] En revanche, dans les phases de fonctionnement à vide, c'est à dire lorsqu'aucun

couple de transmission n'est transmis ou pour les faibles couples, la deuxième extrémité du réducteur est autocentrée par les éléments roulants déformables.

- [0023] Le centrage de la deuxième extrémité par les éléments roulants déformables en cas de faibles couples permet d'éviter que les pignons satellites naviguent ou plutôt battent dans leur jeu fonctionnel, ce qui pourrait occasionner alors un bruit désagréable, en effet en leur absence le réducteur ne pourrait se prépositionner de manière convenable par lui-même, ce qui pourrait également endommager les dentures.
- [0024] L'autocentrage de l'arbre par les éléments roulants déformables permet qu'il ne soit plus guidé radialement de manière rigide à sa deuxième extrémité du côté des pignons satellites par un roulement à billes comme dans l'art antérieur. On laisse cette deuxième extrémité s'auto-centrer jusqu'à l'équilibre des efforts radiaux générés par chacun des pignons satellites. Cet équilibre est rendu possible par la libération de deux degrés de liberté dans un mouvement plan sensiblement normal à l'axe de rotation du rotor.
- [0025] Par ailleurs, l'autocentrage des pignons satellites permet de mieux répartir le couple transmis par chacun des pignons. Cette meilleure répartition du couple permet de pouvoir réaliser un motoréducteur avec des précisions de réalisation moindres, ce qui facilite sa réalisation et réduit son coût de fabrication. Également, les cames excentriques des pignons satellites n'ont plus à être parfaitement déphasées entre elles. Ce type de défaut n'est plus problématique car l'arbre s'autocentre au milieu des cames excentriques sous l'équilibre des efforts radiaux des pignons. De plus, l'absence de guidage radial rigide du côté des pignons permet que les possibles dissymétries du couple transmis entre les pignons satellites ne puissent plus engendrer de surcharge radiale du roulement côté pignons à l'origine de bruit, pertes de rendement et augmentation de l'usure.
- [0026] Dans le cas où le motoréducteur est monté autour d'un axe central rotatif, par exemple dans un pédalier de cycle, le logement cylindrique est formé dans un carter. Le carter est fixe par rapport au bâti, c'est-à-dire par rapport au cadre dans le cas d'un cycle. L'axe fixe est l'axe du logement cylindrique du carter. Le dispositif de roulement est interposé entre le porte-satellite et le logement cylindrique du carter.
- [0027] Dans le cas où le motoréducteur est monté autour d'un axe central fixe, par exemple dans un moyeu, tel que d'une roue de cycle, l'axe central est fixe par rapport au bâti, c'est-à-dire par rapport au cadre dans le cas d'un cycle. L'axe fixe est alors l'axe central du moyeu. Le logement cylindrique est formé dans une cloche fixée à l'axe central et reçue dans le moyeu. Le dispositif de roulements est interposé entre le porte-satellite et une extrémité cylindrique de la cloche.
- [0028] Le motoréducteur peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques qui sont décrites ci-après, prises seules ou en combinaison.

- [0029] Dans le cas où le motoréducteur est monté autour d'un axe central rotatif, le logement cylindrique étant formé dans un carter, le roulement de rotor peut être interposé entre l'arbre et le stator du moteur électrique pour le centrage de l'arbre à la première extrémité du motoréducteur, l'arbre étant monté de manière indépendante de l'axe central, notamment avec un jeu radial suffisant pour éviter tout contact.
- [0030] Avec ce montage, le motoréducteur est totalement isolé de l'axe central. L'arbre est monté de manière indépendante de l'axe central et autocentré par les éléments roulants déformables. Cet autocentrage de l'arbre au milieu des pignons satellites permet de plus au motoréducteur de fonctionner sans être perturbé par le déplacement radial de l'axe central produit par l'effort de pédalage.
- [0031] Dans le cas où le motoréducteur est monté dans un moyeu, l'axe fixe étant formé par l'axe central du moyeu et le logement cylindrique étant formé dans une cloche fixée à l'axe central et reçue dans le moyeu, le roulement de rotor peut être destiné à être interposé entre l'arbre et l'axe central du moyeu pour le centrage de l'arbre sur l'axe fixe à la première extrémité du motoréducteur.
- [0032] Selon un exemple de réalisation, la cloche comprend un disque de liaison fixé à l'axe central, le dispositif de roulements étant interposé entre le porte-satellite et une extrémité cylindrique de la cloche.
- [0033] Selon un exemple de réalisation, la cloche est dimensionnée pour permettre une certaine souplesse en flexion au niveau de sa liaison avec l'axe central de sorte que son extrémité cylindrique, située dans la zone d'engrènement de la couronne dentée avec les pignons satellites, ait une certaine souplesse radiale afin de permettre un auto-centrage de la couronne dentée par rapport aux pignons satellites. La cloche s'autocentre par le dispositif de roulements autour du porte-satellite, lui-même en pivot par rapport à l'axe central du moyeu.
- [0034] Selon une alternative de réalisation, la cloche est fixée à l'axe central par une liaison de type joint de cardan. Cette réalisation permet de bloquer les translations dans les trois directions et permet également d'assurer le blocage de la rotation suivant l'axe central (pour reprendre le couple d'assistance) tout en libérant les deux autres rotations afin de permettre à l'extrémité cylindrique de la cloche de pouvoir s'autocentrer radialement.
- [0035] Selon un exemple de réalisation, le motoréducteur comporte un roulement supplémentaire interposé entre le porte-satellite et le moyeu. Ce roulement permet de centrer la sortie du réducteur dans le moyeu et ainsi d'éviter l'utilisation d'un joint d'Oldham.
- [0036] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants déformables sont montés pré-contraints radialement. Ainsi, le palier n'a pas de jeu radial initial. Cette précontrainte ne doit pas pour autant gêner l'auto-centrage par les pignons satellites en cas de couples importants. Les éléments roulants déformables sont donc déformables dans le

domaine élastique et il est nécessaire qu'ils conservent bien leurs propriétés élastiques, notamment dans la durée et dans toute la gamme de température d'utilisation (en évitant tout phénomène de relaxation de contrainte et/ou de fluage).

- [0037] De préférence, les éléments roulants déformables ont une précontrainte radiale suffisante pour que dans tous les cas extrêmes de jeu maxi entre le porte-satellite, les éléments roulants déformables et le logement cylindrique, le diamètre nominal des éléments roulants déformables soit tel qu'il n'y ait pas de jeu radial. Dans ce cas, les éléments roulants déformables doivent avoir suffisamment d'élasticité radiale afin d'accepter la déformation radiale imposée cette fois par le montage de serrage à laquelle se superpose en plus la course radiale nécessaire à l'auto-centrage.
- [0038] Il est toutefois possible de tolérer un jeu radial limité, c'est-à-dire sans précontrainte initiale des éléments roulants déformables, pour limiter l'amplitude du potentiel battement radial des pignons satellites dans la couronne dentée mais ce jeu doit être alors inférieur au jeu fonctionnel radial des pignons satellites dans la couronne dentée.
- [0039] Le dispositif de roulements comporte par exemple entre dix et cinquante éléments roulants déformables. L'augmentation du nombre d'éléments roulants déformables permet d'augmenter la rigidité radiale initiale du réducteur sans perte de couple.
- [0040] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants déformables sont formés par une série de galets tubulaires disposés en cercle avec des axes respectifs parallèles entre eux. Les galets tubulaires (ou rouleaux ou tubes), sont des pièces cylindriques, c'est-à-dire creuses, ce qui permet d'augmenter leur souplesse radiale à l'écrasement et ce qui permet de réduire les contraintes lorsqu'ils subissent une ovalisation de quelques centièmes de mm.
- [0041] Les galets tubulaires sont par exemple dimensionnés pour permettre un déplacement radial compris entre 0,02mm et 0,15mm sans risque d'endommagements en fatigue sur toute la durée de vie du motoréducteur.
- [0042] Lorsque le réducteur transmet un couple sous charge, les galets tubulaires doivent être suffisamment souples radialement afin de ne pas s'opposer à l'auto-centrage des pignons satellites du réducteur de sorte qu'ils puissent trouver leur équilibre radial sans trop de contraintes. La rigidité radiale des galets tubulaires doit être suffisante pour que les éléments roulants déformables puissent se déformer pour permettre un certain déplacement du réducteur tout en étant assez rigide pour pouvoir centrer le réducteur.
- [0043] En fonctionnement, les galets tubulaires tournent sur eux-mêmes comme un roulement à billes ou à rouleaux. Cette rotation fait travailler les parois tubulaires des galets en flexion rotative car les parois tubulaires se déforment alternativement en traction puis en compression, le galet tubulaire doit donc être dimensionné pour résister de préférence en fatigue illimitée.
- [0044] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants déformables sont réalisés en

matériau polymère, comme en matériau thermoplastique, tel qu'en matériau PEEK ou PAI. De nombreux matériaux polymères, et plus particulièrement les matériaux thermoplastiques PEEK ou PAI, permettent de conserver leurs propriétés à haute température et ne sont pas sensibles au fluage. Ils peuvent résister aux contraintes mécaniques et de température sans perdre de leur élasticité. Or, l'échauffement généré par les pertes du moteur électrique et du réducteur peuvent nécessiter que le motoréducteur fonctionne à haute température (jusqu'à 90°C). La résistance au fluage et/ou la relaxation de contraintes permet que, lorsque les éléments roulants déformables restent statiques pendant une longue période, ils ne viennent pas à s'ovaliser et générer un couple s'opposant à leur redémarrage. Les matériaux PEEK ou PAI permettent donc de conserver une précontrainte très stable au cours du temps.

- [0045] Les matériaux PEEK ou PAI ont de plus des propriétés d'hystérèse mécanique particulièrement faibles qui font que la déperdition d'énergie, liée à leur déformation cyclique et au roulement des éléments roulants déformables, est négligeable, ce qui assure ainsi une liaison sans frottement significatif.
- [0046] De nombreux matériaux thermoplastiques dont le PEEK ou PAI ou POM ont également de très bonnes propriétés tribologiques qui font que les éléments roulants déformables peuvent rouler directement sur un chemin de roulement par exemple en alliage d'aluminium, sans revêtement de surface. Il est alors possible d'usiner le chemin de roulement par une simple opération de tournage, directement dans un flasque du porte-satellite ou dans le logement cylindrique du carter, ce qui rend cette fonction de guidage en rotation très simple à réaliser et économique.
- [0047] Plus généralement, des éléments roulants déformables réalisés sous la forme de galets tubulaires en matériau polymère sont extrêmement légers relativement à des billes ou galets pleins en acier, puisque leur masse volumique est environ six fois plus faible que l'acier et qu'ils sont creux au lieu d'être pleins.
- [0048] Selon un autre exemple de réalisation, les éléments roulants déformables sont des galets tubulaires métalliques. Les parois tubulaires sont alors plus fines car les modules d'élasticité sont nettement plus élevés qu'avec des matériaux polymères. Ces éléments roulants déformables sont par exemple en alliage de cuivre (laiton ou bronze) ou en alliage d'aluminium ou en alliage de titane ou en acier. Cependant, on prévoit alors de préférence des revêtements ou traitements de surface des chemins de roulements et/ou des éléments roulants déformables et une lubrification pour éviter tout problème d'usure par corrosion de contact (« fretting corrosion » en anglais) liés aux interfaces de contact métal-métal.
- [0049] Selon un exemple de réalisation, le dispositif de roulements comporte une série d'éléments roulants déformables, par exemple des galets tubulaires, disposés les uns à côté des autres, tous identiques.

- [0050] Selon un autre exemple de réalisation, le dispositif de roulements comporte deux types d'éléments roulants alternés, les éléments roulants déformables décrits précédemment et des éléments roulants additionnels de rigidité diamétrale supérieure aux éléments roulants déformables et de diamètre plus petit que les éléments roulants déformables, les éléments roulants déformables et les éléments roulants additionnels étant disposés en alternance le long d'un chemin de roulement.
- [0051] Les éléments roulants déformables et les éléments roulants additionnels sont régulièrement alternés, les uns entre les autres, un élément roulant additionnel sur deux étant plus rigide diamétralement et de diamètre plus petit que l'autre élément roulant déformable. Ainsi entre deux éléments roulants déformables, il y a toujours un élément roulant additionnel plus petit et plus rigide. Lorsque deux éléments roulants déformables tendent à se rapprocher l'un de l'autre ils viennent en appui contre un élément roulant additionnel plus petit et plus rigide intercalé, qui assure un roulement sans glissement avec les éléments roulants déformables adjacents en tournant librement à contre sens. Les éléments roulants additionnels permettent ainsi de réduire les frottements mais aussi le bruit et limitent les déplacements radiaux pour éviter l'endommagement des éléments roulants déformables.
- [0052] Comme dans le premier exemple de réalisation, les éléments roulants déformables centrent l'arbre dans le logement cylindrique. Cependant, dans ce deuxième mode de réalisation, la raideur radiale initiale est deux fois plus souple (car un seul élément roulant sur deux est en contact) et les éléments roulants additionnels permettent d'éviter tout frottement entre les éléments roulants déformables, en tournant en contresens empêchant ceux-ci de se percuter. De plus, en cas de surcharge ou de dysfonctionnement momentané imposant une composante radiale importante, les éléments roulants additionnels permettent de soulager les éléments roulants déformables en limitant le déplacement radial pour éviter leur endommagement.
- [0053] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants additionnels sont réalisés dans un premier matériau polymère ou thermoplastique, tel qu'en matériau POM, les éléments roulants déformables étant réalisés dans un deuxième matériau polymère ou thermoplastique, tel qu'en matériau PEEK ou PAI. Alternner un galet tubulaire en matériau PEEK ou PAI sur deux par un galet tubulaire en matériau polymère ou thermoplastique tel que POM (ou Delrin®) rend le motoréducteur plus économique car le Delrin® est une matière beaucoup moins onéreuse que le PEEK, ce qui permet ainsi de réduire aussi le coût global du motoréducteur.
- [0054] L'écart de diamètres entre les éléments roulants déformables et les éléments roulants additionnels tubulaires est par exemple compris entre 1% et 5%.
- [0055] Les éléments roulants additionnels ont un diamètre extérieur inférieur à celui des éléments roulants déformables afin de leur assurer un jeu radial par exemple compris

entre un centième et deux dixièmes de mm une fois assemblés.

- [0056] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants déformables et les éléments roulants additionnels sont des galets tubulaires.
- [0057] Les éléments roulants additionnels tubulaires présentent par exemple une épaisseur de paroi tubulaire supérieure à celle des éléments roulants déformables tubulaires. En effet, la raideur augmente très vite avec l'épaisseur de paroi tubulaire du galet.
- [0058] L'écart d'épaisseur de paroi tubulaire entre les galets tubulaires des éléments roulants déformables et des éléments roulants additionnels est par exemple compris entre 250% et 350%.
- [0059] Les éléments roulants additionnels peuvent aussi être des galets pleins.
- [0060] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants additionnels formés par des galets pleins comportent respectivement une âme centrale notamment pour faciliter leur injection. L'âme centrale présente par exemple une section en forme de « I » (ou « un » en chiffre romain).
- [0061] Le réducteur comporte par exemple deux pignons satellites déphasés en rotation de 180° ou trois pignons satellites déphasés les uns des autres de 120°.
- [0062] Selon un exemple de réalisation, le porte-satellite comporte un premier flasque et un deuxième flasque reliés entre eux par une série d'entretoises, par exemple six entretoises. Ces entretoises sont fixées dans chacun des flasques. Les pignons satellites sont axialement interposés entre les flasques, le porte-satellite formant ainsi une cage pour les pignons satellites.
- [0063] Le réducteur comporte par exemple un premier roulement de flasque interposé entre le premier flasque du porte-satellite et l'arbre, pour centrer le premier flasque, et un deuxième roulement de flasque interposé entre le deuxième flasque du porte-satellite et l'arbre pour centrer le deuxième flasque.
- [0064] L'invention a également pour objet tout appareil comprenant un dispositif d'assistance électrique comportant un motoréducteur tel que décrit précédemment, comme un exosquelette, un dispositif électroportatif ou un bras de robotisation.
- [0065] En particulier, l'invention a aussi pour objet un cycle comprenant un dispositif d'assistance électrique caractérisé en ce que le dispositif d'assistance électrique comporte un motoréducteur tel que décrit précédemment, configuré pour être monté dans un pédalier du cycle, sur un axe central du pédalier ou dans un moyeu du cycle, sur l'axe central d'une roue de cycle.
- [0066] Le principe reste sensiblement le même que le motoréducteur soit monté sur un axe central rotatif ou sur un axe central fixe. L'arbre est centré à la première extrémité (extrémité menante (côté moteur)) par un roulement unique (le roulement de rotor) et à sa deuxième extrémité (extrémité menée) par le dispositif de roulements.

Brève description des figures

- [0067] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention, mais nullement limitatif, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :
- [0068] [Fig.1] La [Fig.1] montre un dispositif d'assistance électrique comprenant un motoréducteur monté dans un pédalier d'un cycle.
- [0069] [Fig.2] La [Fig.2] montre une vue en perspective du pédalier de la [Fig.1].
- [0070] [Fig.3] La [Fig.3] montre une vue en coupe selon deux plans radiaux distincts d'un motoréducteur selon un premier mode de réalisation du dispositif d'assistance électrique de la [Fig.1].
- [0071] [Fig.4] La [Fig.4] montre une première vue en coupe transversale du motoréducteur de la [Fig.3] au niveau d'un pignon satellite.
- [0072] [Fig.5] La [Fig.5] montre une deuxième vue en coupe transversale du motoréducteur de la [Fig.3] au niveau d'un dispositif de roulements.
- [0073] [Fig.6] La [Fig.6] est une représentation schématique du motoréducteur de la [Fig.3].
- [0074] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue en coupe axiale d'un motoréducteur selon un deuxième mode de réalisation.
- [0075] [Fig.8] La [Fig.8] montre une vue en coupe transversale A-A du motoréducteur de la [Fig.7].
- [0076] [Fig.9] La [Fig.9] montre une vue agrandie d'un détail de la [Fig.9].
- [0077] [Fig.10] La [Fig.10] montre une vue en coupe axiale d'un motoréducteur selon le deuxième mode de réalisation, monté dans un moyeu arrière du cycle.
- [0078] [Fig.11] La [Fig.11] montre une vue en coupe transversale du motoréducteur de la [Fig.10] au niveau du dispositif de roulements.
- [0079] [Fig.12] La [Fig.12] est une représentation schématique d'un motoréducteur de l'art antérieur.

Description détaillée

- [0080] Les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, ceci ne signifie pas nécessairement que chaque référence concerne le même mode de réalisation, ou que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées ou interchangées pour fournir d'autres réalisations.
- [0081] La [Fig.1] montre un cadre 100 d'un cycle comprenant un dispositif d'assistance électrique 101.
- [0082] Le dispositif d'assistance électrique 101 comporte un motoréducteur 1 monté dans un pédalier 102 du cycle, sur l'axe central 103 du pédalier, dans un logement du cadre 100

(figures 1 et 2).

- [0083] De manière connue en soi, l'axe central 103 du pédalier, rotatif, est relié aux pédales (non représentées) via deux manivelles 104. Le pédalier 102 comprend également au moins un plateau denté 105, ici deux, fixé(s) à la base d'une des manivelles 104 et configuré(s) pour entraîner la chaîne entraînant la roue arrière du cycle.
- [0084] Mieux visible sur la vue en coupe axiale de la [Fig.3], le motoréducteur 1 comprend un réducteur 2 et un moteur électrique 3 configurés pour pouvoir être montés co-axialement sur l'axe central 103.
- [0085] Le moteur électrique 3 comporte un rotor 4 solidaire en rotation d'un arbre 5, et un stator 6 fixé dans un carter 7 du motoréducteur 1, le carter 7 étant lui-même reçu et fixé dans le cadre 100.
- [0086] Dans ce cas où le motoréducteur 1 est monté autour de l'axe central 103 rotatif, le logement cylindrique est formé dans le carter 7. Le carter 7 est fixe par rapport au bâti, c'est-à-dire par rapport au cadre 100 du cycle. L'axe fixe est l'axe du logement cylindrique du carter 7.
- [0087] Le moteur électrique 3 est par exemple un moteur sans balais (« brushless » en anglais), le rotor 4 comprenant des aimants permanents tournant à l'intérieur du stator 6 comprenant des bobinages, par exemple triphasés. Les aimants permanents du rotor 4 sont fixés sur l'arbre 5. Des capteurs de position angulaire du rotor 4 et de l'axe central 103 du pédalier 102, permettent en outre le pilotage du moteur électrique 3.
- [0088] L'arbre 5 est tubulaire, c'est-à-dire creux, pour permettre le passage de l'axe central 103 relié ici aux manivelles 104. Il forme l'entrée du réducteur 2.
- [0089] Le réducteur 2 comprend une couronne dentée 10 solidaire du stator 6, un porte-satellite 11 monté pivotant via au moins un roulement de flasque 22, 23 autour de l'arbre 5, et au moins deux pignons satellites 12, 13 excentrés et situés sur deux plans parallèles. La couronne dentée 10 engrène dans deux plans différents les deux pignons satellites 12, 13 du côté intérieur de la couronne dentée 10. Le porte-satellite 11 forme la sortie du réducteur 2.
- [0090] Les pignons satellites 12, 13 sont montés d'une part, sur des cames excentriques 14 respectives via un roulement 15 respectif et sont d'autre part, traversés par au moins trois axes 16 du porte-satellite 11. Le réducteur 2 comporte par exemple six axes 16. Les cames excentriques 14 sont solidaires de l'arbre 5.
- [0091] Le réducteur 2 est de type cycloïdal, il permet de réduire la vitesse de l'arbre 5 avec un rapport relativement élevé dans des dimensions relativement compactes. L'arbre 5 entraîne les roulements 15 excentriques qui à leur tour entraînent les pignons satellites 12, 13 dans un mouvement cycloïdal excentrique.
- [0092] Les pignons satellites 12, 13 s'engrènent sur la couronne dentée 10 en étant déphasés en rotation. Les pignons satellites 12, 13 comportent des dents de forme cycloïdale

tronquée (ou une denture en développante de cercle), ici au nombre de 45, et la couronne dentée 10 comporte des dents, ici au nombre de 46, ayant des portions de cylindre coopérant avec la forme des pignons 12, 13. Ces dentures de forme cycloïdale tronquée sont visibles sur la [Fig.4]. Le réducteur 2 comporte par exemple deux pignons satellites 12, 13 déphasés en rotation de 180° ([Fig.3]) ou trois pignons satellites déphasés les uns des autres de 120° (non représentés). L'utilisation de plusieurs pignons satellites 12, 13 déphasés en rotation permet de compenser les efforts radiaux exercés notamment sur les pignons satellites 12, 13 du fait du couple élevé de sortie.

[0093] Selon un exemple de réalisation, le porte-satellite 11 comporte un premier flasque 17 et un deuxième flasque 18 reliés entre eux par une série d'entretoises 19 (au moins trois), par exemple six entretoises 19 (visibles sur la vue en coupe transversale de la [Fig.4]). Ces entretoises 19 sont fixées dans chacun des flasques 17, 18 par des vis 20 traversant les entretoises 19 (une vis 20 par entretoise 19) reliant les deux flasques 17, 18. Les pignons satellites 12, 13 sont axialement interposés entre les flasques 17, 18, le porte-satellite 11 formant ainsi une cage coaxiale à l'arbre 5 et à la couronne dentée 10 pour les pignons satellites 12, 13 excentrés par les cames excentriques 14.

[0094] Les entretoises 19 traversent les pignons satellites 12, 13 au travers d'ouvertures 21, ici six (autant d'ouvertures 21 que d'entretoises 19), par exemple cylindriques. Il y a suffisamment de jeu entre les entretoises 19 et les ouvertures 21 pour qu'ils n'entrent pas en contact les uns avec les autres. Les ouvertures 21 sont régulièrement formées sur un cercle dans les faces des pignons satellites 12, 13.

[0095] Le réducteur 2 comporte également au moins un roulement de flasque 22, 23 pour le centrage du porte-satellite 11 autour de l'arbre 5. Par exemple, le réducteur comporte un premier roulement de flasque 22 interposé entre le premier flasque 17 du porte-satellite 11 et l'arbre 5, pour centrer le premier flasque 17, et un deuxième roulement de flasque 23 interposé entre le deuxième flasque 18 du porte-satellite 11 et l'arbre 5 pour centrer le deuxième flasque 18 ([Fig.3]).

[0096] Le couple de sortie du réducteur 2 est transmis à l'axe central 103 du pédalier par l'intermédiaire d'un accouplement en rotation 24, par exemple un joint d'Oldham, permettant de transmettre le couple tout en tolérant un léger désaxage radial. Une roue libre 25 peut être interposée entre l'arbre de sortie 26 relié au plateau denté 105 du cycle et la sortie de l'accouplement en rotation 24, comme par exemple décrit dans le document FR3088696. La roue libre 25 permet notamment de désaccoupler le motoréducteur 1 en cas de vitesse trop élevée ou en cas de rétropédalage ou de recul ou lorsque le cycliste ne souhaite plus d'assistance.

[0097] La couronne dentée 10 est fixée au carter 7 du motoréducteur 1. Les dentures de la couronne 10 sont par exemple directement réalisées dans le carter 7. Les pignons 12, 13 sont engrenés sur la couronne dentée 10 « fixe ».

- [0098] Les axes 16 traversant les faces des pignons satellites 12, 13, transmettent la poussée exercée par les pignons satellites 12, 13 vers le porte-satellite 11 qui est l'organe de sortie du réducteur 2. Les axes 16 (ou axes de sortie), entraînent la sortie du réducteur 2 en rotation, coaxialement à l'arbre 5 lorsque les pignons satellites 12, 13 tournent. Le sens de rotation des pignons satellites 12, 13 et de la sortie est opposé à celui de l'arbre 5 et lorsque l'arbre 5 tourne d'un tour, les pignons satellites 12, 13 se décalent angulairement d'une dent dans l'autre sens, entraînant la sortie à une vitesse de rotation inférieure à la vitesse de rotation de l'arbre 5, ici quarante-cinq fois inférieure.
- [0099] Les axes 16 traversent tous les pignons satellites 12, 13. Chaque axe 16 est en contact avec un trou 31 de chaque pignon satellite 12, 13, soit deux trous 31 dans le cas d'un réducteur 2 à deux pignons satellites 12, 13. Les axes 16 étant cylindriques, les trous 31 doivent comporter au moins une portion cylindrique dans le sens transmettant le couple. Les trous 31 sont par exemples cylindriques.
- [0100] Le motoréducteur 1 peut en outre comporter une paire de roulements d'axe 33 par axe 16, un roulement d'axe 33 étant monté à chaque extrémité des axes 16 ([Fig.3]). Il y a ainsi douze petits roulements d'axe 33 reçus dans les flasques 17, 18 du porte-satellite 11 du motoréducteur 1 illustré. L'intérêt de ces roulements d'axe 33 est de minimiser les pertes de chacun des paliers des axes 16 lors de leur rotation sous charge. Les axes 16 roulent sans glisser dans les trous 31 de chacun des pignons satellites 12, 13 minimisant ainsi les pertes qui seraient dues au glissement sous charge.
- [0101] Les trous 31 des pignons satellites 12, 13 sont régulièrement ménagés dans les faces des pignons satellites 12, 13, sur un cercle, les trous 31 s'alternant avec les ouvertures 21 dans lesquels passent les entretoises 19 ([Fig.4]).
- [0102] Le motoréducteur 1 comporte en outre un roulement de rotor 34 configuré pour centrer une première extrémité de l'arbre 5, l'extrémité menante (côté moteur), sur un axe fixe du motoréducteur 1 et un dispositif de roulements 36 comportant des éléments roulants déformables 37, le dispositif de roulements 36 étant interposé entre le porte-satellite 11 et un logement cylindrique du carter 7, pour le centrage de l'arbre 5 dans le logement cylindrique, à une deuxième extrémité, l'extrémité menée (figures 3 et 6).
- [0103] Dans l'exemple des figures 1 à 6, les éléments roulants déformables 37 sont interposés entre le deuxième flasque 18 du porte-satellite 11 et le logement cylindrique du carter 7. Une portée recevant les éléments roulants déformables 37 peut être ménagée dans le porte-satellite 11, dans le deuxième flasque 18, ou dans le logement cylindrique du carter 7.
- [0104] L'arbre 5 solidaire en rotation du rotor 4 du moteur électrique 3 tourne sur le roulement de rotor 34 placé à une de ses extrémités, l'extrémité menante, alors que l'autre extrémité menée est laissée « libre ou flottante » pour s'auto-centrer sous la poussée radiale opposée des pignons satellites 12, 13 (voir la [Fig.6] schématique).

Ainsi cette deuxième extrémité se positionne d'elle-même radialement lorsqu'un couple de transmission significatif est transmis.

- [0105] En revanche, dans les phases de fonctionnement à vide, c'est à dire lorsqu'aucun couple de transmission n'est transmis ou pour les faibles couples, la deuxième extrémité menée du réducteur 2 est autocentrée par les éléments roulants déformables 37 élastiques.
- [0106] Le centrage de la deuxième extrémité par les éléments roulants déformables 37 en cas de faibles couples permet d'éviter que les pignons satellites 12, 13 naviguent ou plutôt battent dans leur jeu fonctionnel, ce qui pourrait occasionner alors un bruit désagréable, en effet en leur absence le réducteur 2 ne pourrait se prépositionner de manière convenable par lui-même, ce qui pourrait également endommager les dentures .
- [0107] L'autocentrage de l'arbre 5 par les éléments roulants déformables 37 permet qu'il ne soit plus guidé radialement de manière rigide à sa deuxième extrémité du côté des pignons satellites 12, 13 par un roulement à billes comme dans l'art antérieur ([Fig.12]). En revanche, dans l'invention illustrée schématiquement à la [Fig.6], on laisse cette deuxième extrémité s'auto-centrer jusqu'à l'équilibre des efforts radiaux générés par chacun des pignons satellites 12, 13. Cet équilibre est rendu possible par la libération de deux degrés de liberté dans un mouvement plan sensiblement normal à l'axe de rotation du rotor 4.
- [0108] Par ailleurs, l'autocentrage des pignons satellites 12, 13 permet de mieux répartir le couple transmis par chacun des pignons 12, 13. Cette meilleure répartition du couple permet de pouvoir réaliser un motoréducteur 1 avec des précisions de réalisation moindres, ce qui facilite sa réalisation et réduit son coût de fabrication. Également, les cames excentriques 14 des pignons satellites 12, 13 n'ont plus à être parfaitement déphasées entre elles. Ce type de défaut n'est plus du tout problématique car l'arbre 5 s'autocentre au milieu des cames excentriques 14 sous l'équilibre des efforts radiaux des pignons satellites 12, 13. De plus, l'absence de guidage radial rigide du côté des pignons 12, 13 permet que les possibles dissymétries du couple transmis entre les pignons satellites 12, 13 ne puissent plus engendrer de surcharge radiale du roulement côté pignons 12, 13 à l'origine de bruit, pertes de rendement et augmentation de l'usure.
- [0109] Il va de soi que pour permettre un petit déplacement plan des pignons 12, 13, il est nécessaire de prévoir un jeu de fonctionnement suffisant dans l'engrènement des pignons 12, 13 dans la couronne 10.
- [0110] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants déformables 37 sont montés précontraints radialement sur le chemin de roulement pour que le palier n'ait pas de jeu radial initial. Cette précontrainte ne doit pas pour autant gêner l'auto-centrage par les

pignons satellites 12, 13 en cas de couples importants. Les éléments roulants déformables 37 sont donc déformables dans le domaine élastique et il est nécessaire qu'ils conservent bien leurs propriétés élastiques, notamment dans la durée et dans toute la gamme de température d'utilisation (en évitant tout phénomène de relaxation de contrainte et/ou de fluage).

[0111] De préférence, les éléments roulants déformables 37 ont une précontrainte radiale suffisante pour que dans tous les cas extrêmes de jeu maxi entre le porte-satellite 12, 13, les éléments roulants déformables 37 et le logement cylindrique, le diamètre nominal des éléments roulants déformables 37 soit tel qu'il n'y ait pas de jeu radial. Dans ce cas, les éléments roulants déformables 37 doivent avoir suffisamment d'élasticité radiale afin d'accepter la déformation radiale imposée cette fois par le montage de serrage à laquelle se superpose en plus la course radiale nécessaire à l'auto-centrage.

[0112] Il est toutefois possible de tolérer un jeu radial limité, c'est-à-dire sans précontrainte initiale des éléments roulants déformables 37, pour limiter l'amplitude du potentiel battement radial des pignons satellites 12, 13 dans la couronne dentée 10 mais ce jeu doit être alors inférieur au jeu fonctionnel radial des pignons satellites 12, 13 dans la couronne dentée 10.

[0113] Dans l'exemple des figures 1 à 6 où le motoréducteur 1 est monté dans le pédalier 102 du cycle et le stator 6 du moteur électrique 3 est fixé au carter 7 reçu dans le pédalier 102, le roulement de rotor 34 est interposé entre l'arbre 5 et le stator 6 du moteur électrique 3 pour le centrage de l'arbre 5 à la première extrémité menante du motoréducteur 1, l'arbre 5 étant monté de manière indépendante de l'axe central 103, notamment avec un jeu radial suffisant pour éviter tout contact ([Fig.3] et [Fig.6] schématique).

[0114] Avec ce montage, le motoréducteur 1 est totalement isolé de l'axe central 103. L'arbre 5 monté de manière indépendante de l'axe central 103 est autocentré par les éléments roulants déformables 37.

[0115] Comme on peut mieux le voir sur la [Fig.6] schématique, l'arbre 5 est guidé uniquement à la première extrémité motrice par le roulement de rotor 34 centré dans le stator 6 du moteur électrique 3, les pignons satellites 12 et 13 étant montés en pivot sur leurs cames excentriques 14 respectives et s'engrenant dans la couronne dentée 10 liée au carter 7 (sur ce schéma les éléments roulants déformables ne sont pas représentés pour faciliter la compréhension). Ainsi les pignons satellites 12, 13 s'autocentrent sous l'effet de l'équilibre des efforts radiaux engendrés par la poussée de leur denture respective lors de la transmission de couple. Le porte-satellite 11 qui est lui aussi centré sur l'arbre 5, transmet le couple de sortie à l'axe central 103 du pédalier 103 par le biais de l'accouplement en rotation 24, par exemple de type Oldham (schématisé de

manière simpliste sur la [Fig.6] pour illustrer qu'un déplacement radial est possible entre le porte-satellite 11 et l'axe central 103 du pédalier). Cet auto-centrage de l'arbre 5 au milieu des pignons satellites 12, 13 permet au motoréducteur 1 de fonctionner sans être perturbé par le déplacement radial de l'axe central 103 produit par l'effort de pédalage.

- [0116] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants déformables 37 sont formés par une série de galets tubulaires disposés en cercle avec des axes respectifs parallèles entre eux et à un axe de l'arbre 5 ([Fig.5]). Les galets tubulaires (ou rouleaux ou tubes), sont des pièces cylindriques, c'est-à-dire creuses, ce qui permet d'augmenter leurs souplesses radiales à l'écrasement et permet de réduire les contraintes lorsqu'ils subissent une ovalisation de quelques centièmes de mm.
- [0117] Les galets tubulaires sont par exemple dimensionnés pour permettre un déplacement radial compris entre 0,02mm et 0,15mm sans risque d'endommagements en fatigue sur toute la durée de vie du motoréducteur 1.
- [0118] Lorsque le réducteur 2 transmet un couple sous charge, les galets tubulaires doivent être suffisamment souples radialement afin de ne pas s'opposer à l'auto-centrage des pignons satellites 12, 13 du réducteur 2 de sorte qu'ils puissent trouver leur équilibre radial sans trop de contraintes. La rigidité radiale des galets tubulaires doit être suffisante pour que les éléments roulants déformables 37 puissent se déformer pour permettre un certain déplacement du réducteur 2 tout en étant assez rigide pour pouvoir centrer le réducteur 2.
- [0119] En fonctionnement, les galets tubulaires tournent sur eux-mêmes comme un roulement à billes ou à rouleaux. Cette rotation fait travailler les parois tubulaires des galets en flexion rotative car les parois tubulaires se déforment alternativement en traction puis en compression, le galet tubulaire doit donc être dimensionné pour résister de préférence en fatigue illimitée.
- [0120] Le dispositif de roulements 36 comporte par exemple entre dix et cinquante éléments roulants déformables 37. L'augmentation du nombre d'éléments roulants déformables 37 permet d'augmenter la rigidité radiale initiale du réducteur 2 sans perte de couple.
- [0121] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants déformables 37 sont réalisés en matériau polymère, comme en matériau thermoplastique, tel qu'en matériau PEEK ou PAI.
- [0122] De nombreux matériaux polymères, et plus particulièrement les matériaux thermoplastiques PEEK ou PAI, permettent de conserver leurs propriétés à haute température et ne sont pas sensibles au fluage. Ils peuvent résister aux contraintes mécaniques et de température sans perdre de leur élasticité. Or, l'échauffement généré par les pertes du moteur électrique 3 et du réducteur 2 peuvent nécessiter que le motoréducteur 1 fonctionne à haute température (jusqu'à 90°C). La résistance au fluage et/ou la re-

laxation de contraintes permet que, lorsque les éléments roulants déformables 37 restent statiques pendant une longue période, ils ne viennent pas à s'ovaliser et générer un couple s'opposant à leur redémarrage. Les matériaux PEEK ou PAI permettent donc de conserver une précontrainte très stable au cours du temps.

- [0123] Les matériaux PEEK ou PAI ont de plus des propriétés d'hystérèse mécanique particulièrement faibles qui font que la déperdition d'énergie, liée à leur déformation cyclique et au roulement des éléments roulants déformables 37, est négligeable, ce qui assure ainsi une liaison sans frottement significatif.
- [0124] De nombreux matériaux thermoplastiques dont le PEEK ou PAI ou POM ont également de très bonnes propriétés tribologiques qui font que les éléments roulants déformables 37 peuvent rouler directement sur un chemin de roulement par exemple en alliage d'aluminium, sans revêtement de surface. Il est alors possible d'usiner le chemin de roulement par une simple opération de tournage, directement dans un flasque 18 du porte-satellite 11 ou dans le logement cylindrique du carter 7, ce qui rend cette fonction de guidage en rotation très simple à réaliser et économique.
- [0125] Le dispositif de roulements 36 comporte par exemple une série d'éléments roulants déformables 37, par exemple des galets tubulaires, disposés les uns à côté des autres, tous identiques ([Fig.5]). Les éléments roulants déformables 37 sont disposés avec un jeu sur le chemin de roulement permettant leur ovalisation.
- [0126] A titre d'exemple, les éléments roulants déformables 37 sont des galets tubulaires PEEK de diamètre 7,4mm, de longueur 3,8mm et présentent une épaisseur de paroi tubulaire de 0,65mm, ce qui leur confère une rigidité diamétrale de 60N/mm. Il y a par exemple 26 galets tubulaires en matériau PEEK ayant une raideur $K = 60\text{N/mm}$, soit une raideur radiale du palier de 780N/mm.
- [0127] Le logement cylindrique du carter 7 présente un diamètre de 72,62mm +/- 0,015 et le diamètre de l'arbre du porte-satellite 11 du réducteur 2 est de 58 mm +/- 0,01mm. Le serrage nominal des galets tubulaires (précontrainte) est donc de $(72,62-58)/2-7,4 = 7,31 - 7,4 = 0,09\text{mm}$ +/- 0,04mm ce qui engendre un effort radial de $60 \times 0,09 = 5,4\text{N}$, qui est un niveau de contrainte tout à fait supportable par le PEEK pendant une durée quasi-infinie sans risque de relaxation à la température d'utilisation (contrainte maximale permanente de l'ordre de 20MPa).
- [0128] Des éléments roulants déformables 37 réalisés sous la forme de galets tubulaires en matériau polymère sont extrêmement légers relativement à des billes ou galets pleins en acier, puisque leur masse volumique est environ six fois plus faible que l'acier et qu'ils sont creux au lieu d'être pleins. Ainsi un galet tubulaire réalisé en matériau polymère pèse par exemple de l'ordre de 0,1g (0,07g pour un galet tubulaire PEEK) c'est à dire moins de 3g pour un ensemble de vingt-six galets tubulaires PEEK, et ceci sans surpoids pour les chemins de roulements puisque ceux-ci peuvent être directement

usinés dans les pièces. Cette construction où les éléments roulants déformables 37 sont des galets creux en polymère permet donc de réaliser un motoréducteur 1 particulièrement léger.

- [0129] Selon un autre exemple, les éléments roulants déformables 37 sont des galets tubulaires métalliques. Les parois tubulaires sont alors plus fines car les modules d'élasticité sont nettement plus élevés qu'avec des matériaux polymères. Ces éléments roulants déformables 37 sont par exemple en alliage de cuivre (laiton ou bronze) ou en alliage d'aluminium ou en alliage de titane ou en acier. Cependant, on prévoit alors de préférence des revêtements ou traitements de surface des chemins de roulements et/ou des éléments roulants déformables et une lubrification, pour éviter tout problème d'usure par corrosion de contact (« fretting corrosion » en anglais) liés aux interfaces de contact métal-métal.
- [0130] Les figures 7 à 9 illustrent un deuxième mode de réalisation du dispositif de roulements 36.
- [0131] Ce mode de réalisation se différencie du précédent par le fait que le dispositif de roulements 36 comporte deux types d'éléments roulants alternés, les éléments roulants déformables 37 décrits précédemment et des éléments roulants additionnels 38 de rigidité diamétrale supérieure aux éléments roulants déformables 37 et de diamètre plus petit que les éléments roulants déformables 37, les éléments roulants déformables 37 et les éléments roulants additionnels 38 étant disposés en alternance le long du chemin de roulement ([Fig.8]).
- [0132] Les éléments roulants additionnels 38 sont par exemple des galets tubulaires.
- [0133] L'écart de diamètres entre les éléments roulants déformables 37 et les éléments roulants additionnels 38 tubulaires est par exemple compris entre 1% et 5%.
- [0134] Les éléments roulants additionnels 38 ont un diamètre extérieur inférieur à celui des éléments roulants déformables 37 afin de leur assurer un jeu radial compris entre un centième et deux dixièmes de mm une fois assemblés.
- [0135] Les éléments roulants déformables 37 et les éléments roulants additionnels 38 sont régulièrement alternés, les uns entre les autres, un élément roulant additionnel 38 sur deux étant plus rigide diamétralement et de diamètre plus petit que l'autre élément roulant déformable 37. Ainsi entre deux éléments roulants déformables 37, il y a toujours un élément roulant additionnel 38 plus petit et plus rigide. Lorsque deux éléments roulants déformables 37 tendent à se rapprocher l'un de l'autre ils viennent en appui contre un élément roulant additionnel 38 plus petit et plus rigide intercalé, qui assure un roulement sans glissement avec les éléments roulants déformables 37 adjacents en tournant librement à contre sens ([Fig.9]). Les éléments roulants additionnels 38 permettent ainsi de réduire les frottements mais aussi le bruit et limitent les déplacements radiaux pour éviter l'endommagement des éléments roulants dé-

formables 37.

- [0136] Comme dans le premier exemple de réalisation, les éléments roulants déformables 37 centrent l'arbre 5 dans le logement cylindrique. Cependant, dans ce deuxième mode de réalisation, la raideur radiale initiale est deux fois plus souple (car un seul élément roulant sur deux est en contact) et les éléments roulants additionnels 38 permettent d'éviter tout frottement entre les éléments roulants déformables 37, en tournant en contresens empêchant ceux-ci de se percuter. De plus, en cas de surcharge ou de dysfonctionnement momentané imposant une composante radiale importante, les éléments roulants additionnels 38 permettent de soulager les éléments roulants déformables 37 en limitant le déplacement radial pour éviter leur endommagement.
- [0137] Les éléments roulants additionnels 38 sont par exemple réalisés dans un premier matériau polymère ou thermoplastique, tel qu'en matériau POM, les éléments roulants déformables 37 étant réalisés dans un deuxième matériau polymère ou thermoplastique, tel qu'en matériau PEEK ou PAI. Alternner un galet tubulaire réalisé en matériau PEEK ou PAI sur deux par un galet tubulaire réalisés en matériau polymère ou thermoplastique tel que POM (ou Delrin®) rend le motoréducteur 1 plus économique car le Delrin® est une matière beaucoup moins onéreuse que le PEEK, ce qui permet ainsi de réduire aussi le coût global du système.
- [0138] Les éléments roulants déformables 37 et les éléments roulants additionnels 38 sont par exemple des galets tubulaires, les éléments roulants additionnels 38 présentant une épaisseur de paroi tubulaire supérieure à celle des éléments roulants déformables 37. En effet, la raideur augmente très vite avec l'épaisseur de paroi tubulaire du galet.
- [0139] L'écart d'épaisseur de paroi tubulaire entre les galets tubulaires des éléments roulants déformables 37 et des éléments roulants additionnels 38 est par exemple comprise entre 250% et 350%.
- [0140] A titre d'exemple, les galets tubulaires des éléments roulants déformables 37 d'épaisseur plus fine et de diamètre plus grand sont en matériau PEEK, présentent un diamètre respectif de 7,4mm, une longueur de 3,8mm et une épaisseur de paroi tubulaire de 0,65mm, ce qui leur confère une rigidité diamétrale de 60N/mm. Les galets tubulaires des éléments roulants additionnels 38 plus épais et plus petits sont par exemple en matériau POM (ou Delrin®), présentent un diamètre respectif de 7,26mm +/-0,015mm (pour un diamètre nominal de 7,31mm pour venir au contact, soit un jeu nominal de radial 0,05mm), une longueur de 3,8mm et une épaisseur de paroi tubulaire de 2,5mm.
- [0141] La rigidité diamétrale varie sensiblement avec le cube de l'épaisseur de paroi tubulaire $((2,5/0,65)^3$, c'est à dire d'un facteur 50 environ) mais le module d'élasticité est un peu plus faible pour les galets tubulaires des éléments roulants additionnels 38 réalisés en POM (ou Delrin®), le module d'élasticité du matériau PEEK étant 4200

MPa (à 20°C) et le module d'élasticité du matériau POM (ou Delrin®) étant 3000MPa (à 20°C). Les galets tubulaires des éléments roulants additionnels 38 réalisés en POM (ou Delrin®) plus épais sont donc environ 30 fois plus rigides radialement que les galets tubulaires des éléments roulants déformables 37 réalisés en PEEK. La rigidité des galets tubulaires réalisés en POM (ou Delrin®) est donc nettement supérieure à celle des galets tubulaires réalisés en PEEK.

- [0142] Il y a par exemple treize éléments roulants déformables 37 réalisés par des galets tubulaires en matériau PEEK en alternance avec treize éléments roulants additionnels 38 réalisés par des galets tubulaires plus épais en matériau POM ([Fig.8]).
- [0143] L'alternance des galets tubulaires en matériau PEEK avec des galets tubulaires en matériau POM (ou Delrin®) réduit la raideur initiale du palier de moitié à 390N/mm. Cette valeur grimpe à 1600N/mm dès que les galets tubulaires réalisés en POM (ou Delrin®) viennent en contact. Cette association permet d'obtenir une raideur variable très souple au départ et se raidissant rapidement pour éviter des déplacements radiaux trop importants qui pourraient d'une part endommager les galets tubulaires PEEK et d'autre part engendrer un bruit anormal si le déplacement radial devenait trop important.
- [0144] Les éléments roulants additionnels 38 peuvent aussi être pleins, comme par exemple des galets pleins ou des billes pleines.
- [0145] Selon un exemple de réalisation, les éléments roulants additionnels 38 réalisés sous la forme de galets pleins comportent respectivement une âme centrale notamment pour faciliter leur injection. L'âme centrale présente par exemple une section en forme de « I » (ou « un » en chiffre romain).
- [0146] Les figures 10 et 11 montrent un motoréducteur 1 réalisé selon le deuxième mode de réalisation.
- [0147] Dans cet exemple, le motoréducteur 1 est monté dans un moyeu 106, par exemple d'une roue de cycle. L'axe fixe est formé par l'axe central 107 du moyeu. Le moyeu 106 est assemblé et tourne autour de l'axe central 107 via des roulements 108. L'axe central 107 est fixe par rapport au bâti, c'est-à-dire par rapport au cadre 100 du cycle.
- [0148] Le réducteur 2 et le moteur électrique 3 sont montés coaxialement sur l'axe central 107.
- [0149] Le logement cylindrique est formé dans une cloche 40 fixée à l'axe central 107 pour permettre la transmission du couple d'assistance. La cloche 40 est reçue dans le moyeu 106.
- [0150] Le stator 6 du moteur électrique 3 est fixé dans la cloche 40 du motoréducteur 1.
- [0151] La couronne dentée 10 est fixée dans la cloche 40 du motoréducteur 1. Les dentures de la couronne 10 sont par exemple directement réalisées dans la cloche 40. Les pignons satellites 12, 13 sont engrenés sur la couronne dentée 10 « fixe ».

- [0152] Selon un exemple de réalisation, la cloche 40 comprend un disque de liaison 41 fixé à l'axe central 107 au niveau d'une embase annulaire, le dispositif de roulements 36 étant interposé entre le porte-satellite 11 et une extrémité cylindrique 42 de la cloche 40.
- [0153] Plus précisément, les éléments roulants déformables 37, et dans l'exemple illustratif les éléments roulants additionnels 38, sont interposés entre le deuxième flasque 18 du porte-satellite 11 et l'extrémité cylindrique 42 de la cloche 40. Une portée recevant les éléments roulants déformables 37, et le cas échéant les éléments roulants additionnels 38, peut être ménagée dans le porte-satellite 11, dans le deuxième flasque 18 ou dans l'extrémité cylindrique 42 de la cloche 40.
- [0154] Selon un exemple de réalisation, la cloche 40 est dimensionnée pour permettre une certaine souplesse en flexion au niveau du disque de liaison 41 fixé à l'axe central 107 de sorte que l'extrémité cylindrique 42, située dans la zone d'engrènement de la couronne dentée 10 avec les pignons satellites 12, 13, ait une certaine souplesse radiale afin de permettre un auto-centrage de la couronne dentée 10 par rapport aux pignons satellites 12, 13. Ainsi, la cloche 40 s'autocentre par le dispositif de roulements 36 dans le porte-satellite 11, lui-même en pivot par rapport à l'axe central 107 du moyeu 106.
- [0155] Selon un exemple de réalisation, le roulement de rotor 34 est interposé entre l'arbre 5 et l'axe central 107 pour le centrage de l'arbre 5 sur l'axe central 107.
- [0156] Le principe reste sensiblement le même que le motoréducteur 1 soit monté sur un axe central 103 rotatif ou sur un axe central 107 fixe de moyeu. L'arbre 5 est centré dans le logement cylindrique par un roulement unique (le roulement de rotor 34) à l'une de ses extrémités. Les flasques 17, 18 du réducteur 2 sont autocentrés par le dispositif de roulements 36 dans la cloche 40.
- [0157] Il y a par exemple 20 éléments roulants déformables 37 tubulaires en matériau PEEK en alternance avec 20 éléments roulants additionnels 38 tubulaires plus épais en matériau POM ([Fig.11]).
- [0158] Selon un exemple de réalisation, le motoréducteur 1 comporte un roulement supplémentaire 39 interposé entre le porte-satellite 11, au niveau du deuxième flasque 18, et le moyeu 106 ([Fig.10]). Ce roulement 39 permet de centrer la sortie du réducteur 2 dans le moyeu 106 et ainsi d'éviter l'utilisation d'un joint d'Oldham.
- [0159] Les autres caractéristiques de cet exemple sont similaires aux premiers modes de réalisation précédemment décrits. En particulier, le dispositif de roulements 36 peut aussi comporter une série d'éléments roulants déformables 37, par exemple des galets tubulaires, disposés les uns à côté des autres, tous identiques (non représenté).
- [0160] Bien que l'invention ait été décrite en référence à un dispositif d'assistance électrique pour cycle, l'invention s'applique également à tout appareil comprenant un dispositif

d'assistance électrique comportant un motoréducteur, comme un exosquelette, un dispositif électroportatif ou un bras de robotisation.

Revendications

- [Revendication 1] Motoréducteur (1) d'un dispositif d'assistance électrique (101), notamment pour cycle, comprenant un réducteur (2) et un moteur électrique (3) configurés pour pouvoir être montés coaxialement sur un axe central (103 ; 107), le moteur électrique (3) comportant un stator (6) et un rotor (4) solidaire en rotation d'un arbre (5) formant l'entrée du réducteur (2), le réducteur (2) comprenant :
- une couronne dentée (10) solidaire du stator (6),
 - un porte-satellite (11) monté pivotant via au moins un roulement de flasque (22, 23) autour de l'arbre (5), le porte-satellite (11) formant la sortie du réducteur (2),
 - au moins deux pignons satellites (12, 13) montés d'une part, sur des cames excentriques (14) respectives via un roulement (15) respectif, les cames excentriques (14) étant solidaires de l'arbre (5), les pignons satellites (12, 13) s'engrenant sur la couronne dentée (10) en étant déphasés en rotation,
- caractérisé en ce que le motoréducteur (1) comporte en outre :
- un roulement de rotor (34) configuré pour centrer une première extrémité de l'arbre (5) sur un axe fixe du motoréducteur (1), et
 - un dispositif de roulements (36) comportant des éléments roulants déformables (37), le dispositif de roulements (36) étant interposé entre le porte-satellite (11) et un logement cylindrique solidaire du stator (6), pour le centrage de l'arbre (5) dans le logement cylindrique à une deuxième extrémité.
- [Revendication 2] Motoréducteur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les éléments roulants déformables (37) sont montés précontraints radialement.
- [Revendication 3] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le roulement de rotor (34) est interposé entre l'arbre (5) et le stator (6) du moteur électrique (3), l'arbre (5) étant monté de manière indépendante de l'axe central (103).
- [Revendication 4] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'axe fixe est formé par l'axe central (107) d'un moyeu (106), le logement cylindrique étant formé par une cloche (40) fixée à l'axe central (107) et destiné à être reçu dans le moyeu (106), le roulement de rotor (34) étant destiné à être interposé entre l'arbre (5) et l'axe central (107) pour le centrage de l'arbre (5) sur l'axe fixe.

- [Revendication 5] Motoréducteur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la cloche (40) comprend un disque de liaison (41) fixé à l'axe central (107), le dispositif de roulements (36) étant interposé entre le porte-satellite (11) et une extrémité cylindrique (42) de la cloche (40).
- [Revendication 6] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il comporte un roulement supplémentaire (39) interposé entre le porte-satellite (11) et le moyeu (106).
- [Revendication 7] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments roulants déformables (37) sont formés par une série de galets tubulaires disposés en cercle avec des axes respectifs parallèles entre eux.
- [Revendication 8] Motoréducteur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les galets tubulaires sont dimensionnés pour permettre un déplacement radial compris entre 0,02mm et 0,15mm.
- [Revendication 9] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments roulants déformables (37) sont réalisés en matériau polymère, comme en matériau thermoplastique, tel qu'en matériau PEEK ou PAI.
- [Revendication 10] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de roulements (36) comporte entre dix et cinquante éléments roulants déformables (37).
- [Revendication 11] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de roulements (36) comporte une série d'éléments roulants déformables (37), par exemple des galets tubulaires, disposés les uns à côté des autres, tous identiques.
- [Revendication 12] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le dispositif de roulements (36) comporte également des éléments roulants additionnels (38) de rigidité diamétrale supérieure aux éléments roulants déformables (37) et de diamètre plus petit que les éléments roulants déformables (37), les éléments roulants additionnels (38) et les éléments roulants déformables (37) étant disposés en alternance le long d'un chemin de roulement.
- [Revendication 13] Motoréducteur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les éléments roulants additionnels (38) sont réalisés dans un premier matériau polymère ou thermoplastique, tel qu'en matériau POM, les éléments roulants déformables (37) étant réalisés dans un deuxième matériau polymère ou thermoplastique, tel qu'en matériau PEEK ou PAI.

- [Revendication 14] Motoréducteur (1) selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que les éléments roulants déformables (37) et les éléments roulants additionnels (38) sont des galets tubulaires, les éléments roulants additionnels (38) présentant une épaisseur de paroi tubulaire supérieure à celle des éléments roulants déformables (37).
- [Revendication 15] Cycle comprenant un dispositif d'assistance électrique (101) caractérisé en ce que le dispositif d'assistance électrique (101) comporte un motoréducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, configuré pour être monté dans un pédalier (102) du cycle, sur un axe central (103) du pédalier (102) ou dans un moyeu (106) du cycle, sur l'axe central (107) d'une roue de cycle.

[Fig. 1]

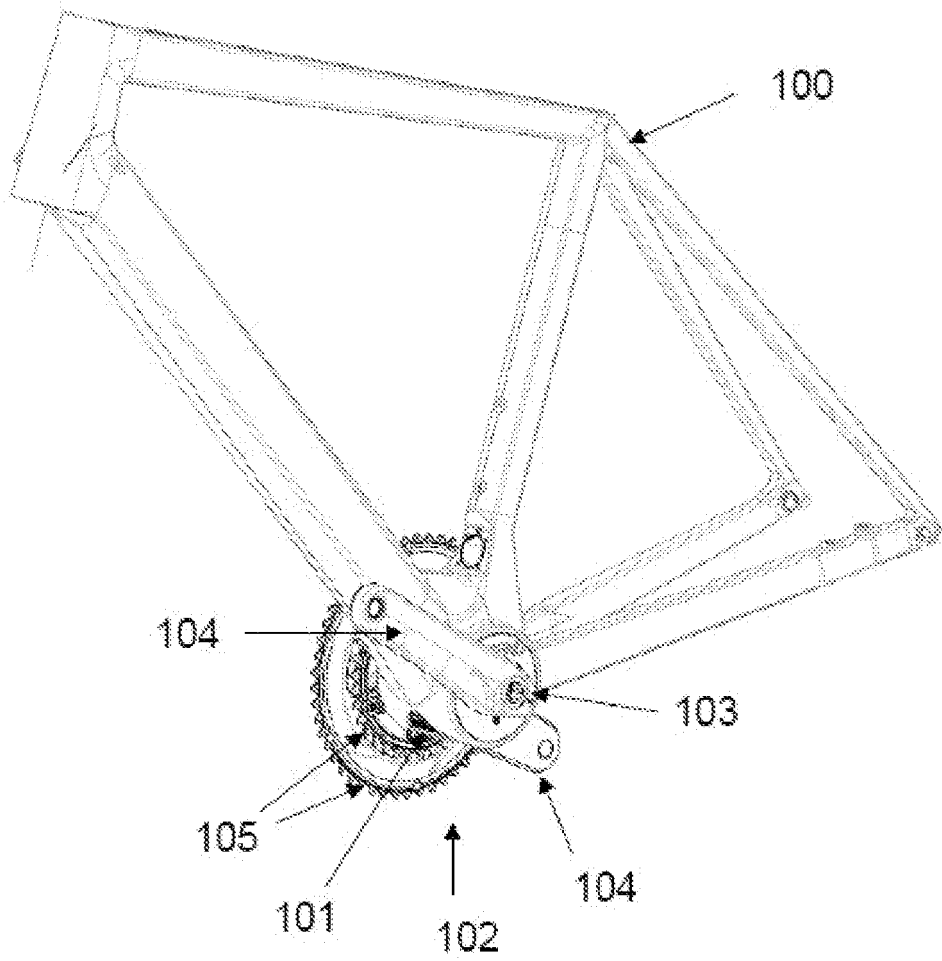


FIG. 1

[Fig. 2]

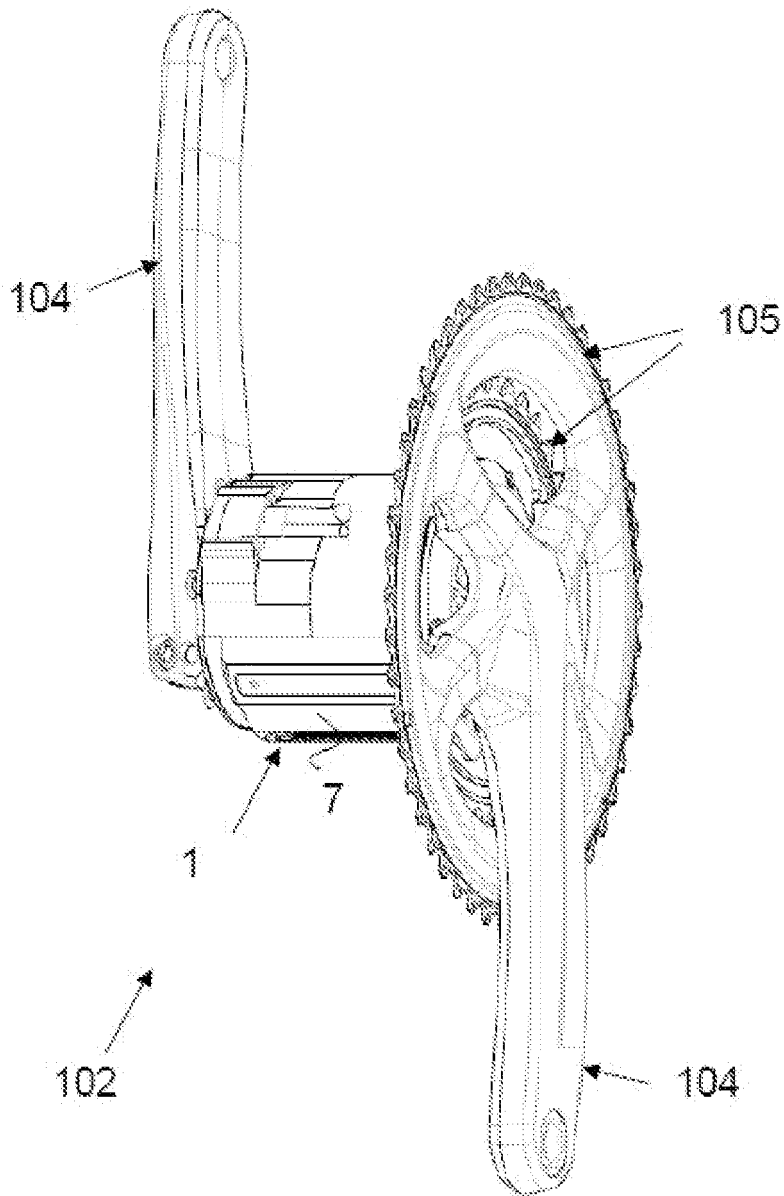


FIG. 2

[Fig. 3]

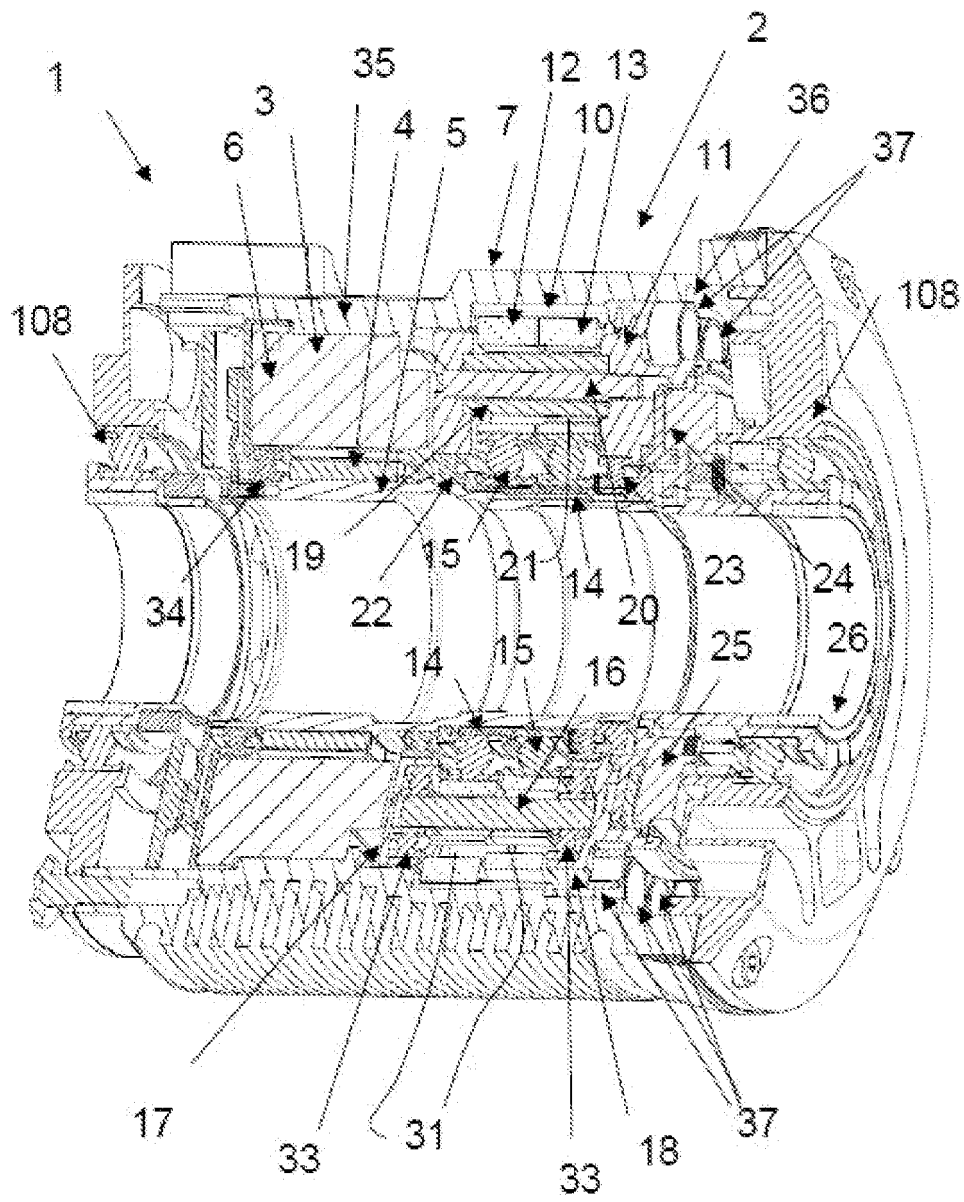


FIG. 3

[Fig. 4]

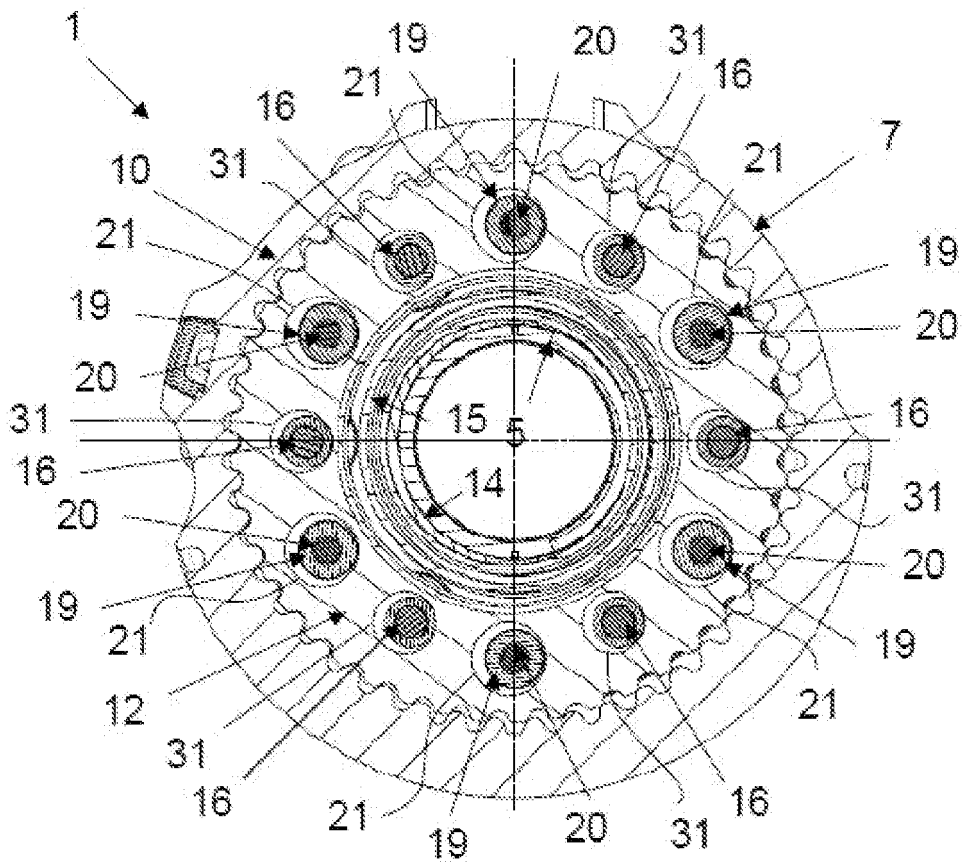
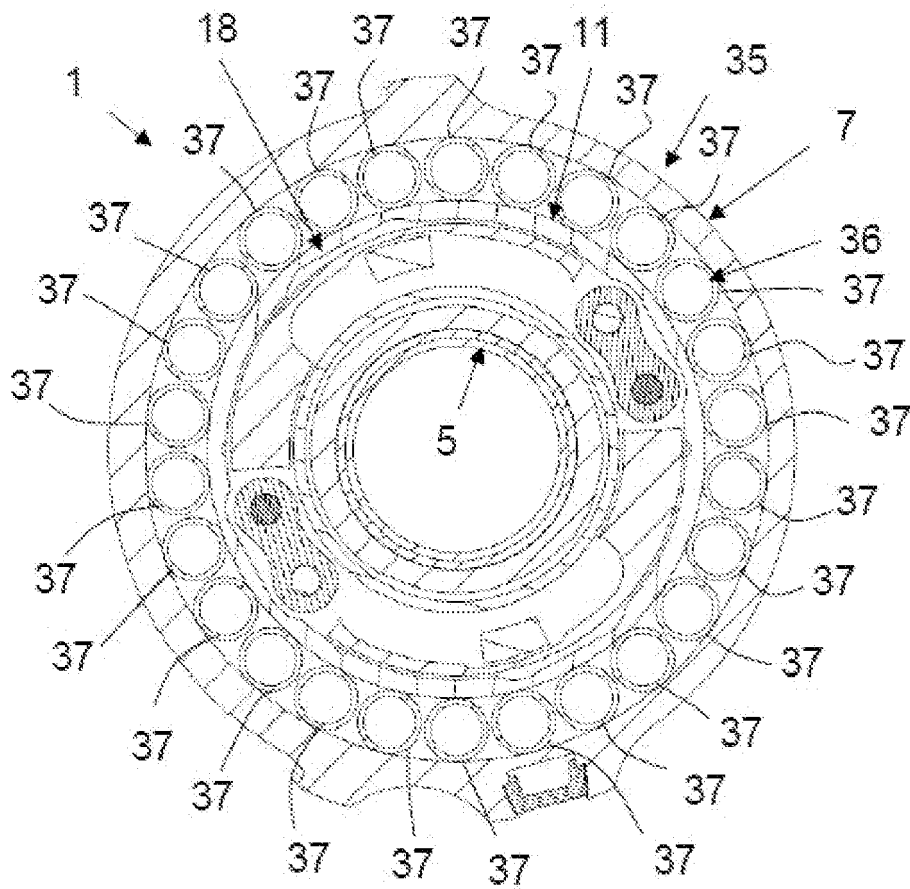
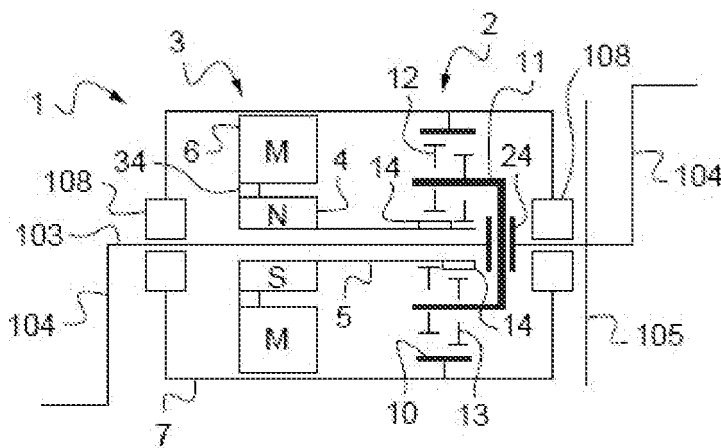


FIG. 4

[Fig. 5]

**FIG. 5**

[Fig. 6]

**FIG. 6**

[Fig. 7]

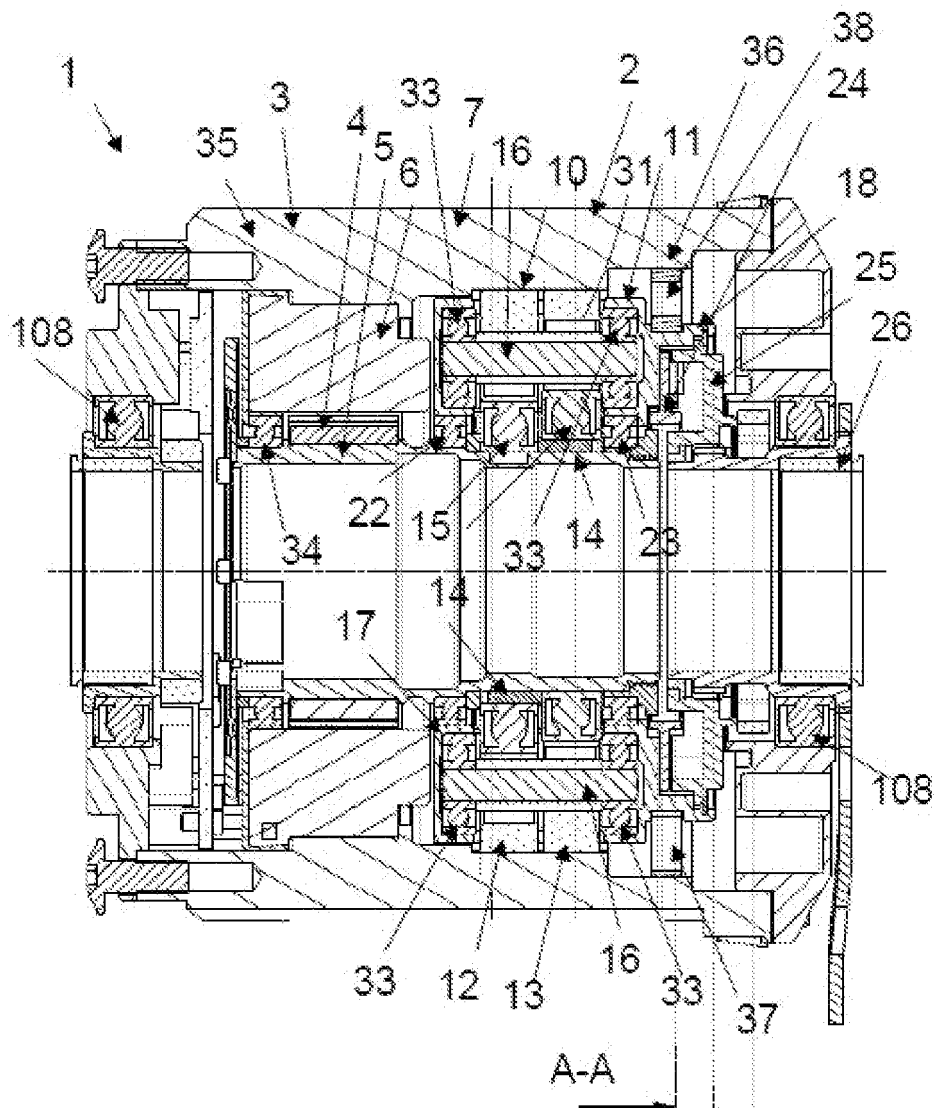
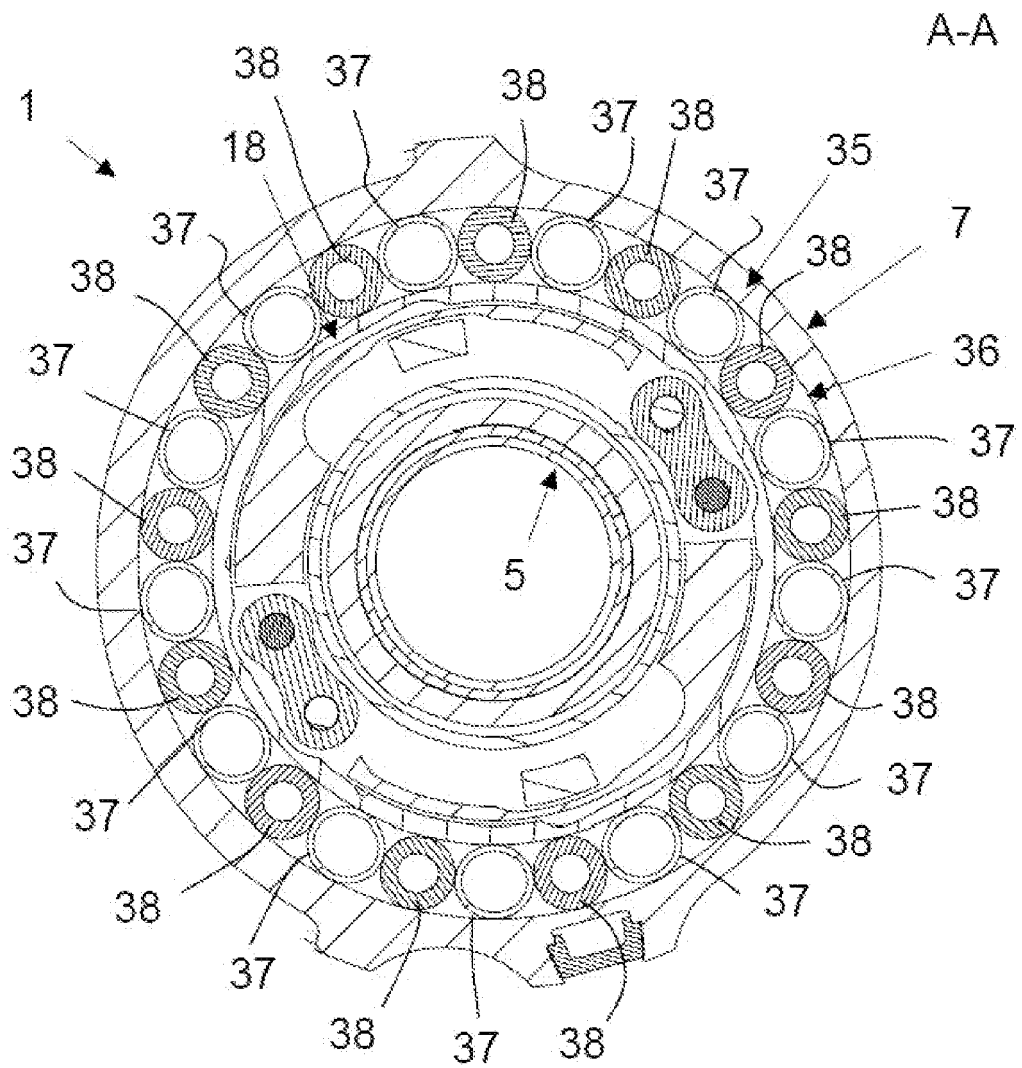
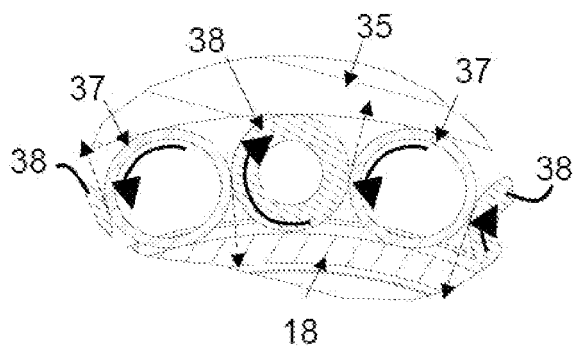


FIG. 7

[Fig. 8]

FIG. 8

[Fig. 9]

FIG. 9

[Fig. 11]

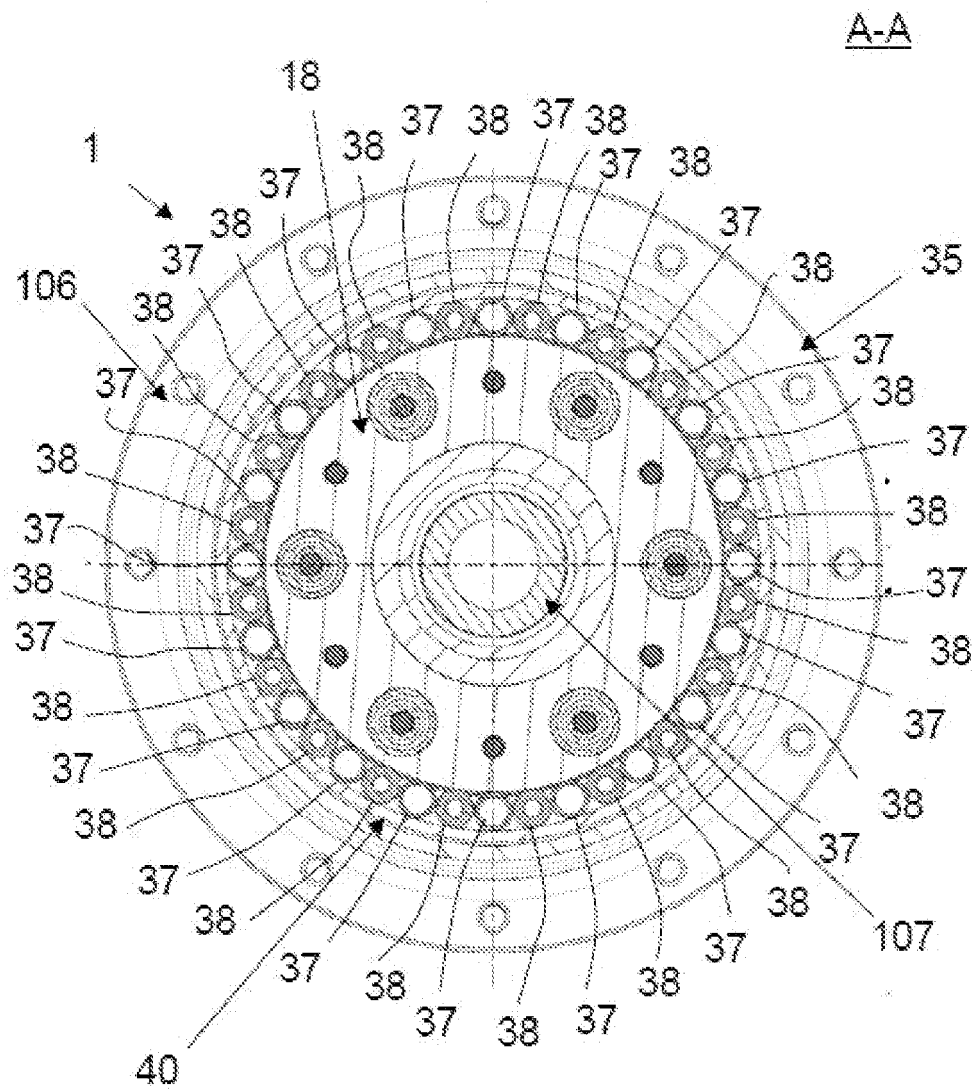
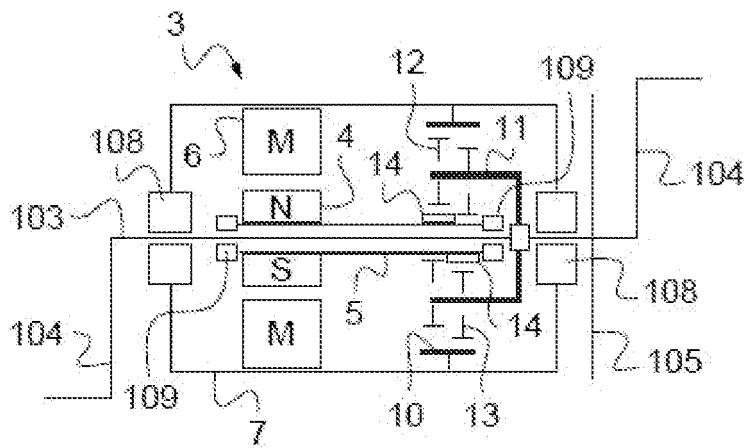


FIG. 11

[Fig. 12]

**FIG. 12**

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

JP 2015 021514 A (NTN TOYO BEARING CO LTD)
2 février 2015 (2015-02-02)

JP H09 169290 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD)
30 juin 1997 (1997-06-30)

WO 2014/103212 A1 (PANASONIC CORP [JP])
3 juillet 2014 (2014-07-03)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT