

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ GROUPE MOTOPROPULSEUR A TRANSMISSION PILOTEE POUR VELO A ASSISTANCE ELECTRIQUE.

⑫② Date de dépôt : 21.03.22.

⑫③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Bontaz Centre Société par actions simplifiée* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 22.09.23 Bulletin 23/38.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 26.07.24 Bulletin 24/30.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : LASSEIGNE Olivier, SEBILLE Dominique, PETIT Guillaume et PERROT Yohann.

⑦③ Titulaire(s) : Bontaz Centre Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.



Description

Titre de l'invention : GROUPE MOTOPROPULSEUR A TRANSMISSION PILOTEE POUR VELO A ASSISTANCE ELECTRIQUE

DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTERIEUR

- [0001] La présente invention se rapporte à un groupe motopropulseur pour vélo à assistance électrique et à un vélo à assistance électrique comportant un tel actionneur.
- [0002] Le vélo à assistance électrique connaît un très fort développement à la fois parce qu'il offre un mode de déplacement facilité avec l'assistance qu'il apporte en évitant d'utiliser la voiture, il offre également une assistance notamment sur des terrains pentus et permet la pratique sportive du vélo au plus grand nombre.
- [0003] Il existe deux types de vélos à assistance électrique. Le premier type comporte un moteur qui agit directement sur le moyeu de la roue arrière ou de la roue avant. Le deuxième type comporte un moteur intégré directement au niveau du pédalier. Cette disposition permet d'offrir un dispositif plus compact et de replacer le centre de gravité de l'unité d'entraînement sous l'utilisateur.
- [0004] Le document US10773771 décrit un dispositif d'entraînement hybride pour vélo électrique comportant un pédalier actionné par la force physique, un moteur électrique au niveau du pédalier, un réducteur épicycloïdal dont la couronne est munie sur sa périphérie extérieure de dents qui engrènent une chaîne qui, elle-même, entraîne la roue arrière dont le moyeu est muni de pignon.
- [0005] Le pédalier est solidaire en rotation du porte-satellite du réducteur, le moteur entraîne le planétaire.
- [0006] Le vélo comporte un dispositif de changement de rapport de réduction qui peut être un mécanisme de changement de vitesse par exemple à pignons sur le moyeu de la roue arrière à actionnement manuel ou automatique. Un certain nombre de rapports de réduction peuvent être obtenu, par exemple 6.
- [0007] Le changement de rapport de transmission est obtenu en actionnant le mécanisme de changement de vitesse. Or à chaque changement de vitesse, il se produit une rupture de couple.
- [0008] Lorsque le changement de vitesse est commandé par l'utilisateur, cette rupture de couple est considérée comme acceptable. Lorsque ce changement de vitesse est commandé automatiquement suite à la mesure de plusieurs paramètres, cette rupture de couple inattendue est très mal perçue par l'utilisateur, qui peut même penser à un dysfonctionnement du groupe motopropulseur.
- [0009] Afin de rendre les changements de vitesse plus confortable, le document

US10773771 propose de réduire le couple sur la couronne, mais aucun détail n'est donné sur les moyens à mettre en œuvre pour aboutir à ce résultat.

- [0010] Il existe des groupes motopropulseurs tels que celui décrit dans le document US2017/0183056, qui comporte un axe de pédale, un réducteur planétaire, un moteur de traction connecté au porte-satellite qui forme l'entrée du réducteur et un deuxième moteur variateur qui est connecté au planétaire qui forme l'élément de transmission du réducteur. La sortie du réducteur formée par la couronne est connectée au plateau de chaîne. Ce groupe motopropulseur est relativement complexe à réaliser.

Exposé de l'invention

- [0011] C'est par conséquent un but de la présente demande d'offrir un groupe motopropulseur pour vélo à assistance électrique dans lequel les désagréments liés aux ruptures de couple lors des changements de vitesse sont réduits, voire supprimés et présente une réalisation simplifiée.
- [0012] Le but énoncé ci-dessus est atteint par un groupe motopropulseur pour vélo à assistance électrique intégrant une transmission continûment variable. Pour cela, le groupe comporte un premier moteur électrique configuré pour fournir l'assistance, un réducteur épicycloïdal interposé entre la sortie du premier moteur et le pédalier, un deuxième moteur électrique configuré pour agir sur le réducteur épicycloïdal de sorte à modifier son rapport de réduction. En outre, l'arbre du pédalier et l'arbre portant le plateau sont distincts, ce qui permet de simplifier la réalisation du groupe motopropulseur, notamment en réduisant le nombre d'arbres creux requis.
- [0013] En outre, cette réalisation permet de réduire la largeur du groupe motopropulseur. Enfin il est plus aisé de recouvrir le plateau d'un carter pour protéger l'utilisateur et améliorer l'esthétique de l'actionneur ou groupe motopropulseur.
- [0014] Grâce à l'invention, il est possible de faire varier de manière continue le rapport de réduction de manière automatique, les ruptures de couple sont alors réduites, voire supprimées, et le confort de l'utilisateur est sensiblement amélioré.
- [0015] Dans un mode préféré, le pignon du pédalier et le premier moteur entraînent le planétaire, le porte-satellite est connecté mécaniquement au plateau, et le deuxième moteur est en interaction avec la couronne, qui est montée mobile en rotation, de sorte à modifier sa vitesse et ainsi à modifier le rapport de réduction du train épicycloïdal.
- [0016] Le changement de vitesse s'effectue automatiquement, ce qui permet de maintenir des conditions de fonctionnement optimales pour le premier moteur. La consommation électrique est alors optimisée et la durée de vie du moteur est augmentée.
- [0017] L'invention permet en outre de mettre en œuvre facilement différentes fonctions, par exemple celle de roue libre sans avoir à ajouter d'éléments mécaniques supplémentaires, et sans que cela empêche d'autres fonctions tels que l'assistance en marche

arrière.

- [0018] Très avantageusement, le deuxième moteur est un moteur électrique qui ne génère pas de couple résistant, lorsqu'il est entraîné mécaniquement, par exemple un moteur sans aimant, afin d'améliorer le confort de l'utilisateur lorsqu'il n'y a pas d'assistance.
- [0019] Dans un mode de réalisation, un frein électromécanique est prévu sur la couronne pour immobiliser la couronne par exemple dans les phases à très fort couple, par exemple lors d'un démarrage en pente. Le frein remplace alors le deuxième moteur et la consommation électrique peut être réduite.
- [0020] Un objet de la présente demande est alors un groupe motopropulseur pour vélo à assistance électrique comportant un arbre de pédalier s'étendant le long d'un premier axe longitudinal, un premier moteur électrique, un réducteur épicycloïdal, un deuxième moteur électrique, un plateau, le réducteur épicycloïdal et le plateau présentant un deuxième axe longitudinal parallèle au et distinct du premier axe longitudinal, dans lequel le réducteur épicycloïdal comporte un élément d'entrée attaqué par l'arbre du pédalier, le premier moteur, et un élément de sortie entraînant le plateau et une couronne dentée, dans lequel la couronne dentée est montée mobile en rotation autour du deuxième axe longitudinal du réducteur épicycloïdal et dans lequel le deuxième moteur électrique est connecté mécaniquement à ladite couronne pour la mettre en rotation, le groupe motopropulseur étant destiné à être piloté par une unité de commande qui est configurée pour commander le premier moteur électrique et le deuxième moteur électrique, l'unité de commande commandant la vitesse de rotation de la couronne afin de modifier la raison du réducteur épicycloïdal et le rapport de transmission du groupe motopropulseur.
- [0021] Dans un exemple préféré, le réducteur épicycloïdal comporte un planétaire, la couronne dentée, des satellites engrenant le planétaire et la couronne dentée, un porte-satellite portant les satellites, le planétaire formant l'élément d'entrée du réducteur et le porte-satellite formant l'élément de sortie du réducteur.
- [0022] Le plateau est avantageusement solidaire en rotation du porte-satellite.
- [0023] La couronne peut comporter des dentures sur sa périphérie intérieure engrenant les satellites et des dentures sur sa périphérie extérieure engrenées par un pignon entraîné par le deuxième moteur.
- [0024] Avantageusement, le groupe motopropulseur comporte des moyens d'immobilisation pour immobiliser la couronne dentée sur commande, lesdits moyens d'immobilisation comportant avantageusement un frein électromécanique.
- [0025] Très avantageusement, le deuxième moteur est un moteur sans aimant.
- [0026] Dans un exemple de réalisation, l'arbre du pédalier porte un pignon qui est connecté à l'élément d'entrée du réducteur épicycloïdal par un train de pignons, et dans lequel le premier moteur comporte sur son arbre de sortie un pignon engrenant un pignon

solidaire d'un arbre sur lequel est fixé l'élément d'entrée du réducteur épicycloïdal.

- [0027] Un autre objet de la présente demande est un système motopropulseur comportant un groupe motopropulseur selon l'invention et une unité de commande du groupe motopropulseur.
- [0028] L'unité de commande peut être configurée pour mettre en rotation la couronne dentée dans un premier sens et dans un deuxième sens.
- [0029] Très avantageusement, l'unité de commande est configurée pour assurer une fonction d'assistance en marche arrière dans laquelle elle commande le premier moteur de tourner à vitesse lente dans un premier sens de rotation et le deuxième moteur de tourner dans un deuxième sens de rotation opposé au premier sens de rotation, de sorte que le porte-satellite tourne dans le deuxième sens de rotation.
- [0030] Un autre objet de la présente demande est un vélo à assistance électrique comportant un cadre, deux roues, dont une roue motrice portant un pignon, un système motopropulseur selon l'invention, des pédales montées sur l'arbre du pédalier, une batterie électrique alimentant le premier moteur électrique et le deuxième moteur électrique, un élément de transmission reliant le plateau et le pignon de la roue motrice, au moins un capteur de position absolu du premier moteur et au moins un capteur de position relative du deuxième moteur, l'unité de commande commandant le premier moteur et le deuxième moteur sur la base des signaux émis par les capteurs et les données déduits de ces signaux.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

- [0031] La description qui va suivre sera mieux comprise à l'aide des dessins en annexes sur lesquels :
- [0032] ([Fig.1]) est une représentation schématique d'un exemple de vélo à assistance électrique comportant un groupe motopropulseur selon l'invention,
- [Fig.2] est un schéma fonctionnel du groupe motopropulseur selon un premier mode de réalisation,
- [Fig.3] est un schéma fonctionnel du groupe motopropulseur selon un deuxième mode de réalisation.

DESCRIPTION DETAILLES DE MODES DE REALISATION

- [0033] Dans la description qui va suivre, l'invention sera décrite plus particulièrement dans une application à un vélo à deux roues, mais il sera compris que la présente invention s'applique à tout véhicule à roues muni d'un pédalier et d'une assistance électrique, par exemple un vélo à trois roues, également appelés vélo cargo ou vélo porteur.
- [0034] La direction X est la direction parallèle à l'axe du pédalier et normale au plan de la feuille dans la représentation de la [Fig.1] et la direction Y est orthogonale à la direction X et s'étend de l'avant vers l'arrière du vélo.

- [0035] Sur la [Fig.1], on peut voir un vélo V à assistance électrique comportant un cadre 2, une roue avant 4, une roue arrière 6, un pédalier 8 muni de deux pédales 10, un groupe motopropulseur G1 disposé au niveau du pédalier 8. En outre, le vélo comporte un plateau 12 pour transmettre la force motrice à la un pignon moteur 13 de roue arrière via une chaîne 15 ou une courroie.
- [0036] En variante, la force motrice est appliquée sur la roue avant.
- [0037] Le pédalier comporte un arbre A1 d'axe X1 sur les extrémités duquel sont fixées des pédales 10.
- [0038] Le plateau 12 présente un axe X2 parallèle à l'axe X1 et distinct de X1.
- [0039] Le vélo V comporte également une batterie électrique B destinée à alimenter notamment le groupe motopropulseur. Dans l'exemple représenté, la batterie B est montée sur le cadre, plus particulièrement sur le tube oblique 14. En variante elle peut être montée au niveau du porte-bagage.
- [0040] La transmission de la force motrice sera décrite ci-dessous.
- [0041] Le groupe motopropulseur G1, désigné par la suite « groupe », comporte un réducteur R, un premier moteur électrique M1 destiné assister l'utilisateur du vélo dans la génération de la force motrice, le premier moteur M1 peut être désigné « moteur de traction » et un deuxième moteur M2 destiné à modifier le rapport de réduction du réducteur R. Le moteur M2 peut être désigné « moteur variateur ».
- [0042] Le réducteur R est interposé entre l'arbre A1 du pédalier et le plateau 12.
- [0043] Le réducteur R est un réducteur ou train épicycloïdal comportant un planétaire 16, des satellites 18 engrenant le planétaire 16, un porte-satellite 20 portant les satellites 18 et une couronne 22 qu'engrènent les satellites.
- [0044] Dans cet exemple, le réducteur R et le plateau 12 sont coaxiaux.
- [0045] L'arbre A1 du pédalier comporte un premier pignon P1 d'axe X1 et solidaire en rotation de l'arbre A1. Ainsi la rotation de l'arbre provoquée par l'action sur les pédales met en rotation le premier pignon P1.
- [0046] Le premier pignon P1 est connecté au planétaire 16 du réducteur R.
- [0047] La connexion entre le premier pignon P1 et le planétaire 16 comporte un deuxième pignon P2 coaxial au planétaire 16 et solidaire de celui en rotation, un premier pignon fou P3 qui engrène le pignon P1 et un deuxième pignon fou P4 qui est coaxial et solidaire du premier pignon fou P3. Le deuxième pignon fou P4 engrène le deuxième pignon P2. Ainsi le planétaire 16 et le premier pignon P1 ont le même sens de rotation.
- [0048] Le deuxième pignon P2 et le planétaire 16 sont portés par un arbre A2. Un troisième pignon P5 est coaxial au deuxième pignon P2 et au planétaire 16 et est solidaire en rotation de ceux-ci. Dans l'exemple représenté, le troisième pignon P5 est disposé entre le deuxième pignon P2 et le planétaire 16. En variante le deuxième pignon P2 est disposé entre le planétaire 16 et le troisième pignon P5.

- [0049] Le moteur de traction M1 comporte un arbre de sortie muni d'un pignon P6 qui engrène le troisième pignon P5. Le troisième pignon P5 est désigné pignon moteur P5.
- [0050] Le deuxième moteur M2 comporte un arbre de sortie portant un pignon P7 engrenant des dents formées sur la périphérie extérieure de la couronne. En variante, le pignon P7 engrène la denture intérieure de la couronne, permettant d'éviter de réaliser une denture extérieure sur la couronne. Le moteur M2 est destiné à mettre en rotation la couronne 22 sur commande. Dans cet exemple, la couronne 22 comporte des dents sur sa périphérie intérieure qui engrène les satellites et des dents sur sa périphérie extérieure qui engrène le pignon du deuxième moteur M2.
- [0051] Le plateau P12 coaxial et solidaire en rotation du porte-satellite 20 forme la sortie du groupe. Le plateau 12 transmet le mouvement au pignon moteur de la roue arrière par une chaîne. En variante, une courroie crantée est mise en œuvre.
- [0052] La couronne 22 est avantageusement montée mobile en rotation sur l'arbre A2 au moyen d'un palier. Par exemple, la couronne est montée fixe sur un arbre creux A3 qui reçoit l'arbre A2 portant le planétaire 16.
- [0053] Le premier moteur M1 est par exemple un moteur sans balai ou brushless en terminologie anglosaxonne d'une puissance par exemple entre 100 W et 1000W.
- [0054] Dans l'exemple représenté, le réducteur épicycloïdal est de type I, néanmoins un groupe motopropulseur mettant en œuvre un réducteur épicycloïdal de type, II, III ou IV ne sort pas du cadre de la présente invention.
- [0055] De manière avantageuse, des moyens d'immobilisation mécanique ou électromécanique sont prévus pour immobiliser la couronne 22 en rotation par rapport au cadre du vélo. Par exemple ces moyens comportent un frein électromécanique F qui est serré et immobilise la couronne en l'absence d'alimentation électrique et est desserré, et laisse la couronne 22 libre en rotation, lorsque le frein est alimenté en électricité. Avantageusement, le frein est implanté dans le moteur M2, il bénéficie alors du rapport de réduction, ce qui réduit le couple de freinage à fournir. Le frein comporte par exemple des mors qui sont serrés sur la couronne au moyen d'un système de rappel type ressort. Les mors sont écartés sous l'action d'un électroaimant.
- [0056] En variante, c'est le deuxième moteur M2 qui assure cette fonction d'immobilisation, en freinant le rotor du moteur M2, une consommation électrique est alors à prévoir pour assurer cette immobilisation.
- [0057] Le groupe motopropulseur G1 comporte également une unité de commande UC destinée à commander le premier moteur M1 et le deuxième moteur M2 en fonction d'informations fournies par différents capteurs. A cette fin l'axe du moteur M1 est muni d'un capteur de position absolu qui permet de synchroniser les commandes des interrupteurs de puissance afin de magnétiser les phases du moteur dans une séquence adéquate. M2 possède son propre capteur de position relative ou un capteur piloté en

vitesse, afin de réaliser une commande en vitesse. La consommation de puissance de M2 permet d'estimer le couple appliqué sur les pédales par le cycliste. Cette information sur le couple appliqué par le cycliste participe à la gestion de l'assistance électrique. En outre, l'estimation à partir de la consommation du moteur M2 permet d'éviter de recourir à un capteur spécifique de couple complexe et de prix de revient élevé.

- [0058] En mettant en rotation la couronne 22, sa vitesse relativement aux satellites est modifiée. En pilotant la vitesse de rotation de la couronne 22, on pilote la vitesse de sortie du réducteur qui est connecté mécaniquement au pédalier.
- [0059] La vitesse de la couronne 22 pouvant varier de manière continue entre une valeur basse et une valeur haute, la vitesse en sortie du réducteur varie de manière continue.
- [0060] La commande de la vitesse de la couronne est pilotée par l'unité de commande UC sur la base d'informations fournies par les différents capteurs mentionnés ci-dessus. En faisant tourner la couronne dans le sens de rotation du premier moteur M1 on réduit le rapport de réduction, plus la vitesse de la couronne est élevée, plus le rapport de réduction temps vers 1. Lorsque la couronne est immobile, le rapport de réduction est celui du train épicycloïdal à couronne fixe.
- [0061] Le fonctionnement du groupe G1 va maintenant être décrit.
- [0062] L'utilisateur appuie sur les pédales ce qui met en rotation le pignon P1, cette rotation est détectée. L'unité de commande UC envoie alors un signal de commande d'activation du moteur de traction M1, qui met en rotation le pignon P5 ce qui entraîne le planétaire. En l'absence de rotation de la couronne le rapport de réduction est celui du réducteur R. Les satellites et le porte-satellite sont entraînés en rotation, entraînant avec eux le plateau 12 qui entraîne via la chaîne ou la courroie la roue arrière. Le vélo est mis en mouvement.
- [0063] L'assistance apportée par le moteur dépend des mesures extérieures transmis à l'unité UC par les capteurs énoncés ci-dessus et par la consommation de puissance du deuxième moteur M2. En outre, l'unité de commande envoie un signal au moteur M2 de mettre en rotation la couronne pour modifier le rapport de réduction et ainsi assister le pédalage malgré le changement de pente. Le changement de rapport étant directement relié à la vitesse de rotation de la couronne, le changement de rapport est continu et donc transparent pour l'utilisateur.
- [0064] Le pédalier étant désolidarisé du plateau 12, il est possible pour l'utilisateur de conserver la même cadence de pédalage tout en faisant varier la vitesse du vélo en fonction de la pente. L'unité de commande pilote le moteur M2 et donc la vitesse de rotation de la couronne au mieux pour faire varier le rapport de transmission et l'adapter au terrain.
- [0065] L'axe des pédales n'étant pas solidaire du plateau 12, la fréquence de pédalage peut

être maintenue constante et la vitesse du vélo peut varier, par exemple en fonction de la pente sur laquelle le vélo se déplace.

- [0066] Dans ce mode de réalisation dans lequel le moteur M1 entraîne le porte-satellite, le moteur M2 peut être de plus petite puissance car le couple à appliquer par celui-ci est réduit.
- [0067] En marche avant, la couronne et le moteur M1 tourne un premier sens de rotation. Pour de très faibles vitesses, la couronne est entraînée en rotation dans un deuxième de rotation inverse au premier sens de rotation.
- [0068] En marche arrière, dans un mode assisté comme cela sera décrit ci-dessous la couronne tourne dans le deuxième sens de rotation.
- [0069] Grâce à l'invention, on réalise une transmission continûment variable ou boîte de vitesses à variation continue ou CVT (Continuously Variable Transmission en terminologie anglo-saxonne). Le vélo ne comporte plus de dérailleur à pignons ou autre système de changement de vitesse à rapport discret. Il n'y a alors plus de rupture de couple lors de la variation des rapports de transmission. Le confort de l'utilisateur est sensiblement amélioré.
- [0070] Les inconvénients liés au dérailleur sont donc éliminés, notamment les risques de déraillement, sa relative fragilité et son entretien. En outre la masse de celui-ci est supprimée. Par ailleurs, la transmission continûment variable intégrée dont on connaît le rapport de réduction par la vitesse de M2 permet la mesure de la vitesse du vélo sans besoin d'ajouter un capteur spécifique sur les roues ou une autre partie du vélo.
- [0071] Le nombre de vitesses disponibles est infini puisqu'il s'agit d'une variation continue résultant d'une variation continue de la vitesse de rotation de la couronne.
- [0072] En outre, ce changement de transmission automatique permet de faire fonctionner le premier moteur M1 à son rendement maximal, ce qui permet d'optimiser la consommation électrique et d'augmenter la durée de vie du premier moteur M1.
- [0073] Le deuxième moteur M2 a par exemple une puissance comprise entre 1W et 100W. De manière préférée, le deuxième moteur M2 est un moteur qui ne génère pas de couple résistant ou de couple de traînée, lorsqu'il n'est pas alimenté, notamment afin de réaliser une fonction roue libre et permettre une utilisation du vélo sans assistance avec un effort réduit, comme cela sera décrit ci-dessous.
- [0074] Par exemple le deuxième moteur est un moteur sans aimant, tel qu'un moteur à réluctance commutée ou moteur SRM (« switched reluctance motor » en terminologie anglo-saxonne).
- [0075] A titre d'exemple non limitatif, nous allons donner des intervalles de valeur pour les différents éléments composant le groupe G1 :
- [0076] - la raison du réducteur entre l'arbre du pédalier et le planétaire est comprise en 1 et 10.

- [0077] - la raison du réducteur entre le moteur de traction M1 et planétaire est comprise entre 1 et 10.
- [0078] - la vitesse de la couronne est comprise entre - 1000 tours/ min et + 1000 tours/min.
- [0079] - la raison du réducteur R est comprise entre -2 et 2.
- [0080] - le plateau 12 comporte entre 10 et 40 dents.
- [0081] - le pignon de la roue arrière comporte entre 10 et 60 dents.
- [0082] - le diamètre des roues est compris entre 254 mm (10 pouces) et 737 mm (29 pouces).
- [0083] Dans un exemple particulier, on choisit un groupe dans lequel la raison du réducteur entre l'arbre du pédalier et le planétaire est égale à 7, la raison du réducteur entre le moteur de traction M1 et planétaire est égale à 5.
- [0084] La vitesse de rotation imposée à la couronne est égale à 700 tours/min ; en utilisant un réducteur épicycloïdal dont le planétaire, les satellites et la couronne ont respectivement 15, 39, 94 dents, la raison du réducteur épicycloïdal est égale à 0,7404. Par ailleurs le plateau 12 comporte 20 dents, le pignon de la roue arrière comporte 51 dents et les roues ont un diamètre de 700 mm.
- [0085] Lorsque l'utilisateur pédale avec une cadence de 100 coups par minute, la vitesse du vélo est de 27 km/h.
- [0086] Le groupe motopropulseur selon l'invention présente un grand nombre d'avantages.
- [0087] Grâce à la séparation entre l'axe de pédalage, i.e. de l'axe d'application du couple d'entrée par l'utilisateur, et l'axe de propulsion, i.e. l'axe de sortie du couple généré par le groupe et appliqué à la roue motrice, l'encombrement transversal peut être réduit, et permettre l'intégration du groupe dans un environnement de 90 mm de large entre les pédales, tel que souhaité par les constructeurs de vélo à assistance électrique.
- [0088] Le groupe motopropulseur présente un plus grand encombrement selon la direction Y, qui s'étend de l'avant à l'arrière du vélo, cependant cet encombrement est moins problématique que l'encombrement selon la direction X.
- [0089] En outre, la réalisation du groupe motopropulseur est simplifiée, puisqu'un seul arbre creux peut être mis en œuvre, par exemple celui sur lequel est fixé la couronne 22 et qui reçoit l'arbre A2.
- [0090] En outre l'intégration du plateau dans un capot de cartérisation CA ([Fig.1]) est plus aisée du fait de l'encombrement transversal réduit.
- [0091] Le groupe est également facilement adaptable à tout type de vélo à assistance électronique en modifiant les paramètres de l'unité de commande, par exemple il est facilement adaptable à différents diamètres de roues. Cette modification se fait facilement par programmation en usine. Il peut même être envisagé de modifier les paramètres en cours de vie du vélo, si l'utilisateur souhaite changer le diamètre des roues ou une autre caractéristique prise en compte pour la détermination de la transmission.

Ce nouveau paramétrage est réalisé par une mise à jour logicielle.

- [0092] Il est requis que les vélos à assistance électrique intègrent une fonction roue libre désaccouplant le moteur de traction et la roue motrice si aucune assistance n'est requise, par exemple lorsque la vitesse du vélo est supérieure à la vitesse maximale d'assistance. Dans les vélos à assistance électrique de l'état de la technique, une telle fonction est en général obtenue par des moyens mécaniques supplémentaires. Par exemple dans le vélo décrit dans le document US10772771, des moyens de verrouillage entre le rotor du moteur de traction et le planétaire sont mis en œuvre.
- [0093] Le groupe motopropulseur selon l'invention intègre directement cette fonction. Cette fonction roue libre est obtenue en laissant tourner librement la couronne 22, ce qui déconnecte le moteur de traction de la roue motrice, le réducteur n'assurant plus de fonction de réduction. Cette fonction roue libre peut être avantageusement obtenue en mettant en œuvre un moteur réducteur M2 qui ne génère pas ou peu de couple résistant lorsqu'il est entraîné par une force extérieure, i.e. lorsque le pédalier entraîne seul, via la planétaire, le porte-satellite et les satellites. Cette fonction roue libre assure un grand confort de pédalage à l'utilisateur, notamment lorsque la batterie est déchargée.
- [0094] En variante encore, si le deuxième moteur génère un couple résistant, l'unité de commande actionne le deuxième moteur pour mettre en rotation la couronne afin de compenser le couple résistant et générer un retour de pédalage fluide à l'utilisateur sans assistance. Ce mode de fonctionnement consomme néanmoins de l'énergie, il peut être mis en œuvre avec un faible état de charge de la batterie, si une gestion adaptée de l'état de charge batterie est mise en œuvre.
- [0095] Le groupe motopropulseur selon l'invention peut être piloté par l'unité de commande pour intégrer une fonction antivol. Par exemple, lorsqu'un cas de tentative de vol est détecté, le premier moteur M1 est désactivé et le deuxième moteur M2 est mis en rotation de sorte que la transmission assure qu'une action sur les pédales par le voleur génère une vitesse du vélo très lente et rende le vélo inutilisable. Par exemple pour un vélo à deux roues, la vitesse est suffisamment lente pour empêcher de tenir l'équilibre, et donc pour empêcher d'utiliser le vélo.
- [0096] Si la batterie est presque déchargée, la gestion de la batterie est avantageusement telle que suffisamment de puissance est disponible pour activer le moteur M2.
- [0097] Le groupe motopropulseur selon l'invention permet également d'assurer la fonction d'assistance en marche arrière.
- [0098] Soit le moteur de traction est commandé pour tourner dans le deuxième sens de rotation.
- [0099] Soit le premier moteur M1 est activé pour tourner dans le premier sens de rotation mais à vitesse lente, et le deuxième moteur M2 est activé pour tourner dans le deuxième sens de rotation. Le sens de rotation du porte-satellite peut alors être inversé

et ainsi générer une marche arrière. Ce mode de fonctionnement permet de conserver la roue libre sur l'axe A2.

- [0100] La fonction d'assistance en marche arrière est particulièrement intéressante pour les vélos cargos. Les vélos à assistance électrique de l'état de la technique intègrent généralement une roue libre mécanique qui désaccouple le moteur de traction de la roue motrice en marche arrière. L'assistance en marche arrière n'est alors pas disponible.
- [0101] Comme expliqué ci-dessus, le groupe motopropulseur selon l'invention peut comporter des moyens pour immobiliser en rotation la couronne. Ces moyens sont particulièrement avantageux lors du fonctionnement à fort couple et faible vitesse. Grâce aux moyens d'immobilisation, ce n'est pas le deuxième moteur qui assure cette immobilisation. Ces moyens d'immobilisation, dans le cas d'un frein électromécanique, peuvent consommer de l'énergie électrique mais relativement peu par rapport à ce que consommerait le deuxième moteur pour assurer la même immobilisation.
- [0102] De préférence, le frein est serré en l'absence d'alimentation électrique ainsi il ne consomme pas d'énergie électrique pour immobiliser la couronne, par exemple sous l'action d'un système de rappel de type à ressort.
- [0103] Ceci est d'autant plus avantageux que le blocage en rotation de la couronne 22 permet également d'utiliser le vélo sans assistance en cas de décharge complète de la batterie, le frein est alors serré par défaut sans énergie avec le système de rappel par ressort.
- [0104] Selon une variante de fonctionnement, l'unité de commande contrôle le moteur variateur de sorte à faire tourner la couronne en sens inverse afin d'augmenter la raison du réducteur, ce qui permet de soulager le moteur de traction.
- [0105] Le groupe motopropulseur selon l'invention peut également être adapté pour réaliser un freinage récupératif, puisque la fonction roue libre est obtenue sur commande. L'unité de commande est configurée pour commander la couronne et le premier moteur de sorte qu'il fonctionne en générateur.
- [0106] En outre, le groupe motopropulseur selon l'invention permet de connaître la vitesse du vélo à partir de la vitesse de la couronne qui est fixée par l'unité de commande. Cette vitesse peut être affichée sur un écran pour informer l'utilisateur et/ou permet de brider la vitesse du vélo. En effet la vitesse maximale d'un vélo à assistance électrique varie selon les législations locales la vitesse. Par exemple en Union européenne, la vitesse maximale autorisée est de 25 km/h et aux USA elle est de 33 km/h. l'invention permet facilement d'adapter le groupe à la législation locale.
- [0107] En outre, la cadence de pédalage est connue par la vitesse du moteur M1 et la vitesse de la couronne.
- [0108] On peut également déduire le couple à la pédale en mesurant le courant d'alimentation du moteur variateur M2, ce qui permet de ne pas recourir à un capteur

de couple dont le coût est élevé.

- [0109] Il peut être prévu de définir de pseudo vitesses discrètes et de programmer la boîte de vitesse pour que l'utilisateur puisse passer manuellement les vitesses.
- [0110] Lorsque la batterie n'est plus suffisamment chargée pour alimenter le moteur M1 et assurer une assistance pédalage, la gestion de la batterie est optimisée pour permettre de conserver une alimentation du moteur M2 de très faible puissance, assurant un rapport de transmission acceptable pour l'utilisateur et lui permettant de rallier son point de destination relativement facilement.
- [0111] Sur la [Fig.3], on peut un autre mode de réalisation G2 d'un groupe motopropulseur selon l'invention. Les mêmes références que celles utilisées pour le groupe G1 pour désigner les éléments ayant la même fonction.
- [0112] Le groupe G2 diffère du groupe G1 en ce que le réducteur R' comporte comme élément d'entrée le porte-satellite 20' et comme élément de sortie le planétaire 16'. Le pignon P2 et le porte-satellite 20' sont portés par un arbre A2' d'axe X2.
- [0113] La couronne est également fixée sur un arbre creux qui est monté autour d'un arbre A4 portant le planétaire 16' et le plateau 12, d'axe X2. Sa fabrication est également simplifiée.
- [0114] L'arbre du pédalier attaque donc le porte-satellite et le plateau 12 est solidaire en rotation du planétaire.
- [0115] Le groupe motopropulseur G2 donne satisfaction, néanmoins le déplacement de la couronne requiert d'appliquer un couple plus important que dans le groupe G1. Un moteur variateur M2 plus puissant est alors mis en œuvre, ce qui augmente la masse du groupe et son encombrement.
- [0116] Le groupe motopropulseur selon l'invention offre un grand confort de pédalage pour l'utilisateur tout en étant de réalisation relativement simple et robuste. En outre, le fait de mettre en œuvre deux axes distincts pour le pédalier et pour le plateau permet de limiter la largeur du groupe motopropulseur et de l'intégrer plus facilement entre les pédales.

Revendications

- [Revendication 1] Groupe motopropulseur pour vélo à assistance électrique comportant un arbre de pédalier (A1) s'étendant le long d'un premier axe longitudinal (X1), un premier moteur électrique (M1), un réducteur épicycloïdal (R, R'), un deuxième moteur électrique (M2), un plateau (12), le réducteur épicycloïdal (R, R') et le plateau (12) présentant un deuxième axe longitudinal (X2) parallèle au et distinct du premier axe longitudinal (X1), dans lequel le réducteur épicycloïdal (R, R') comporte un élément d'entrée attaqué par l'arbre du pédalier (A1) et le premier moteur (M1), un élément de sortie entraînant le plateau (12) et une couronne dentée (22), dans lequel la couronne dentée (22) est montée mobile en rotation autour du deuxième axe longitudinal (X2) du réducteur épicycloïdal (R, R') et dans lequel le deuxième moteur électrique (M2) est connecté mécaniquement à ladite couronne (22) pour la mettre en rotation, le groupe motopropulseur étant destiné à être piloté par une unité de commande (UC) qui est configurée pour commander le premier moteur électrique (M1) et le deuxième moteur électrique (M2), l'unité de commande (UC) commandant la vitesse de rotation de la couronne (22) afin de modifier la raison du réducteur épicycloïdal (R, R') et le rapport de transmission du groupe motopropulseur.
- [Revendication 2] Groupe motopropulseur selon la revendication 1, dans lequel le réducteur épicycloïdal (R) comporte un planétaire (16), la couronne dentée (22), des satellites (18) engrenant le planétaire (16) et la couronne dentée (22), un porte-satellite (20) portant les satellites (18), le planétaire (16) formant l'élément d'entrée du réducteur et le porte-satellite (20) formant l'élément de sortie du réducteur.
- [Revendication 3] Groupe motopropulseur selon la revendication 2, dans lequel le plateau (12) est solidaire en rotation du porte-satellite (20).
- [Revendication 4] Groupe motopropulseur selon la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel la couronne (22) comporte des dentures sur sa périphérie intérieure engrenant les satellites (18) et des dentures sur sa périphérie extérieure engrenées par un pignon entraîné par le deuxième moteur (M2).
- [Revendication 5] Groupe motopropulseur selon l'une des revendications 1 à 4, comportant des moyens d'immobilisation pour immobiliser la couronne dentée (22) sur commande, lesdits moyens d'immobilisation comportant avantageusement un frein électromécanique (F).
- [Revendication 6] Groupe motopropulseur selon l'une des revendications précédentes,

- dans lequel le deuxième moteur (M2) est un moteur sans aimant.
- [Revendication 7] Groupe motopropulseur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'arbre du pédalier porte un pignon (P1) qui est connecté à l'élément d'entrée du réducteur épicycloïdal par un train de pignons, et dans lequel le premier moteur (M1) comporte sur son arbre de sortie un pignon (P6) engrenant un pignon (P5) solidaire d'un arbre (A2) sur lequel est fixé l'élément d'entrée du réducteur épicycloïdal (R, R').
- [Revendication 8] Système motopropulseur comportant un groupe motopropulseur selon l'une des revendications précédentes et une unité de commande (UC) du groupe motopropulseur.
- [Revendication 9] Système motopropulseur selon la revendication 8, dans lequel l'unité de commande (UC) est configurée pour mettre en rotation la couronne dentée (22) dans un premier sens et dans un deuxième sens.
- [Revendication 10] Système motopropulseur selon la revendication 8 ou la revendication 9, dans lequel l'unité de commande est configurée pour assurer une fonction d'assistance en marche arrière dans laquelle elle commande le premier moteur (M1) de tourner à vitesse lente dans un premier sens de rotation et le deuxième moteur (M2) de tourner dans un deuxième sens de rotation opposé au premier sens de rotation, de sorte que le porte-satellite tourne dans le deuxième sens de rotation.
- [Revendication 11] Vélo à assistance électrique comportant un cadre, deux roues, dont une roue motrice portant un pignon, un système motopropulseur selon la revendication 8, 9 ou 10, des pédales montées sur l'arbre du pédalier, une batterie électrique (B) alimentant le premier moteur électrique (M1) et le deuxième moteur électrique (M2), un élément de transmission reliant le plateau et le pignon de la roue motrice, au moins un capteur de position absolu du premier moteur (M1) et au moins un capteur de position relative du deuxième moteur (M2), l'unité de commande commandant le premier moteur (M1) et le deuxième moteur (M2) sur la base des signaux émis par les capteurs et les données déduits de ces signaux.

[Fig. 2]

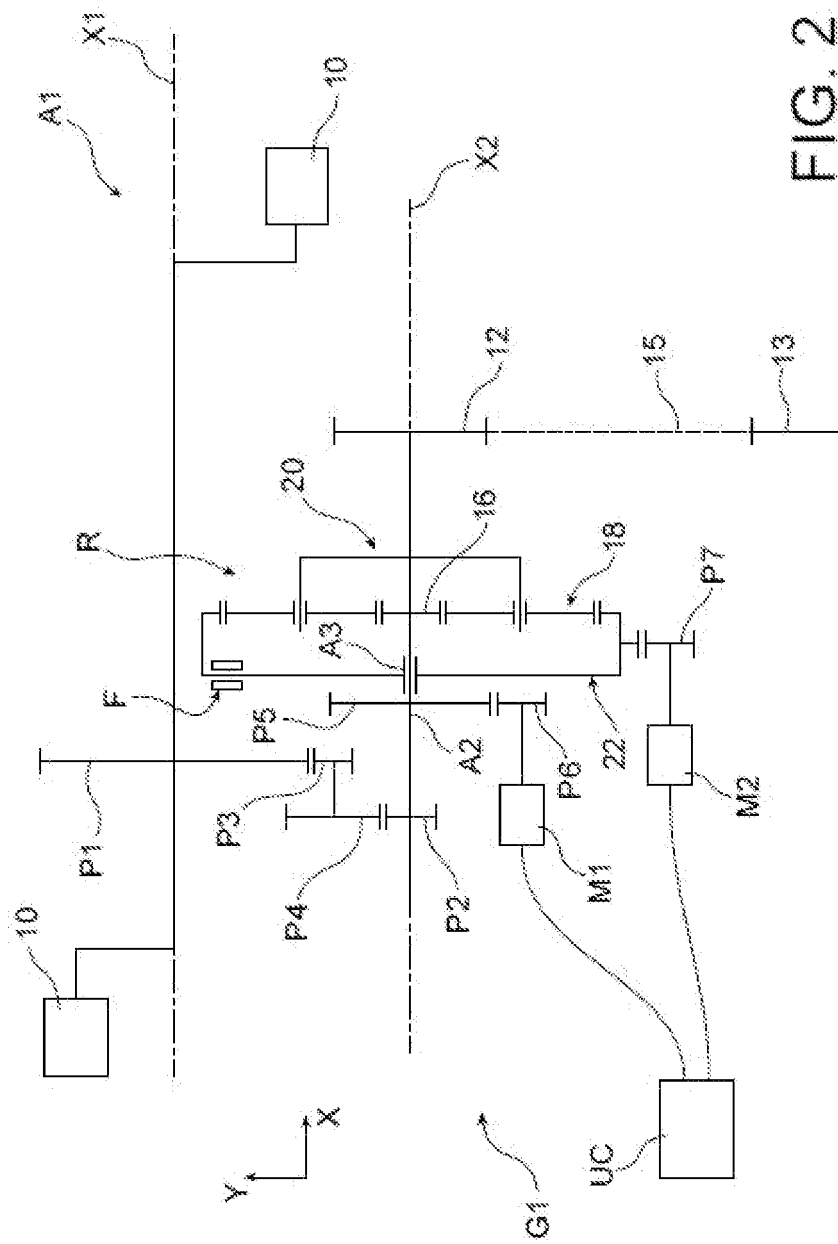


FIG. 2

[Fig. 3]

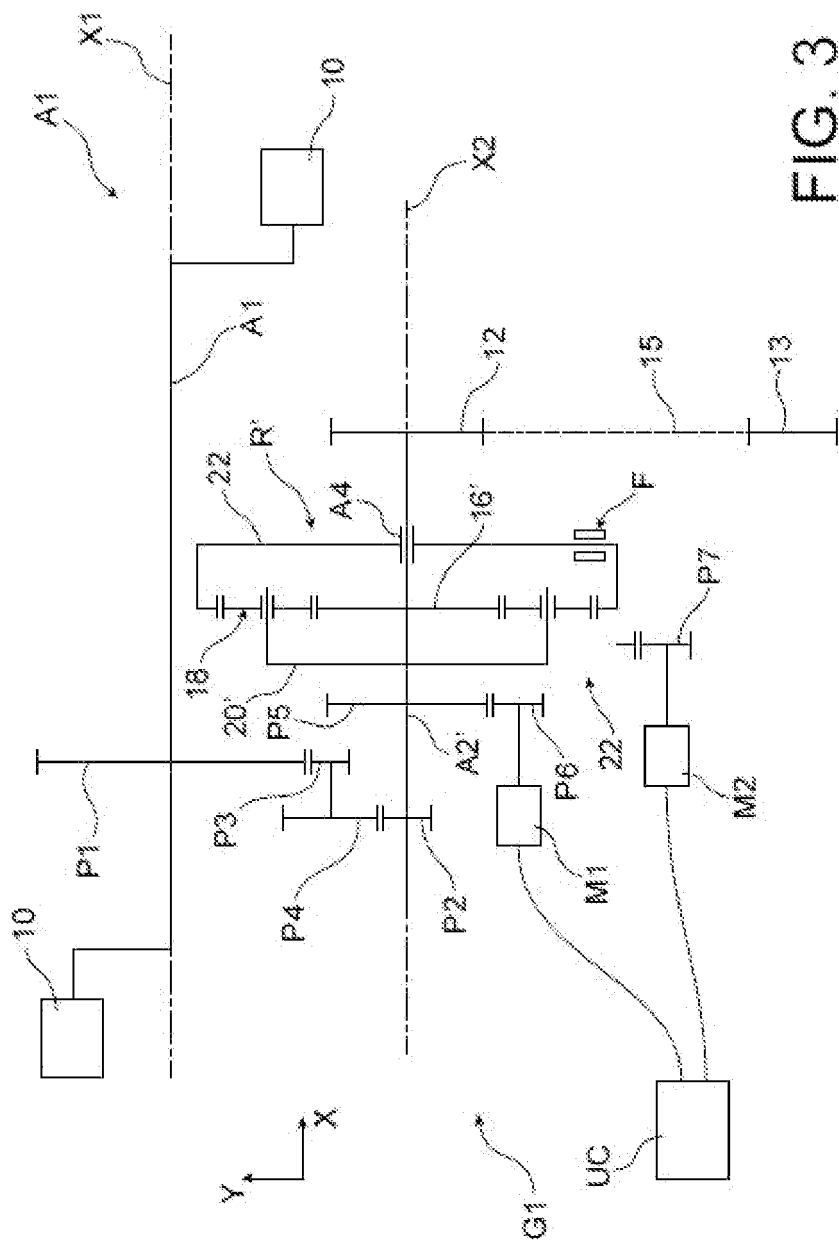


FIG. 3

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**

WO 2019/166402 A1 (E2 DRIVES SA [BE])
6 septembre 2019 (2019-09-06)

WO 2019/043123 A1 (E2 DRIVES [BE])
7 mars 2019 (2019-03-07)

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

NEANT