

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 141 141**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **22 10895**
⑤1 Int Cl⁸ : **B 62 M 6/40 (2023.01), B 62 K 5/01**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 Date de dépôt : 20.10.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.04.24 Bulletin 24/17.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : MEYER Alexandre — FR.

⑦2 Inventeur(s) : MEYER Alexandre.

⑦3 Titulaire(s) : MEYER Alexandre.

⑦4 Mandataire(s) : AVOXA.

⑤4 **VEHICULE A ASSISTANTE ELECTRIQUE DE TYPE QUADRICYCLE LOURD.**

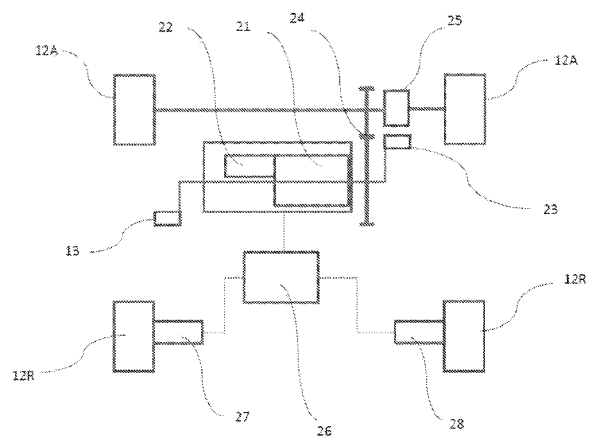
⑤7 L'invention concerne un véhicule à assistance électrique équipé d'un pédalier et d'au moins un moteur électrique destinés à entraîner en rotation lesdites roues dudit véhicule montées à l'avant dudit véhicule et des moyens de mesure de la force exercée par un utilisateur sur le pédalier et des moyens de mesure de la vitesse de rotation du pédalier.

Selon l'invention, ledit véhicule présente un plateau destiné à recevoir une charge et des moyens de mesure de la masse de la charge déposée sur ledit plateau

et ledit véhicule comprend des moyens de pilotage dudit moteur électrique agencés pour et aptes à :

commander la mise en alimentation en énergie électrique dudit moteur électrique lorsque la valeur de la force exercée par un utilisateur est égale à une valeur seuil prédéterminée ; contrôler la quantité d'énergie électrique délivrée au moteur par ladite unité de stockage d'énergie électrique en fonction de la valeur mesurée de la vitesse de rotation du pédalier, de la valeur mesurée de la force exercée sur le pédalier et de la valeur mesurée de la masse de la charge déposée sur le plateau.

Figure à publier : 2



FR 3 141 141 - A1



Description

Titre de l'invention : Vehicule A ASSISTANTE ELECTRIQUE DE TYPE QUADRICYCLE LOURD

Domaine de l'invention

- [0001] Le domaine de l'invention est celui des véhicules à assistance électrique.
- [0002] Plus précisément, l'invention concerne un véhicule à assistance électrique équipé d'un pédalier.
- [0003] L'invention trouve notamment une application dans la mise en œuvre des quadricycles lourds capables de transporter une charge pouvant aller jusqu'à une tonne.

Art antérieur

- [0004] On connaît différents types de véhicules électriques légers à assistance électrique.
- [0005] Le vélo, ou bicyclette, à assistance électrique est équipé d'un moteur électrique alimenté par une batterie rechargeable qui procure une assistance au pédalage. Différents types de vélos à assistance électrique sont connus, par exemple des vélos de ville, des vélos de randonnée ou des vélos cargo.
- [0006] Un inconvénient de ces vélos à assistance électrique est que leur vitesse est limitée réglementairement à 25km/h.
- [0007] Un autre inconvénient des vélos à assistance électriques connus est que leur autonomie de déplacement est limitée, du fait de la taille de la batterie qu'ils peuvent emporter.
- [0008] Encore un inconvénient de ces vélos connus et plus particulièrement des vélos cargo à assistance électrique est qu'ils ne sont capables de transporter que quelques dizaines de kilos de marchandises ou de charge, du fait qu'ils sont conçus pour fournir une assistance électrique proportionnelle à l'effort fourni par le cycliste, ce qui limite leur puissance.
- [0009] On connaît également des tricycles ou des quadricycles qui offrent une capacité d'emport de batteries plus importante et permettent d'atteindre des vitesses de déplacement plus importantes, jusqu'au au-delà de 100km/h.
- [0010] Un inconvénient de ces tricycles ou quadricycles connus est que leur coût élevé ne les rend pas accessibles au plus grand nombre.
- [0011] Par ailleurs, la puissance fournie par pédalage avec ces tricycles ou quadricycles connus est utilisée exclusivement pour recharger des batteries et ne sert pas à leur propulsion.
- [0012] Enfin, ces tricycles ou des quadricycles à assistance électriques sont destinés uniquement à un usage de déplacement d'une ou deux personnes et présentent l'inconvénient de ne pouvoir emporter qu'une faible masse de bagages.

- [0013] Ils ne sont donc pas adaptés pour un usage de transport de marchandises.
- [0014] On connaît également des camions électriques permettant de transporter tout type d'objet ou de marchandises.
- [0015] Outre qu'ils sont coûteux, ces camions électriques connus consomment beaucoup d'électricité et ne profitent pas de la force musculaire du chauffeur pour se propulser.
- [0016] En outre du fait de leurs dimensions, ces camions électriques connus ne sont pas adaptés pour accéder à certaines zones urbaines, pour effectuer des livraisons, ou n'y sont pas autorisés.

Objectifs de l'invention

- [0017] L'invention a donc notamment pour objectif de pallier les inconvénients de l'état de la technique cités ci-dessus.
- [0018] Plus précisément, l'invention a pour objectif de fournir une technique de véhicule électrique à assistance électrique permettant de transporter jusqu'à une tonne de charge, pouvant atteindre une vitesse de 80km/h et qui dispose d'une autonomie en déplacement importante.
- [0019] Un objectif de l'invention est en particulier de fournir une telle technique de véhicule à assistance électrique qui puisse être propulsé à faible vitesse par la seule force musculaire de l'utilisateur sur un sol plat, afin notamment d'économiser de l'énergie électrique lors de déplacement sur des faibles distances.
- [0020] Un autre objectif de l'invention est de fournir une technique de véhicule électrique à assistance électrique qui soit simple à mettre en œuvre et peu coûteuse.

Exposé de l'invention

- [0021] Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite sont atteints à l'aide d'un véhicule à assistance électrique équipé d'au moins trois roues de roulage sur le sol et de moyens de propulsion dudit véhicule comprenant un pédalier et au moins un moteur électrique destinés à entraîner en rotation lesdites roues dudit véhicule montées à l'avant dudit véhicule et au moins une unité de stockage d'énergie électrique reliée audit moteur, ledit véhicule comprenant en outre des moyens de mesure de la force exercée par un utilisateur sur le pédalier et des moyens de mesure de la vitesse de rotation du pédalier.
- [0022] Selon l'invention, ledit véhicule présente un plateau destiné à recevoir une charge et des moyens de mesure de la masse de la charge déposée sur ledit plateau
- [0023] et ledit véhicule comprend des moyens de pilotage dudit moteur électrique agencés pour et aptes à :
- commander la mise en alimentation en énergie électrique dudit moteur électrique lorsque la valeur de la force mesurée par les moyens de mesure de la force exercée par un utilisateur est égale à une valeur seuil prédéterminée ;

- contrôler, lorsque le moteur est alimenté, la quantité d'énergie électrique délivrée au moteur par ladite unité de stockage d'énergie électrique en fonction de la valeur mesurée de la vitesse de rotation du pédalier, de la valeur mesurée de la force exercée sur le pédalier et de la valeur mesurée de la masse de la charge déposée sur le plateau.

[0024] Ainsi, de façon inédite, l'invention propose un véhicule à assistance électrique à 3 ou 4 roues permettant de transporter des charges importantes et destinés à la livraison de colis, de commandes, ou de tout autre objet connu ne dépassant pas une masse d'environ une tonne. L'usage de ce véhicule est par ailleurs particulièrement avantageux en termes de bilan carbone, car l'utilisateur réalise des économies en énergie électrique faiblement carbonée en tirant partie de la propulsion musculaire.

[0025] Dans un mode de réalisation préférentiel de l'invention, ledit véhicule présente au moins un moteur électrique destiné à entraîner en rotation au moins une des roues arrière dudit véhicule et des moyens de mesure de la valeur et de détection du sens de l'inclinaison longitudinale dudit véhicule et comprend des moyens de pilotage dudit moteur électrique destiné à entraîner en rotation au moins une roue arrière agencés pour et aptes à :

- calculer une quantité d'énergie électrique nécessaire pour annuler les effets de la pente en fonction de la valeur mesurée de l'inclinaison longitudinale dudit véhicule et de la valeur mesurée de la masse de la charge déposée sur le plateau ;
- commander la délivrance de ladite quantité d'énergie électrique calculée audit moteur électrique destiné à entraîner en rotation au moins une des roues arrière lorsque lesdits moyens de mesure de la valeur et de détection du sens de l'inclinaison longitudinale dudit véhicule détectent que le véhicule est dans une montée et que la valeur de l'inclinaison longitudinale mesurée par lesdits moyens de mesure de la valeur et de détection du sens de l'inclinaison longitudinale dudit véhicule est supérieure à une valeur de pente prédéterminée.

[0026] Ainsi, le véhicule peut se déplacer sur des pentes de déclivité importante, même chargé, grâce aux moteurs montés à l'arrière du véhicule qui annulent l'effet de la pente.

[0027] De préférence, un véhicule à assistance électrique tel que décrit ci-dessus comprend des moyens de commande de l'arrêt du moteur électrique destinés à entraîner en rotation lesdites roues dudit véhicule montées à l'avant et ladite unité de pilotage dudit moteur électrique est agencée pour maintenir ledit moteur alimenté en énergie électrique après sa mise en alimentation jusqu'à ce que lesdits moyens de commande de l'arrêt du moteur électrique soient activés.

[0028] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, lesdits moyens de commande

de l'arrêt du moteur électrique comprennent des moyens de détection du sens de rotation dudit pédalier et en ce que lesdits moyens de commande sont configurés pour être activés lorsque lesdits moyens de détection du sens de rotation dudit pédalier détectent une action de rétropédalage.

- [0029] Il suffit ainsi à l'utilisateur de rétro pédaler pour arrêter l'assistance électrique, lorsqu'il se sent apte à propulser le véhicule simplement en pédalant et/ou pour pratiquer de l'activité physique plus intense.
- [0030] Avantagusement, une pluralité de panneaux solaires sont montés sur le châssis dudit véhicule et reliés à ladite unité de stockage d'énergie électrique de sorte à permettre une recharge de ladite unité de stockage d'énergie électrique.
- [0031] Ainsi l'autonomie en déplacement du véhicule est augmentée.
- [0032] Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, un véhicule tel que décrit ci-dessus comprend un ensemble de transmission auxdites roues avant dudit véhicule du couple du pédalier et du couple du moteur électrique destiné à entraîner en rotation les roues dudit véhicule montées à l'avant, ledit ensemble de transmission comprenant un dispositif de changement de vitesse et des moyens de solidarisation dudit pédalier et dudit moteur électrique destiné à entraîner les roues montées à l'avant dudit véhicule chacun à un pignon dudit dispositif de changement de vitesse.
- [0033] Ainsi, le véhicule peut atteindre des vitesses de déplacement importantes, pouvant aller jusqu'à 80km/h, et en même temps la vitesse de rotation du pédalier reste adaptée pour un être humain.
- [0034] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, ledit ensemble de transmission comprend un différentiel.
- [0035] Selon un aspect avantageux de l'invention, lesdits moyens de pilotage du moteur électrique destiné à entraîner en rotation les roues dudit véhicule montées à l'avant comprennent des moyens de sélection d'au moins deux modes de contrôle distincts de la quantité d'énergie délivrée à ce moteur.
- [0036] On peut ainsi sélectionner différents modes paramétrés en fonction d'un usage du véhicule, et par exemple un mode sportif, un mode adapté aux personnes ayant une condition physique ne permettant de fournir qu'un effort modéré ou aux personnes fatiguées souhaitant limiter leur effort pour se reposer ou encore un mode où le bilan carbone résultant du déplacement du véhicule est optimisé.
- [0037] De façon avantageuse, un véhicule à assistance électrique tel que décrit ci-dessus comprend un siège inclinable permettant d'adapter la position d'un utilisateur dudit véhicule par rapport audit pédalier.
- [0038] Ainsi, l'utilisateur peut incliner le siège pour adopter une position ergonomique, adaptée pour pédaler de façon optimale.
- [0039] Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, ledit véhicule est un qua-

dricycle lourd.

[0040] Dans le cadre de l'invention, on entend par « quadricycle lourd » un quadricycle motorisé de poids à vide inférieur à 500 kg et apte à transporter une charge pouvant atteindre une tonne. On ne limite pas le terme « quadricycle lourd » aux véhicules de catégorie administrative L7e.

Liste des figures

[0041] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation de l'invention, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés parmi lesquels :

[0042] [Fig.1] est une vue de côté d'un exemple de mode de réalisation d'un véhicule à assistance électrique selon l'invention ;

[0043] [Fig.2] est une vue schématique de dessus des éléments assurant la propulsion du véhicule présenté en référence à la [Fig.1] ;

[0044] [Fig.3] est une représentation sous forme synoptique du schéma d'asservissement du mouvement du véhicule présenté en référence à la [Fig.1].

Description détaillée de l'invention

[0045] La [Fig.1] illustre un exemple de mode de réalisation d'un véhicule à assistance électrique 10 selon l'invention à quatre roues (deux roues avant 12A et deux roues arrière 12R).

[0046] L'utilisateur 11 de ce véhicule est installé à l'avant du véhicule sur un siège inclinable 14 et ses pieds reposent sur les pédales d'un pédalier 13 équipé d'un capteur mesurant la force exercée par l'utilisateur sur le pédalier 13 et d'un capteur mesurant la vitesse de rotation du pédalier 13 (non représentés sur la [Fig.1]).

[0047] Dans ce mode de réalisation particulier de l'invention, le siège 14 peut s'incliner vers l'arrière pour permettre à l'utilisateur d'adopter une position ergonomique de pédalage.

[0048] A l'arrière du véhicule un volume de chargement 15 est prévu pour transporter des cartons 16 que l'utilisateur doit livrer à plusieurs adresses sur sa feuille de route.

[0049] Ces cartons reposent sur un plateau 17 pivotant prévu pour être maintenu à l'horizontale, équipé d'un capteur 18 mesurant la masse des cartons 16 portés par le plateau 17.

[0050] Six capteurs de déplacement 19 repartis sur les côtés du plateau 17 mesurent les déplacements du plateau 17 par rapport au châssis du véhicule 10. Ces capteurs 19 sont connectés à une unité de calcul de la valeur et du sens de la pente (non représentée sur la [Fig.1]) qui calcule l'inclinaison longitudinale du véhicule et détermine le sens de la pente à partir des mesures des capteurs 19.

[0051] Par ailleurs des panneaux solaires 110 sont montés sur le toit du véhicule 10. Ces panneaux solaires 110 assurent une recharge d'une batterie électrique (non représentée

sur la [Fig.1]) alimentant les moteurs électriques installés sur le véhicule 10.

[0052] On a représenté sur la [Fig.2], sous une forme schématique, les éléments assurant la propulsion du véhicule 10.

[0053] L'axe du pédalier 13 actionné par l'utilisateur 11 présente à son extrémité distale un pignon qui s'engrène avec des pignons d'une boîte de vitesse 21. Cette boîte de vitesse 21 est également en prise avec un pignon monté sur l'arbre de sortie d'un moteur électrique 22 destiné à assurer une assistance à l'entraînement en rotation des roues avant 12A du véhicule 10.

[0054] Dans ce mode de réalisation de l'invention, une commande manuelle 23 agissant sur la boîte de vitesse 21 permet de pouvoir déplacer le véhicule en marche arrière. Dans une variante de ce mode de réalisation particulier de l'invention, le passage en marche arrière du véhicule peut être enclenché après arrêt du véhicule en agissant par exemple sur une commande au volant ou en tournant le pédalier sur un quart de tour dans le sens inverse de celui prévu pour propulser le véhicule vers l'avant.

[0055] Le pignon de sortie de la boîte de vitesse 21 est couplé à l'essieu avant du véhicule 10, via une chaîne ou une courroie de transmission, 14 et lui transmet un couple résultant de l'actionnement du pédalier et/ou de l'action du moteur électrique 21.

[0056] On notera que dans ce mode de réalisation particulier de l'invention, un différentiel est monté sur l'essieu avant afin de distribuer, de façon connue en soi, le couple 25 de façon appropriée aux roues avant 12A gauche et droite du véhicule afin d'éviter un glissement d'une ou l'autre des roues dans un virage. Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, il peut s'agir d'un différentiel à glissement limité.

[0057] Un calculateur 26 détermine à partir de la valeur de la mesure de force exercée sur le pédalier, de la vitesse de rotation du pédalier et de la masse de la charge supportée par le plateau 17 mesurée par le capteur 18 la puissance électrique à délivrer au moteur électrique 22. Cette donnée de la puissance à délivrer déterminée par le moteur est transmise aux organes de commande du moteur électrique 22. Ce calculateur assure par ailleurs la gestion de la boîte de vitesse 21 afin de permettre une augmentation progressive de la vitesse du véhicule, tout en conservant une vitesse de rotation du pédalier compatible avec les capacités de l'utilisateur.

[0058] Il convient de noter que le calculateur 26 prend également en compte le poids de l'utilisateur qui a été préenregistré dans une mémoire de stockage de données, le poids à vide du véhicule et une valeur seuil préenregistrée de la force à exercer sur le pédalier par l'utilisateur, qui est fonction des capacités physiques de l'utilisateur.

[0059] Ce calculateur 26 est en particulier paramétré pour privilégier l'usage de la propulsion musculaire à faible vitesse. De façon concrète, lors de la phase d'accélération initiale du véhicule, le calculateur 26 fixe la valeur de la puissance électrique à délivrer au moteur 22 à zéro tant que la valeur mesurée de la force exercée

sur le pédalier est inférieur à la valeur seuil prédéterminée préenregistrée.

- [0060] En outre le calculateur 26 est aussi paramétré pour plusieurs modes d'usage du véhicule et par exemple dans ce mode de réalisation de l'invention d'un mode d'usage sportif, d'un mode d'usage où l'assistance électrique est renforcée et/ou d'un mode optimisant le bilan carbone du déplacement du véhicule en fonction, par exemple, de la quantité d'énergie électrique fournie par les panneaux solaires, l'usure de la batterie, l'alimentation nécessaire à l'utilisateur ...
- [0061] Comme on peut le voir sur la [Fig.2], le véhicule 10 est également équipé de deux moteurs électriques supplémentaires 27 et 28 indépendants destinés respectivement à appliquer un couple à la roue arrière 12R gauche et à la roue arrière 12R droite, afin de compenser l'effet de la pente sur le véhicule.
- [0062] La valeur de la puissance électrique d'alimentation de ces moteurs 27 et 28 est déterminée par le calculateur 26 en fonction des valeurs de l'inclinaison longitudinale et de la masse de la charge supportée par le plateau 17. Celle-ci est nulle tant que la valeur de l'inclinaison longitudinale est inférieure à une valeur de pente seuil et augmente ensuite avec la valeur de la pente.
- [0063] On a représenté de façon schématique sur la [Fig.3] le pilotage de l'asservissement des organes de transmission du véhicule et des moteurs 22, 27 et 28 réalisé par le calculateur 26.

Revendications

- [Revendication 1] Véhicule à assistance électrique équipé d'au moins trois roues de roulage sur le sol et de moyens de propulsion dudit véhicule comprenant un pédalier et au moins un moteur électrique destinés à entraîner en rotation lesdites roues dudit véhicule montées à l'avant dudit véhicule et au moins une unité de stockage d'énergie électrique reliée audit moteur ledit véhicule comprenant en outre des moyens de mesure de la force exercée par un utilisateur sur le pédalier et des moyens de mesure de la vitesse de rotation du pédalier, caractérisé en ce que ledit véhicule présente un plateau destiné à recevoir une charge et des moyens de mesure de la masse de la charge déposée sur ledit plateau et en ce qu'il comprend des moyens de pilotage dudit moteur électrique agencés pour et aptes à :
- commander la mise en alimentation en énergie électrique dudit moteur électrique lorsque la valeur de la force mesurée par les moyens de mesure de la force exercée par un utilisateur est égale à une valeur seuil prédéterminée ;
 - contrôler, lorsque le moteur est alimenté, la quantité d'énergie électrique délivrée au moteur par ladite unité de stockage d'énergie électrique en fonction de la valeur mesurée de la vitesse de rotation du pédalier, de la valeur mesurée de la force exercée sur le pédalier et de la valeur mesurée de la masse de la charge déposée sur le plateau.
- [Revendication 2] Véhicule selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il présente au moins un moteur électrique destiné à entraîner en rotation au moins une des roues arrière dudit véhicule et des moyens de mesure de la valeur et de détection du sens de l'inclinaison longitudinale dudit véhicule et en ce qu'il comprend des moyens de pilotage dudit moteur électrique destiné à entraîner en rotation au moins une roue arrière agencés pour et aptes à :
- calculer une quantité d'énergie électrique nécessaire pour annuler les effets de la pente en en fonction de la valeur mesurée de l'inclinaison longitudinale dudit véhicule et de la valeur mesurée de la masse de la charge déposée sur le plateau ;
 - commander la délivrance de ladite quantité d'énergie électrique calculée audit moteur électrique destiné à entraîner en rotation au moins une des roues arrière lorsque lesdits moyens de mesure de la valeur et de

détection du sens de l'inclinaison longitudinale dudit véhicule détectent que le véhicule est dans une montée et que la valeur de l'inclinaison longitudinale mesurée par lesdits moyens de mesure de la valeur et de détection du sens de l'inclinaison longitudinale dudit véhicule est supérieure à une valeur de pente prédéterminée.

[Revendication 3] Véhicule selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de commande de l'arrêt du moteur électrique destinés à entraîner en rotation lesdites roues dudit véhicule montées à l'avant et en ce que ladite unité de pilotage dudit moteur électrique est agencée pour maintenir ledit moteur alimenté en énergie électrique après sa mise en alimentation jusqu'à ce que lesdits moyens de commande de l'arrêt du moteur électrique soient activés.

[Revendication 4] Véhicule selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens de commande de l'arrêt du moteur électrique comprennent des moyens de détection du sens de rotation dudit pédalier et en ce que lesdits moyens de commande sont configurés pour être activés lorsque lesdits moyens de détection du sens de rotation dudit pédalier détectent une action de rétropédalage.

[Revendication 5] Véhicule selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'une pluralité de panneaux solaires sont montés sur le châssis dudit véhicule et reliés à ladite unité de stockage d'énergie électrique de sorte à permettre une recharge de ladite unité de stockage d'énergie électrique.

[Revendication 6] Véhicule selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend un ensemble de transmission auxdites roues avant dudit véhicule du couple du pédalier et du couple du moteur électrique destiné à entraîner en rotation les roues dudit véhicule montées à l'avant, ledit ensemble de transmission comprenant un dispositif de changement de vitesse et des moyens de solidarisation dudit pédalier et dudit moteur électrique destiné à entraîner les roues montées à l'avant dudit véhicule chacun à un pignon dudit dispositif de changement de vitesse.

[Revendication 7] Véhicule selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit ensemble de transmission comprend un différentiel.

[Revendication 8] Véhicule selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que lesdits moyens de pilotage du moteur électrique destiné à entraîner en rotation les roues dudit véhicule montées à l'avant com-

prennent des moyens de sélection d'au moins deux modes de contrôle distincts de la quantité d'énergie délivrée à ce moteur.

[Revendication 9] Véhicule selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend un siège inclinable permettant d'adapter la position d'un utilisateur dudit véhicule par rapport audit pédalier.

[Revendication 10] Véhicule selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ledit véhicule est un quadricycle lourd.

[Fig. 3]

