

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 144 242

②1 N° d'enregistrement national : **22 14432**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 16 H 48/36 (2023.01)**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 23.12.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 28.06.24 Bulletin 24/26.

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) : VALEO EMBRAYAGES SAS — FR.

⑦2 Inventeur(s) : PAUL Maxime.

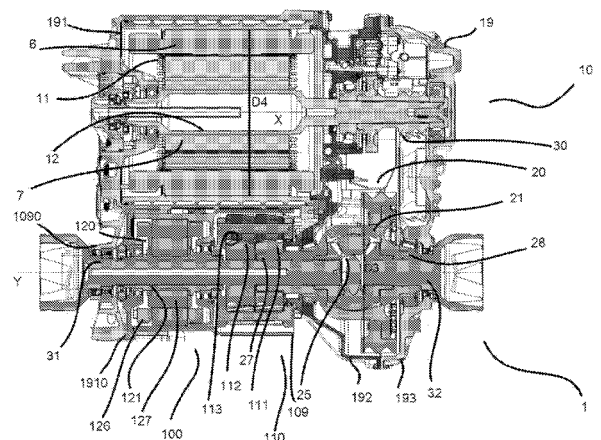
⑦3 Titulaire(s) : VALEO EMBRAYAGES SAS.

⑦4 Mandataire(s) : VALEO EMBRAYAGES.

⑤4 **Système de transmission de couple avec module d'adaptation du couple.**

⑤7 L'invention porte sur un système de transmission de couple (1) pour un véhicule électrique ou hybride, comprenant un ensemble de propulsion (10) et un module d'adaptation de couple (100), le module d'adaptation de couple (100) comprenant un dispositif à engrenages planétaires (110) et une deuxième machine électrique (120) comprenant un arbre de rotor (121) couplé en rotation avec un porte satellite (113) du dispositif à engrenages planétaires.

Figure à publier : 1



FR 3 144 242 - A1



Description

Titre de l'invention : Système de transmission de couple avec module d'adaptation du couple

Domaine technique

- [0001] L'invention se rapporte au domaine des systèmes de transmission pour des véhicules hybrides ou électriques. L'invention concerne plus particulièrement un système de transmission de couple doté d'un module d'adaptation du couple.
- [0002] Le document WO2019/192806 décrit un dispositif d'adaptation du couple pour un essieu de véhicule doté d'un différentiel. Le dispositif d'adaptation du couple est apte à assurer une fonction de vectorisation du couple (« torque vectoring » en anglais).
- [0003] Ce dispositif n'est pas satisfaisant car les rapports de vitesses proposés ne permettent pas d'obtenir une adaptation convenable du couple et une intégration compacte du module d'adaptation du couple à côté d'un ensemble de propulsion. Les problèmes d'assemblage du module avec l'ensemble de propulsion ne sont pas non plus abordés dans ce document.
- [0004] Selon un premier aspect, l'invention porte sur un système de transmission de couple pour un véhicule hybride ou électrique, comprenant un ensemble de propulsion et un module d'adaptation de couple, l'ensemble de propulsion comprenant :
- une première machine électrique comportant un stator et un rotor ainsi qu'un arbre de rotor apte à tourner autour d'un premier axe de rotation,
 - un différentiel comprenant un élément d'entrée de couple mobile autour d'un deuxième axe de rotation, l'élément d'entrée de couple du différentiel étant apte à entraîner en rotation autour du deuxième axe de rotation, un premier arbre latéral et un deuxième arbre latéral, via un jeu d'engrenages,
 - un dispositif de réduction apte à transmettre un couple entre l'arbre de rotor de la machine électrique et le différentiel de sorte que la vitesse de rotation des premier et deuxième arbres latéraux soit inférieure à la vitesse de rotation de l'arbre de rotor lorsqu'un couple est transmis entre la première machine électrique et le différentiel, caractérisé en ce que le module d'adaptation de couple comprend :
 - d'une part un dispositif à engrenages planétaires comportant un premier train planétaire et un deuxième train planétaire agencés autour du deuxième axe de rotation, axialement l'un au regard de l'autre ; le premier train planétaire comprenant un premier jeu de pignons satellites, un premier organe d'entrée formé par un premier solaire et un premier organe de sortie formé par un porte satellite portant le premier jeu de pignons satellites ; le deuxième train planétaire comprenant un deuxième jeu de pignons satellites, un deuxième organe d'entrée formé par le porte satellite qui porte

également le deuxième jeu de pignons satellites et un deuxième organe de sortie formé par un deuxième solaire ; le premier solaire étant couplé en rotation selon le deuxième axe de rotation avec l'élément d'entrée du différentiel ; et le deuxième solaire étant couplé en rotation, selon le deuxième axe de rotation au premier arbre latéral,
 - d'autre part une deuxième machine électrique comprenant un arbre de rotor couplé en rotation, selon le deuxième axe de rotation, avec le porte satellite .

- [0005] L'expression «couplé en rotation » signifie que les deux éléments couplés en rotation sont assemblés de façon à ne pas tourner l'un par rapport à l'autre. Autrement dit, il s'agit d'une liaison solidaire en rotation, présentant éventuellement un très faible jeu tel qu'un jeu de cannelure.
- [0006] Le système de transmission de couple peut aussi comporter au moins l'une des caractéristiques suivantes :
- [0007] - Le dispositif à engrenages planétaires est dépourvu de couronne(s) à l'intérieur de laquelle engrènent le premier jeu de pignons satellites et le deuxième jeu de pignons satellites.
- [0008] - Le dispositif à engrenages planétaires présente un premier rapport de vitesse stationnaire R compris entre 0,975 et 0,995, de préférence compris entre 0,98 et 0,99. Cette plage offre un bon compromis fournissant à la fois un bon rendement et un niveau de sollicitation adéquat. En effet, lorsque la vitesse du premier solaire est nulle, le deuxième rapport de vitesse k entre le porte satellite et le deuxième solaire est égal à $1/(1-R)$. Aussi, lorsque le premier rapport de vitesse stationnaire du dispositif à engrenages planétaires est supérieur à 0,0995, le deuxième rapport de vitesse k entre le porte satellite et le deuxième solaire est de 200. Un tel ratio est important et il augmente de façon exponentielle en s'approchant de 1, ce qui peut endommager le dispositif. Le deuxième rapport de vitesse k est donc de préférence compris entre 40 et 200, de préférence entre 50 et 100, en particulier entre 60 et 80.
- [0009] - Le premier jeu de pignons satellites et le deuxième jeu de pignons satellites comprennent chacun 4 pignons satellites ou plus. Ainsi, comparé aux trains planétaires à 3 pignons satellites ou moins, l'augmentation du nombre de dents de contact permet de réduire la superficie des différentes surfaces de contact et donc de diminuer la taille des satellites et de réduire l'encombrement global du dispositif à engrenages planétaires, notamment radialement.
- [0010] - Le premier jeu de pignons satellites et le deuxième jeu de pignons satellites comprennent chacun exactement 5 pignons satellites.
- [0011] - Les dentures périphériques des pignons satellites du premier jeu de pignon satellites ont chacun un même nombre de dents qui est différent du nombre de dents des dentures périphériques des pignons satellites du deuxième jeu de pignon satellites.
- [0012] - Le premier solaire est doté d'une denture périphérique comprenant 37 dents, le

deuxième solaire est doté d'une denture périphérique comprenant 33 dents, les pignons satellites du premier jeu de pignons satellites sont dotés chacun d'une denture périphérique comprenant 21 dents et les pignons satellites du deuxième jeu de pignons satellites sont dotés chacun d'une denture périphérique comprenant 19 dents. On atteint avec cette configuration un premier rapport de vitesse stationnaire R égal à 0.985775, c'est-à-dire dans la plage préférée.

- [0013] - Dans un plan perpendiculaire au deuxième axe de rotation Y, la périphérie externe du dispositif à engrenages planétaires s'inscrit dans un cercle de diamètre D1 et la périphérie externe de la deuxième machine électrique, s'inscrit dans un cercle de diamètre D2, la deuxième machine électrique et le dispositif à engrenages planétaires sont dimensionnés de sorte que $0,9 < D1/D2 < 1,1$. En particulier, le diamètre D2 correspond au diamètre externe du stator.
- [0014] - La deuxième machine électrique est une machine à refroidissement par air. Cela permet de limiter l'encombrement radial de la deuxième machine électrique.
- [0015] - La première machine électrique, notamment son stator, présente un diamètre externe D4 et la deuxième machine électrique, notamment son stator, présente un diamètre externe D2, la première machine électrique et la deuxième machine électrique étant dimensionnés de sorte que $2 < D4/D2 < 5$.
- [0016] - L'élément d'entrée du différentiel comprend une couronne d'entrée présentant un diamètre externe D3, la couronne d'entrée étant entraînée en rotation par le dispositif de réduction, le diamètre D2 étant inférieur au diamètre externe D3 de la couronne d'entrée.
- [0017] - Le deuxième axe de rotation est parallèle au premier axe de rotation.
- [0018] - Le module d'adaptation de couple est agencé entièrement dans l'espace axial occupé par la première machine électrique, en particulier dans l'espace axial occupé par le rotor (sans l'arbre de rotor) et/ou le stator de la première machine électrique.
- [0019] - Le dispositif à engrenages planétaires est agencé axialement entre la deuxième machine électrique et le différentiel.
- [0020] - L'élément d'entrée de couple du différentiel est un boîtier enfermant le jeu d'engrenages du différentiel.
- [0021] - Le jeu d'engrenages du différentiel comprend une première sortie couplée en rotation avec le premier arbre latéral et une deuxième sortie couplée en rotation avec le deuxième arbre latéral.
- [0022] - Le système de transmission comprend un premier carter, le boîtier du différentiel comprenant un premier manchon agencé autour du deuxième axe de rotation, et le premier carter comprenant une première ouverture par laquelle passe le deuxième axe de rotation, le premier manchon dépassant du premier carter le long du deuxième axe de rotation à la travers la première ouverture.

- [0023] - La première ouverture est située axialement en regard du premier solaire.
- [0024] - Le premier carter comprend une première partie disposant d'un logement dans lequel est monté la première machine électrique.
- [0025] - Le premier carter comprend une deuxième partie fixée à la première partie en refermant le logement de la première partie.
- [0026] - La deuxième partie enveloppe une portion de l'espace occupé par le dispositif de réduction et le différentiel (à l'exception du premier manchon).
- [0027] - Le premier carter comprend une troisième partie fixée à la deuxième partie et enveloppant le reste de l'espace occupé par le dispositif de réduction et le différentiel (à l'exception du premier manchon).
- [0028] - Le porte satellite comprend un voile monté solidaire en rotation de l'arbre de rotor de la deuxième machine électrique.
- [0029] - Le porte satellite comprend des tiges s'étendant parallèlement au deuxième axe de rotation et autour desquelles sont montés respectivement par paire et de façon axialement décalée, un pignon satellite du premier jeu de pignons satellites et un pignon satellite du deuxième jeu de pignons satellites.
- [0030] Le porte satellite comprend un couvercle, le premier jeu de pignons satellites et le deuxième jeu de pignons satellites étant agencés axialement entre le voile et le couvercle.
- [0031] - Le couvercle présente une forme annulaire autour du deuxième axe de rotation.
- [0032] - Les tiges s'étendent axialement entre le voile et le couvercle.
- [0033] - L'ensemble de propulsion comprend un deuxième carter recouvrant le module d'adaptation de couple, le deuxième carter comprenant une cloche dans laquelle est disposé le dispositif à engrenages planétaires, la cloche étant ouverte axialement en direction du différentiel, le couvercle du porte satellite étant disposé radialement entre le bord de l'ouverture de la cloche et une portion tubulaire du premier carter, notamment de sa deuxième partie.
- [0034] - La portion tubulaire du premier carter, notamment de sa deuxième partie, fait saillie axialement en direction du premier solaire.
- [0035] - Un palier est agencé radialement entre la portion tubulaire du premier carter, notamment de sa deuxième partie, et le couvercle du porte satellite.
- [0036] - Le deuxième carter comprend aussi une chambre dans laquelle est logé le stator et le rotor de la deuxième machine électrique.
- [0037] La chambre est délimitée axialement par deux paliers agencés radialement chacun entre l'arbre de rotor de la deuxième machine électrique et un flasque de chambre.
- [0038] - Le flasque de la chambre situé du côté du dispositif à engrenages planétaires forme le fond de la cloche.
- [0039] - Le premier carter, en particulier la première partie du premier carter comprend un

fourreau (ou concavité) à l'intérieur duquel est monté le deuxième carter.

[0040] - Un palier est monté radialement entre le premier arbre latéral et le fourreau du premier carter.

[0041] - Un épaulement est agencé à l'extrémité des cannelures du premier manchon située en direction du jeu d'engrenages du différentiel.

[0042] - Le premier solaire est apte à venir en appui axial contre le manchon lors de l'assemblage du dispositif à engrenages planétaires avec l'ensemble de propulsion.

[0043] - Le premier solaire est apte à venir en appui axial contre ledit épaulement.

[0044] - Le système de transmission de couple comprend un premier onduleur associé à la première machine électrique et un deuxième onduleur associé à la deuxième machine électrique, le système de transmission de couple comprenant une unité de commande commune pour piloter le premier onduleur et le deuxième onduleur.

[0045] L'invention porte aussi sur un véhicule, électrique ou hybride, comprenant ce système de transmission.

Breve description des figures

[0046] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

[0047] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en coupe d'un système de transmission de couple selon un premier mode de réalisation.

[0048] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue agrandie du module d'adaptation du couple de la [Fig.1].

[0049] [Fig.3] La [Fig.3] est une représentation de la fonction $1/(1-R)$

[0050] [Fig.4] La [Fig.4] montre une plage de sélection préférentielle pour le premier rapport de vitesse stationnaire R dans le graphique de la [Fig.3].

[0051] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue de face d'un mode de réalisation d'un premier train planétaire d'un module d'adaptation du couple, lorsque le couvercle est retiré.

[0052] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue en perspective du module d'adaptation du couple de la [Fig.5] sans le couvercle du porte satellites.

[0053] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue en perspective du porte-satellites de la [Fig.5].

Description des modes de réalisation

[0054] Dans la description et les revendications, on utilisera, les termes « externe » et « interne » ainsi que les orientations « axiale » et « radiale » pour désigner, selon les définitions données dans la description, des éléments du système de transmission. Par convention, les axes de rotation des pièces rotatives du système de transmission définissent l'orientation « axiale ». L'orientation « radiale » est dirigée orthogonalement à

l'axe considéré et, de l'intérieur vers l'extérieur en s'éloignant de l'axe de rotation de la pièce rotative considérée. Les termes « externe » et « interne » sont utilisés pour définir la position relative d'un élément par rapport à un autre, par référence à l'axe de rotation considéré, un élément proche de l'axe est ainsi qualifié d'interne par opposition à un élément externe situé radialement en périphérie.

- [0055] Les figures 1 et 2 représentent, selon un premier mode de réalisation, un système de transmission de couple 1 pour un véhicule hybride ou électrique. Il comprend un ensemble de propulsion 10 et un module d'adaptation de couple 100.
- [0056] L'ensemble de propulsion 10 comprend une première machine électrique 11, un différentiel 20, et un dispositif de réduction 30.
- [0057] La première machine électrique 11 comporte un stator 6 ainsi qu'un rotor 7 solidaire en rotation d'un arbre de rotor 12. Le rotor 7 et l'arbre de rotor 12 sont aptes à tourner autour d'un premier axe de rotation X.
- [0058] Le différentiel 20 comprend un élément d'entrée de couple 21 mobile autour d'un deuxième axe de rotation Y qui est parallèle au premier axe de rotation X. L'élément d'entrée de couple 21 du différentiel 20 est apte à entraîner en rotation autour du deuxième axe de rotation Y, un premier arbre latéral 31 et un deuxième arbre latéral 32, via un jeu d'engrenages 25. Le premier arbre latéral 31 et le deuxième arbre latéral 32 sont chacun configurés pour entraîner une roue motrice du véhicule. L'élément d'entrée de couple 21 du différentiel 20 est un boîtier à l'intérieur duquel est logé le jeu d'engrenages 25 du différentiel 20. S'agissant d'un différentiel, les arbres latéraux 31 et 32 peuvent tourner à des vitesses différentes.
- [0059] Le jeu d'engrenages 25 du différentiel 20 comprend une première sortie couplée en rotation avec le premier arbre latéral 31 et une deuxième sortie couplée en rotation avec le deuxième arbre latéral 32.
- [0060] Le dispositif de réduction 30 peut transmettre un couple entre l'arbre de rotor 12 de la machine électrique 11 et l'élément d'entrée de couple 21 du différentiel 20. La vitesse de rotation des premier et deuxième arbres latéraux 31, 32 est ainsi inférieure à la vitesse de rotation de l'arbre de rotor 12 lorsqu'un couple est transmis entre la première machine électrique 11 et le différentiel 20.
- [0061] Le module d'adaptation de couple 100 comprend d'une part un dispositif à engrenages planétaires 110 et d'autre part une deuxième machine électrique 120. La deuxième machine électrique comporte un stator 126 ainsi qu'un rotor 127 solidaire en rotation d'un arbre de rotor 121. Le rotor 127 et l'arbre de rotor 121 sont aptes à tourner autour du deuxième axe de rotation Y.
- [0062] Le dispositif à engrenages planétaires 110 comprend un premier train planétaire 111 et un deuxième train planétaire 112 agencés en série autour du deuxième axe de rotation Y. On entend par « agencés en série », un agencement du dispositif à en-

grenages planétaires tel que l'élément de sortie du premier train planétaire est solidaire en rotation de l'élément d'entrée du deuxième train planétaire selon le deuxième axe de rotation Y.

- [0063] Le premier train planétaire 111 et le deuxième train planétaire 112 sont disposés axialement l'un à côté de l'autre.
- [0064] Le premier train planétaire 111 comprend un premier solaire 1111 et un premier jeu de pignons satellites 1110 engrenant chacun avec le premier solaire 1111. Les pignons satellites 1110 du premier jeu pignons satellites sont portés par un porte satellite 113.
- [0065] Le premier solaire 1111 forme un premier organe d'entrée du premier train planétaire 111. Le porte satellite 113 forme un premier organe de sortie du premier train planétaire 111.
- [0066] Le deuxième train planétaire 112 comprend un deuxième solaire 1121 et un deuxième jeu de pignons satellites 1120 engrenant chacun avec le deuxième solaire 1121. Les pignons satellites 1120 du deuxième jeu pignons satellites sont également portés par le porte satellite 113.
- [0067] Le porte satellite 113 forme un deuxième organe d'entrée du deuxième train planétaire 111. Le deuxième solaire 1121 forme un deuxième organe de sortie du deuxième train planétaire 112.
- [0068] Le premier solaire 1111 est couplé en rotation selon le deuxième axe de rotation Y avec l'élément d'entrée 21 du différentiel 20 et le deuxième solaire 1121 est couplé en rotation, selon le deuxième axe de rotation Y, au premier arbre latéral 31.
- [0069] L'arbre de rotor 121 de la deuxième machine électrique est quant à lui couplé en rotation, selon le deuxième axe de rotation Y, avec le porte satellite 113. Ainsi, la deuxième machine électrique, en transmettant un couple additionnel au porte satellite, permet d'adapter la valeur du couple transmis aux premier et deuxième arbres latéraux 31 et 32 en différenciant notamment la valeur de couple transmis par le premier arbre latéral 31 de la valeur de couple transmis par le deuxième arbre latéral 32.
- [0070] Le dispositif à engrenages planétaires 110 est agencé axialement entre la deuxième machine électrique 120 et le différentiel 20.
- [0071] On remarque que le dispositif à engrenages planétaires est dépourvu de couronne(s) à l'intérieur de laquelle engrènent le premier jeu de pignons satellites et le deuxième jeu de pignons satellites.
- [0072] De façon avantageuse, le dispositif à engrenages planétaires 110 présente, entre le premier organe d'entrée 1111 et le deuxième organe de sortie (1121), un premier rapport de vitesse stationnaire R compris entre 0,975 et 0,995, de préférence compris entre 0,98 et 0,99.
- [0073] Cette plage offre un bon compromis fournissant à la fois un bon rendement et un niveau de sollicitation adéquat. En effet, lorsque la vitesse du premier solaire 1111 est

nulle, le deuxième rapport de vitesse k entre le porte satellite 113 et le deuxième solaire 1121 est égal à $1/(1-R)$. Aussi, lorsque le premier rapport de vitesse stationnaire R du dispositif à engrenages planétaires est supérieur à 0,0995, le deuxième rapport de vitesse k entre le porte satellite et le deuxième solaire 1121 est de 200. Un tel ratio est important et il augmente de façon exponentielle en s'approchant de 1, ce qui peut endommager le dispositif.

- [0074] Les figures 3 et 4 montrent l'évolution du deuxième rapport de vitesse k par rapport au premier rapport de vitesse stationnaire R . La [Fig.3] montre l'évolution exponentielle du deuxième rapport k lorsque le premier rapport de vitesse R s'approche de 1. La [Fig.4] montre la plage de valeurs préférée pour le premier rapport de vitesse stationnaire R .
- [0075] Dans le premier mode de réalisation représenté sur les figures 1 et 2 ainsi que dans le mode de réalisation représenté sur les figures 5 à 7, le premier jeu de pignons satellites 1110 et le deuxième jeu de pignons satellites 1120 comprennent chacun exactement 5 pignons satellites. Ainsi, comparé aux trains planétaires à 3 pignons satellites ou moins, l'augmentation du nombre de dents de contact permet de réduire la superficie des différentes surfaces de contact et donc de diminuer la taille des satellites et de réduire l'encombrement global du dispositif à engrenages planétaires, notamment radialement.
- [0076] En ce qui concerne le dispositif à engrenages planétaires 110, le porte satellite 113 comprend un voile 115 monté solidaire en rotation de l'arbre de rotor 121 de la deuxième machine électrique 120.
- [0077] Comme on peut le voir sur la [Fig.7], il peut à cet effet être doté de cannelures coopérant avec des cannelures de l'arbre de rotor 121.
- [0078] Le porte satellite 113 comporte des tiges 117 s'étendant parallèlement au deuxième axe de rotation Y et autour desquelles sont montés respectivement par paire et de façon axialement décalée, un pignon satellite 1110 du premier jeu de pignons satellites et un pignon satellite 1120 du deuxième jeu de pignons satellites.
- [0079] Du côté opposé au voile 115, le porte satellites 113 comprend un couvercle 114. Les tiges 117 sont fixées par leur première extrémité au voile et au couvercle par leur seconde extrémité. Par conséquent, le premier jeu de pignons satellites 1110 et le deuxième jeu de pignons satellites 1120 étant agencés axialement entre le voile 115 et le couvercle 114. Le couvercle 114 présente une forme annulaire autour du deuxième axe de rotation Y .
- [0080] Le porte satellite 113 peut aussi être doté d'entretoises 124 agencées entre le voile 115 et le couvercle 114. De préférence, chaque entretoise 124 est disposée circonférentiellement entre deux paires de pignons satellite, chaque paire de pignon satellite comprenant un pignon satellite du premier jeu de pignon satellites et un pignon

satellite du deuxième jeu pignon satellites.

- [0081] Le premier solaire 1111 est monté solidaire en rotation de l'élément d'entrée 21 du différentiel 20 grâce à des cannelures ménagées à la fois sur le diamètre interne du premier solaire 1111 et sur diamètre extérieur du premier manchon 27. Avantageusement, un épaulement 271 est agencé à l'extrémité des cannelures du premier manchon située en direction du jeu d'engrenages 25 du différentiel 20. Le premier solaire 1111 peut ainsi venir en butée axialement contre le manchon 27 lors du montage de l'assemblage du dispositif à engrenages planétaires avec l'ensemble de propulsion.
- [0082] Le deuxième solaire 1121 est monté solidaire en rotation du premier arbre latéral 31 grâce à des cannelures ménagées à la fois sur le diamètre interne du deuxième solaire 1121 et sur le diamètre extérieur du premier arbre latéral 31. Lors de l'assemblage du premier arbre latéral avec le module d'adaptation du couple et avec l'ensemble de propulsion, le premier arbre latéral 31 est d'une part solidarisé en rotation, selon le deuxième axe de rotation Y, avec le deuxième solaire 1121 au moyen de ces cannelures, et d'autre part avec la première sortie du jeu d'engrenages 25 du différentiel 20 avec d'autres cannelures.
- [0083] Les dentures périphériques des pignons satellites 1110 du premier jeu de pignon satellites ont chacune un même nombre de dents qui est différent du nombre de dents des dentures périphériques des pignons satellites 1120 du deuxième jeu de pignon satellites.
- [0084] Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 5 à 7, on peut voir que le premier solaire 1111 est doté d'une denture périphérique comprenant 37 dents, le deuxième solaire 1121 est doté d'une denture périphérique comprenant 33 dents, les pignons satellites 1110 du premier jeu de pignons satellites sont dotés chacun d'une denture périphérique comprenant 21 dents et les pignons satellites du deuxième jeu de pignons satellites 1120 sont dotés chacun d'une denture périphérique comprenant 19 dents. On atteint avec cette configuration un premier rapport de vitesse stationnaire R, entre le premier organe d'entrée et le deuxième organe de sortie, égal à 0.985775, dans la plage souhaitée avantagement.
- [0085] Une telle configuration est particulièrement intéressante du point de vue de l'encombrement. Il est en effet avantageux que le module d'adaptation du couple ajouté à l'ensemble de propulsion soit compact.
- [0086] Dans un plan perpendiculaire au deuxième axe de rotation Y, la périphérie externe du dispositif à engrenages planétaires 110 s'inscrit dans un cercle de diamètre D1 et la périphérie externe de la deuxième machine électrique 120 s'inscrit dans un cercle de diamètre D2, la deuxième machine électrique 120 et le dispositif à engrenages planétaires 110 sont dimensionnés de sorte que $0,85 < D1/D2 < 1,15$, en particulier

$0,9 < D1/D2 < 1,1$.

- [0087] Pour limiter l'encombrement radial de la deuxième machine électrique 120, on choisit avantageusement une machine à refroidissement par air.
- [0088] La deuxième machine électrique est relativement petite par rapport à la première machine électrique. La première machine électrique présente un diamètre externe $D4$ et la deuxième machine électrique présente un diamètre externe $D2$. La première machine électrique et la deuxième machine électrique sont dimensionnés de sorte que $2 < D4/D2 < 5$.
- [0089] L'élément d'entrée 21 du différentiel 20 comprend une couronne d'entrée présentant un diamètre externe $D3$, la couronne d'entrée étant entraînée en rotation par le dispositif de réduction, le diamètre $D2$ étant inférieur au diamètre externe $D3$ de la couronne d'entrée.
- [0090] Axialement, le module d'adaptation de couple 100 est agencé entièrement dans l'espace axial occupé par la première machine électrique 11, en particulier dans l'espace axial occupé par le rotor (sans l'arbre de rotor) et le stator de la première machine électrique 11.
- [0091] Ainsi, le module d'adaptation du couple peut être ajouté à l'ensemble de propulsion dans le prolongement axial du différentiel sans déborder axialement ou radialement de l'espace occupé par l'ensemble de propulsion.
- [0092] Le système de transmission de couple comprend un premier carter 19 agencé autour de l'ensemble de propulsion et un deuxième carter 109 agencé autour du module d'adaptation du couple 100.
- [0093] Le boîtier 21 du différentiel 20 comprend un premier manchon 27 agencé autour du deuxième axe de rotation Y , et le premier carter 19 comprend une première ouverture 18 par laquelle le premier manchon 27 dépasse du premier carter 19 le long du deuxième axe de rotation Y . L'ouverture 18 est située axialement en regard du premier solaire 11.
- [0094] Le deuxième carter 109 comprend une première ouverture 1090 par laquelle passe le deuxième axe de rotation Y . Le premier arbre latéral 31 peut être enfilé à travers la première ouverture 1090 du deuxième carter 109 puis passer à l'intérieur du module d'adaptation du couple puis à l'intérieur du premier manchon 27 le long du deuxième axe de rotation Y pour venir s'accoupler avec la première sortie du jeu d'engrenages 25 du différentiel.
- [0095] De l'autre côté, l'élément d'entrée de couple 21 du différentiel 20 comprend un deuxième manchon 28 agencé autour du deuxième axe de rotation Y . Le premier carter 19 comprend une deuxième ouverture par laquelle passe le deuxième axe de rotation Y . Le deuxième manchon 28 est agencé à l'intérieur du premier carter 19 axialement au regard de la deuxième ouverture.

- [0096] Le deuxième arbre latéral 32 peut être enfilé à travers la deuxième ouverture du carter 19 à l'intérieur du deuxième manchon 28 pour venir s'accoupler avec la deuxième sortie du jeu d'engrenages 25 du différentiel.
- [0097] Le premier carter 19 comprend une première partie 191 disposant d'un logement dans lequel est montée la première machine électrique. Le premier carter comprend aussi une deuxième partie 192 fixée à la première partie 191 en refermant le logement de la première partie 191. La deuxième partie 192 enveloppe une portion de l'espace occupé par le dispositif de réduction 30 et le différentiel 20 (à l'exception du premier manchon). Une troisième partie 193 du premier carter 19 est fixée à la deuxième partie 192 et enveloppe le reste de l'espace occupé par le dispositif de réduction 30 et le différentiel 20 (à l'exception du premier manchon). La deuxième partie 192 est serrée axialement entre la première partie 191 et la troisième partie 193 du premier carter 19.
- [0098] Le deuxième carter 109 recouvrant le module d'adaptation de couple 100 comprend une cloche 1091 ouverte axialement en direction du différentiel. Cette cloche abrite le dispositif à engrenages planétaires.
- [0099] Une portion tubulaire 1920 du premier carter 19, notamment de sa deuxième partie 192, fait saillie axialement en direction du premier solaire 1111.
- [0100] Le couvercle 114 du porte satellite 113 est disposé radialement entre le bord de l'ouverture de la cloche 1091 et cette portion tubulaire 1920.
- [0101] Un palier 16 peut être agencé radialement entre cette portion tubulaire 1920 de la deuxième partie 192 du premier carter 19 et le diamètre intérieur du couvercle 114 du porte satellite 113.
- [0102] Grâce à ces caractéristiques, le module d'adaptation de couple 100 peut être ajouté de façon simple, par exemple en option, sur un ensemble de propulsion 10.
- [0103] Le deuxième carter 109 comprend aussi une chambre dans laquelle sont logés le stator 126 et le rotor 127 de la deuxième machine électrique 120. La chambre est délimitée axialement de chaque côté du rotor par un flasque. De chaque côté, un palier est agencé radialement entre l'arbre de rotor 121 de la deuxième machine électrique 120 et l'un des deux flasques de la chambre.
- [0104] Le premier carter 19, en particulier la première partie 191 du premier carter 19 comprend un fourreau 1910 (ou concavité) à l'intérieur duquel est monté le deuxième carter 109.
- [0105] Un palier est monté radialement entre le premier arbre latéral 31 et le fourreau 1910 du premier carter 19. Ce fourreau peut être formé d'un seul tenant ou sur une pièce rapportée à la première partie 191 du premier carter 19.
- [0106] Selon un mode de réalisation, le système de transmission de couple comprend un premier onduleur associé à la première machine électrique et un deuxième onduleur associé à la deuxième machine électrique, le système de transmission de couple

comprenant une unité de commande commune pour piloter le premier onduleur et le deuxième onduleur.

[0107] Le système de transmission est configuré pour autoriser un fonctionnement réversible de la deuxième machine électrique, c'est-à-dire pour l'autoriser à fonctionner en mode régénération.

[0108] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

[Revendication 1]

Système de transmission de couple (1) pour un véhicule électrique ou hybride, comprenant un ensemble de propulsion (10) et un module d'adaptation de couple (100), l'ensemble de propulsion (10) comprenant :

:

- une première machine électrique (11) comportant un stator (6) et un rotor (7) ainsi qu'un arbre de rotor (12) apte à tourner autour d'un premier axe de rotation (X),

- un différentiel (20) comprenant un élément d'entrée de couple (21) mobile autour d'un deuxième axe de rotation (Y), l'élément d'entrée de couple (21) du différentiel (20) étant apte à entraîner en rotation autour du deuxième axe de rotation (Y), un premier arbre latéral (31) et un deuxième arbre latéral (32), via un jeu d'engrenages (25),

- un dispositif de réduction (30) apte à transmettre un couple entre l'arbre de rotor (12) de la machine électrique (11) et le différentiel (20) de sorte que la vitesse de rotation des premier et deuxième arbres latéraux (31, 32) soit inférieure à la vitesse de rotation de l'arbre de rotor (12) lorsqu'un couple est transmis entre la première machine électrique (11) et le différentiel (20),

caractérisé en ce que le module d'adaptation de couple (100) comprend :

- d'une part un dispositif à engrenages planétaires (110) comportant un premier train planétaire (111) et un deuxième train planétaire (112) agencés autour du deuxième axe de rotation (Y), axialement l'un au regard de l'autre ; le premier train planétaire (111) comprenant un premier jeu de pignons satellites (1110), un premier organe d'entrée formé par un premier solaire (1111) et un premier organe de sortie formé par un porte satellite (113) portant le premier jeu de pignons satellites (1110) ; le deuxième train planétaire (112) comprenant un deuxième jeu de pignons satellites (1120), un deuxième organe d'entrée formé par le porte satellite (113) qui porte également le deuxième jeu de pignons satellites (1120) et un deuxième organe de sortie formé par un deuxième solaire (1121) ; le premier solaire (1111) étant couplé en rotation selon le deuxième axe de rotation (Y) avec l'élément d'entrée (21) du différentiel (20) ; et le deuxième solaire (1121) étant couplé en rotation selon le deuxième axe de rotation (Y) au premier arbre latéral (31),

- d'autre part une deuxième machine électrique (120) comprenant un

- arbre de rotor (121) couplé en rotation, selon le deuxième axe de rotation (Y), avec le porte satellite (113).
- [Revendication 2] Système de transmission de couple (1) selon la revendication 1 dans lequel le dispositif à engrenages planétaires (110) présente un premier rapport de vitesse stationnaire (R) compris entre 0,975 et 0,995, de préférence compris entre 0,98 et 0,99.
- [Revendication 3] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le premier jeu de pignons satellites (1110) et le deuxième jeu de pignons satellites (1120) comprennent chacun 4 pignons satellites ou plus.
- [Revendication 4] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le premier jeu de pignons satellites (1110) et le deuxième jeu de pignons satellites (1120) comprennent chacun exactement 5 pignons satellites.
- [Revendication 5] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications précédentes dans lequel les dentures périphériques des pignons satellites (1110) du premier jeu de pignon satellites ont chacun un même nombre de dents qui est différent du nombre de dents des dentures périphériques des pignons satellites (1120) du deuxième jeu de pignon satellites.
- [Revendication 6] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le premier solaire (111) est doté d'une denture périphérique comprenant 37 dents, le deuxième solaire (112) est doté d'une denture périphérique comprenant 33 dents, les pignons satellites (1110) du premier jeu de pignons satellites sont dotés chacun d'une denture périphérique comprenant 21 dents et les pignons satellites du deuxième jeu de pignons satellites (1120) sont dotés chacun d'une denture périphérique comprenant 19 dents.
- [Revendication 7] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications précédentes dans lequel, dans un plan perpendiculaire au deuxième axe de rotation (Y), la périphérie externe du dispositif à engrenages planétaires (110) s'inscrit dans un cercle de diamètre D1 et la périphérie externe de la deuxième machine électrique (120), notamment du stator, s'inscrit dans un cercle de diamètre D2, la deuxième machine électrique (120) et le dispositif à engrenages planétaires (110) sont dimensionnés de sorte que $0,9 < D1/D2 < 1,1$
- [Revendication 8] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le deuxième axe de rotation (Y) est parallèle au premier axe de rotation (X) et le module d'adaptation de couple (100)

est agencé entièrement dans l'espace axial occupé par la première machine électrique (11), en particulier dans l'espace axial occupé par le stator (6) de la première machine électrique (11).

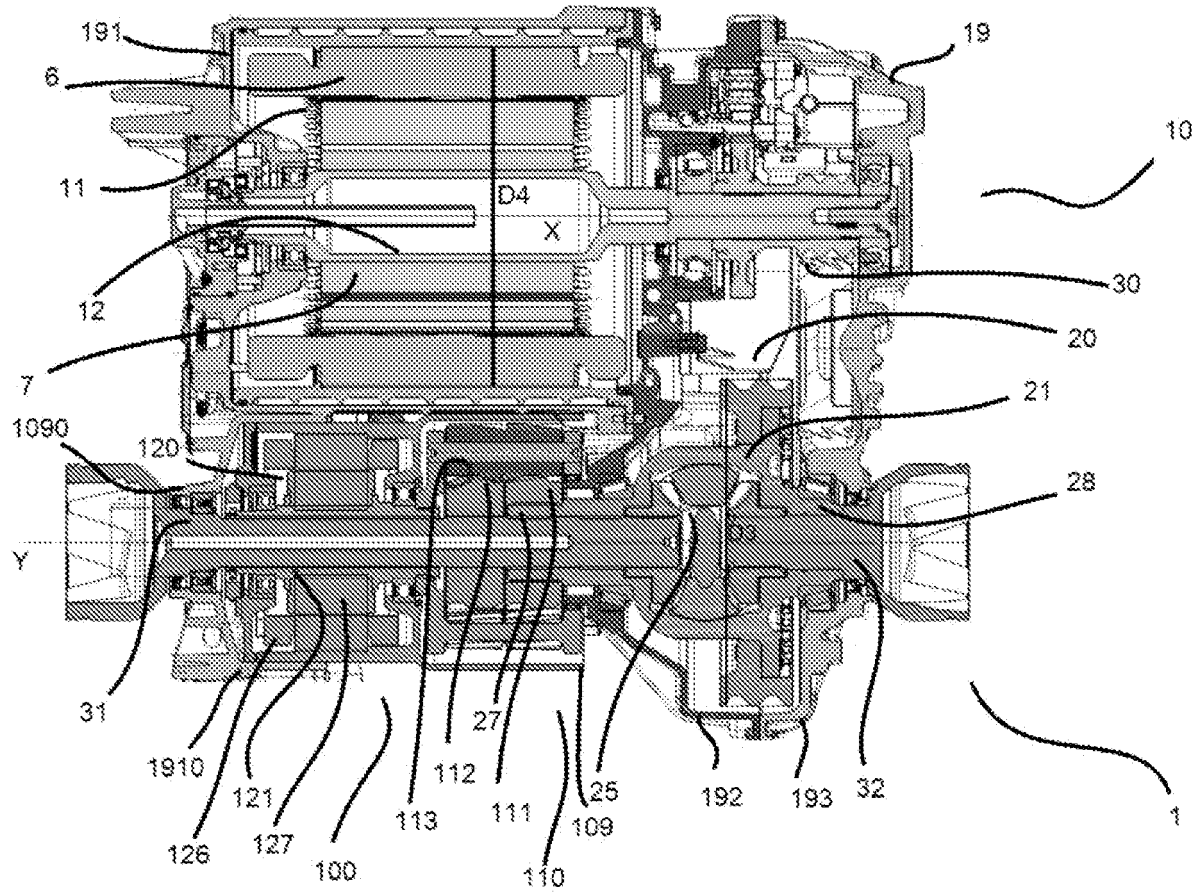
- [Revendication 9] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le porte satellite (113) comprend :
- un voile (115) monté solidaire en rotation de l'arbre de rotor (121) de la deuxième machine électrique (120);
 - des tiges (117) s'étendant parallèlement au deuxième axe de rotation (Y) et autour desquelles sont montés respectivement, par paire et de façon axialement décalée, un pignon satellite (1110) du premier jeu de pignons satellites et un pignon satellite (1120) du deuxième jeu de pignons satellites ;
 - un couvercle (114), le premier jeu de pignons satellites (1110) et le deuxième jeu de pignons satellites (1120) étant agencés axialement entre le voile (115) et le couvercle (114).
- [Revendication 10] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le système de transmission comprend un premier carter (19), l'élément d'entrée de couple (21) du différentiel (20) étant un boîtier enfermant le jeu d'engrenages (25) du différentiel (20), le boîtier (21) du différentiel comprenant un premier manchon (27) agencé autour du deuxième axe de rotation (Y), et le premier carter (19) comprenant une première ouverture (18) par laquelle passe le deuxième axe de rotation (Y), le premier manchon (27) dépassant du premier carter (19) le long du deuxième axe de rotation (Y) à la travers la première ouverture (18).
- [Revendication 11] Système de transmission de couple (1) selon la revendication précédente dans lequel le premier solaire (1111) est monté solidaire en rotation de l'élément d'entrée (21) du différentiel (20) grâce à des cannelures ménagées à la fois sur le diamètre interne du premier solaire (1111) et sur diamètre extérieur du premier manchon (27).
- [Revendication 12] Système de transmission de couple (1) selon la revendication précédente dans lequel un épaulement 271 est agencé à l'extrémité des cannelures du premier manchon située en direction du jeu d'engrenages 25 du différentiel 20, le premier solaire 1111 étant ainsi apte à venir en appui axial contre le manchon 27 lors de l'assemblage du dispositif à engrenages planétaires avec l'ensemble de propulsion.
- [Revendication 13] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications 10 à 12 dans lequel le premier carter (19) comprend une première partie

(191) disposant d'un logement dans lequel est monté la première machine électrique, une deuxième partie (192) fixée à la première partie (191) en refermant le logement de la première partie (191), la deuxième partie (192) enveloppant une portion de l'espace occupé par le dispositif de réduction (30) et le différentiel (20) (à l'exception du premier manchon), une troisième partie (193) fixée à la deuxième partie (192) et enveloppant le reste de l'espace occupé par le dispositif de réduction (30) et le différentiel (20) (à l'exception du premier manchon).

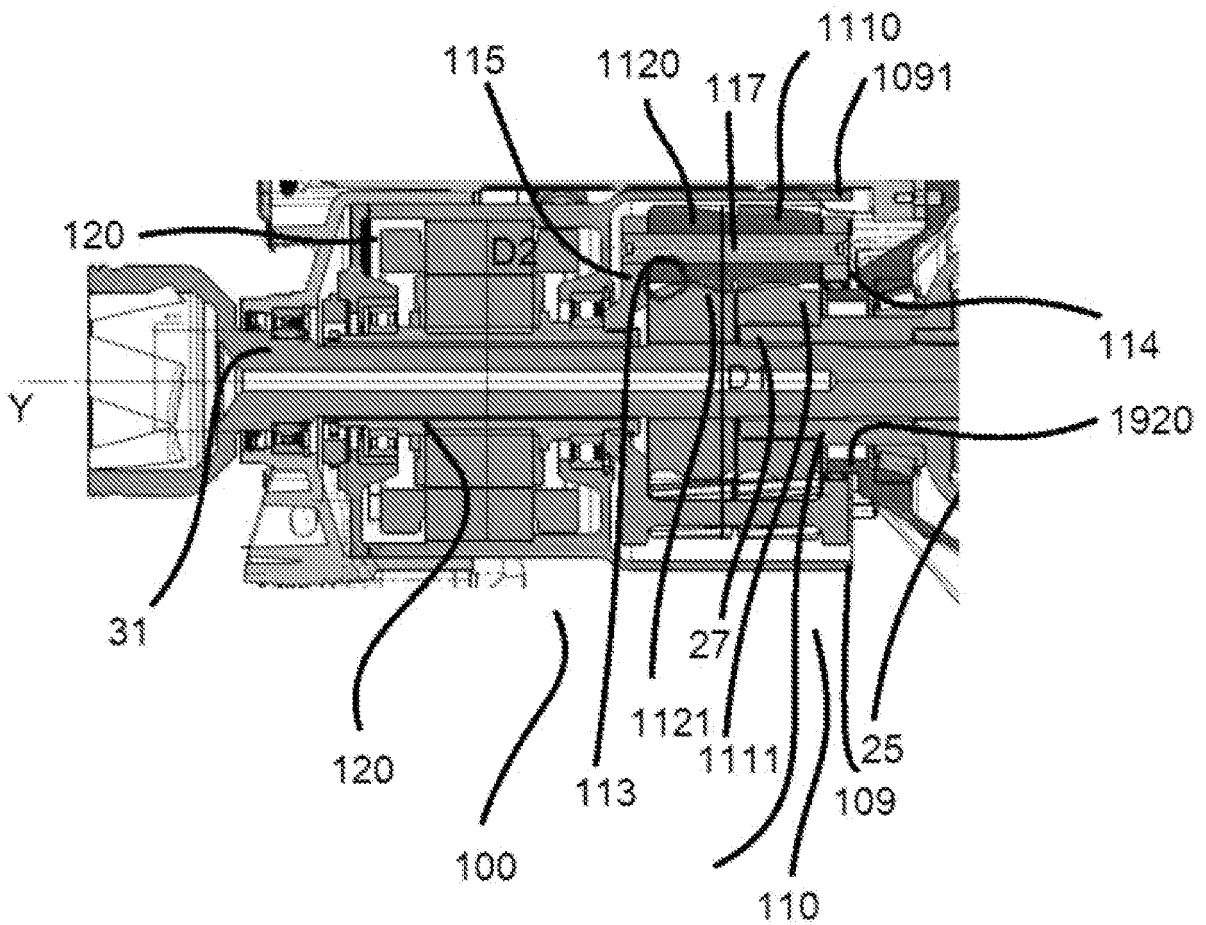
[Revendication 14] Système de transmission de couple (1) selon l'une des revendications 10 à 14 dans lequel l'ensemble de propulsion comprend un deuxième carter (109) recouvrant le module d'adaptation de couple (100), le deuxième carter (109) comprenant une cloche (1091) dans laquelle est disposé le dispositif à engrenages planétaires, la cloche (1091) étant ouverte axialement en direction du différentiel, le couvercle (114) du porte satellite (113) étant disposé radialement entre le bord de l'ouverture de la cloche et une portion tubulaire (1920) du premier carter (19), notamment de sa deuxième partie. (192).

[Revendication 15] Système de transmission de couple (1) selon la revendication 14 dans lequel un palier (116) est agencé radialement entre la portion tubulaire (1920) du premier carter (19) et le couvercle (114) du porte satellite (113).

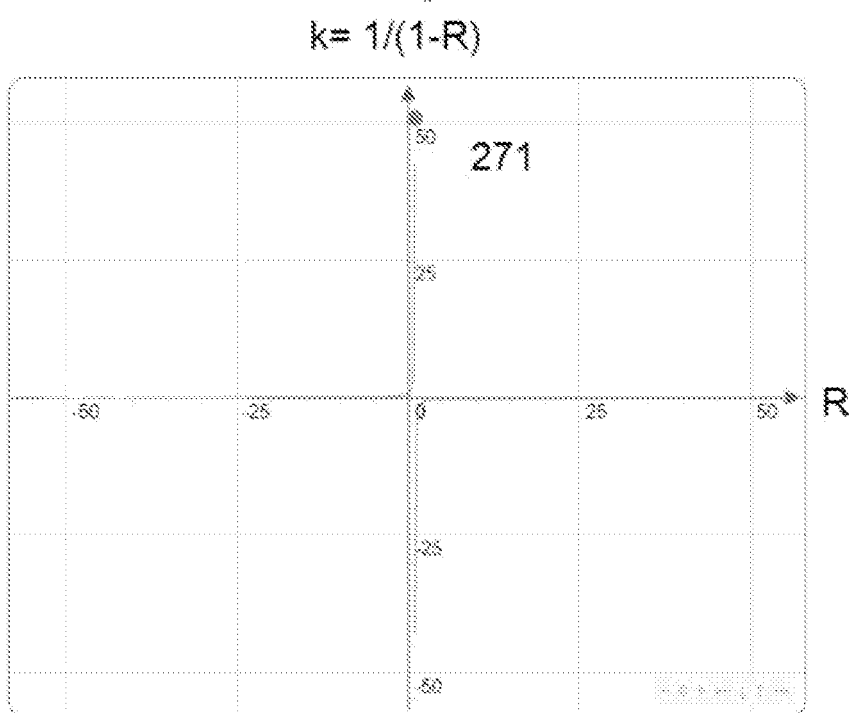
[Fig. 1]



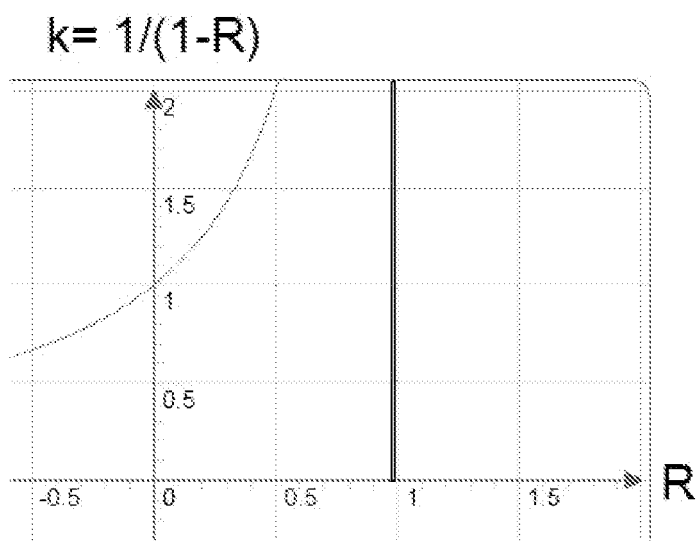
[Fig. 2]



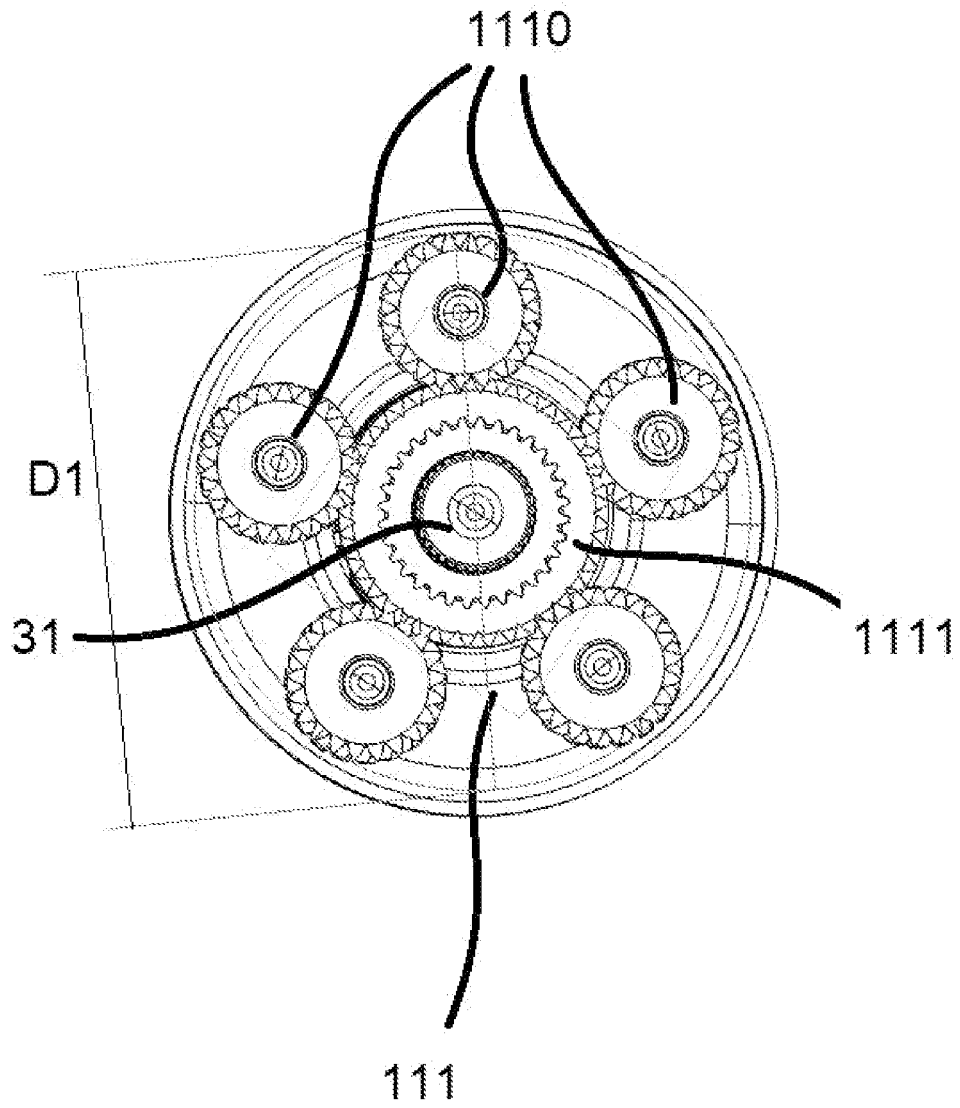
[Fig. 3]



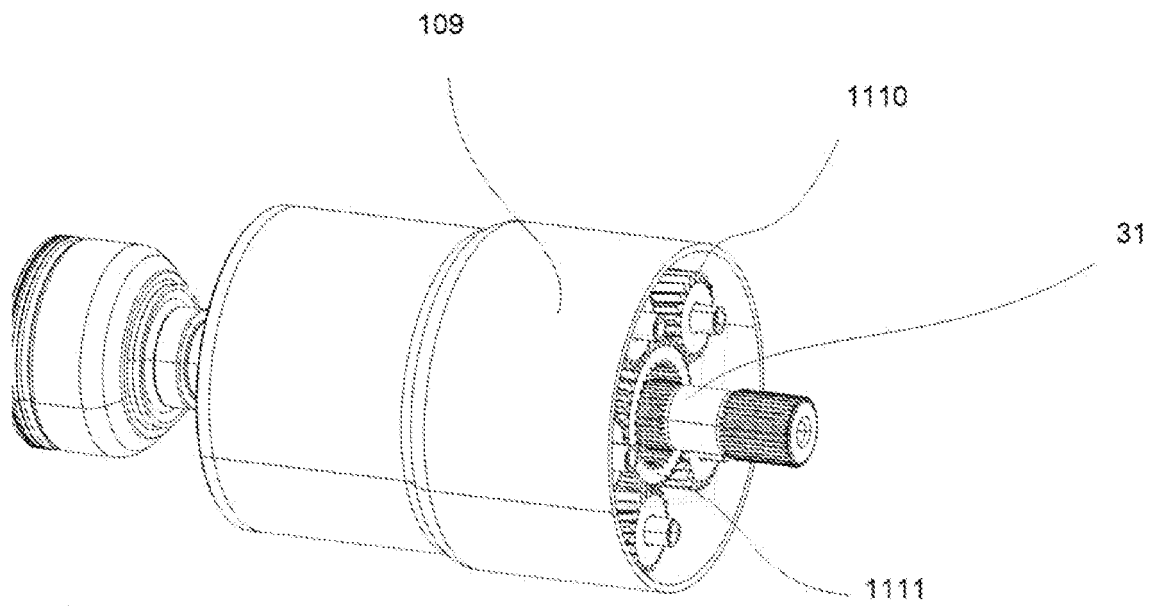
[Fig. 4]



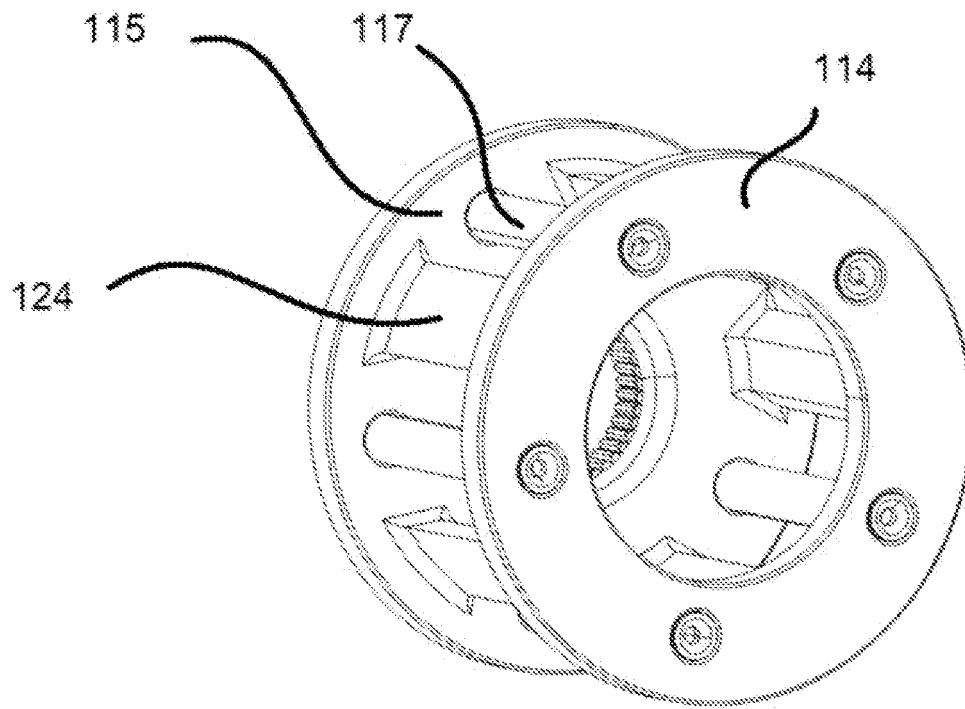
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 914784
FR 2214432

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		
X	WO 2017/207061 A1 (GKN AUTOMOTIVE LTD [GB]) 7 décembre 2017 (2017-12-07)	1-7, 9-12	F16H48/36
Y	* page 5, lignes 6-10; figures 7, 8, 9 * * page 11, lignes 23-26 * * page 12, lignes 8-20 * * page 15, lignes 27-33 *	8, 13-15	
Y	DE 10 2015 104203 A1 (PORSCHE AG [DE]) 22 septembre 2016 (2016-09-22) * figure 2 *	8	
Y	US 2017/023114 A1 (WANG JUNNIAN [CN] ET AL) 26 janvier 2017 (2017-01-26) * figure 4 *	13-15	
A	US 2022/107007 A1 (OH SE HOON [KR] ET AL) 7 avril 2022 (2022-04-07) * figure 3 *	9	
A	US 2019/293162 A1 (YAMAMOTO ERIKO [JP] ET AL) 26 septembre 2019 (2019-09-26) * figure 3 *	9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60K F16H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 juillet 2023		Martínez Hurtado, I	
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 2214432 FA 914784**

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 **03-07-2023**
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
WO 2017207061 A1	07-12-2017	CN 109562682 A	02-04-2019
		DE 112016006924 A5	28-02-2019
		WO 2017207061 A1	07-12-2017

DE 102015104203 A1	22-09-2016	AUCUN	

US 2017023114 A1	26-01-2017	CN 104675951 A	03-06-2015
		US 2017023114 A1	26-01-2017

US 2022107007 A1	07-04-2022	KR 102107058 B1	12-05-2020
		US 2022107007 A1	07-04-2022
		WO 2020184774 A1	17-09-2020

US 2019293162 A1	26-09-2019	CN 110296184 A	01-10-2019
		JP 7045892 B2	01-04-2022
		JP 2019168009 A	03-10-2019
		US 2019293162 A1	26-09-2019
