

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 152 251

21 N° d'enregistrement national : 23 08839

51 Int Cl⁸ : B 60 K 6/52 (2023.01), B 60 K 17/348, B 60 W 10/12

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.08.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 28.02.25 Bulletin 25/09.

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) : BUFFET Denis — FR.

72 Inventeur(s) : BUFFET Denis.

73 Titulaire(s) : BUFFET Denis.

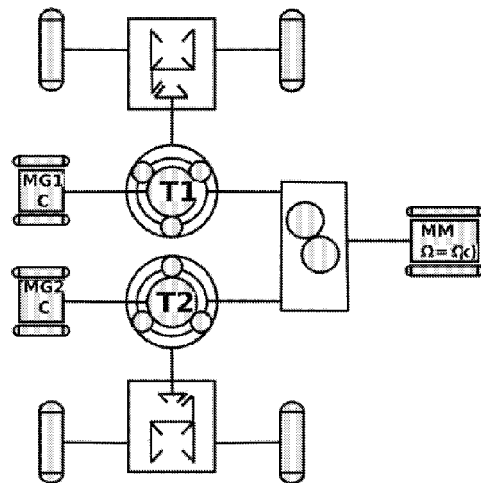
54 Mandataires pour véhicule tout terrain à
différentiel inter-essieu électrifié.

57 Sur sol glissant, la roue d'un véhicule 4 X 4 en perte

d'adhérence limite le couple des trois autres roues dans les transmissions à différentiels. Une solution classique consiste à lier toutes les roues en rotation grâce à des embrayages et des crabots. Cette solution peu souple sollicite le matériel. Il

est proposé de remplacer le différentiel inter-essieux par deux CVTs (Transmission à Vitesse Variable), soit par deux trains d'engrenages épicycloïdaux, T1 et T2, commandés en couple par deux actionneurs moteur-générateurs MG1 et MG2 le tout étant entraîné par un moteur thermique principal MM. Un arrangement particulier maintient une faible consommation électrique et une possibilité d'auto recharge de la batterie en roulant. Cette conception rend la transmission configurable selon le contexte, en souplesse, sans embrayage, ni crabot, ni boîte de vitesse, tout en améliorant la liaison au sol. Cette invention est plutôt destinée aux engins de travaux public ou militaires, mais pas seulement.

Figure pour l'abrégié : Fig.7



FR 3 152 251 - A1



Description

Titre de l'invention : Transmission pour véhicule tout terrain à différentiel inter-essieu électrifié

[0001] Comme vous le savez, les moteurs thermiques fonctionnent mal à basse vitesse. C'est à la transmission d'étendre leur domaine d'utilisation aux faibles vitesses, voire nulles et inverses. Cette fonction est très importante pour les véhicules à quatre roues motrices, particulièrement pour les engins de génie civil ou militaires. Ils ont en effet besoin d'une transmission puissante, robuste et surtout agile dès le démarrage. Il suffit d'observer les mouvements de va et vient d'un chargeur ou d'un véhicule embourbé pour en être convaincu.

Etat de la technique

[0002] Suivant les circonstances, état de la route, vitesse du véhicule, il peut être intéressant d'avoir les quatre roues motrices ou la possibilité d'activer et de désactiver partiellement ou totalement l'un des deux essieux. De nombreux systèmes existent pour cette fonction, mais ils font tous appel à des mécanismes souvent complexes, fragiles, peu agiles ou consommateurs d'énergie tels les embrayages et les crabots. Leur action s'accompagne souvent de pertes de libertés de mouvement, de contraintes internes, d'usures et de pertes d'énergie. Les différentiels autobloquants ou à limitation de glissements n'apportent que des solutions partielles et ne sont pas sans inconvénient.

[0003] L'utilisation de CVTs (Transmission à Variation Continue de Vitesse) à engrenages a déjà été envisagée, par exemple dans les brevets FR3114955 et FR3114055. Or, une CVT, construite autour d'un train d'engrenages épicycloïdal piloté par un actionneur moteur-générateur, a une consommation électrique importante sous forme de puissance dérivée, certes recyclée, dont la diminution est un des enjeux de ce brevet.

[0004] Une solution à deux CVTs fonctionnant alternativement en motrices puis en génératrices pour recharger la batterie avec en plus une puissance dérivée faible est proposée ci-après. Un second enjeu est l'amélioration de l'adhérence au sol du véhicule en tout terrain. En effet, dans les véhicules à quatre roues motrices classiques, la loi des différentiels implique que le couple sur toutes les roues est limité par le couple sur la roue en perte d'adhérence, donc par le couple le plus faible. Nous verrons comment la solution décrite ci-après résout cette difficulté.

[0005] Certes le système proposé rajoute quelques engrenages et deux actionneurs avec leur batterie, mais il remplace la classique boîte de vitesse avec des avantages sur la liaison au sol, une réduction de la puissance du moteur principal et des économies de carburant.

Description de l'invention

[0006] Dans l'invention proposée, la transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices comprend principalement :

- Deux essieux avec chacun leur paire de roues, leur différentiel, tels que leurs arbres d'entraînement tournent dans le même sens l'un par rapport à l'autre quand les 4 roues tournent dans le même sens,
- Deux trains d'engrenages épicycloïdaux simples et identiques, de raison r dont chaque planétaire est entraîné par un des deux actionneurs moteur-générateurs MG1 ou MG2 commandés en couple par le chauffeur, chaque couronne entraîne un des deux arbres d'essieu et chaque porte-satellite est entraîné à la même vitesse par un moteur principal MM asservi à la vitesse des couronnes elle-même proportionnelle à la vitesse du véhicule.
- Deux actionneurs moteur-générateurs MG1 et MG2 identiques qui régulent le couple de son planétaire et par là même les couples sur tous les arbres en liaison de la transmission d'après la loi de la proportionnalité des couples dans les trains épicycloïdaux,
- Une boîte à engrenages dédoublant la sortie du moteur principal en deux sorties de même sens et de même vitesse, tout en adaptant les vitesses entre le moteur principal MM et le reste de la transmission,
- Un système automatique de recharge de la batterie en roulant en fonction de son état de charge ou à l'arrêt sur commande.
- Une électronique de puissance réversible et un ordinateur de bord pour gérer et contrôler l'ensemble de la transmission et les interfaces avec le chauffeur.

[0007] Dans la suite de l'exposé et par convention nous prendrons :

[0008] - r raison (rapport des engrenages) des trains épicycloïdaux = Nombre de dents couronne/Nombre de dents planétaire,

[0009] - Ω_p =vitesse des planétaires,

[0010] - Ω_c =vitesse des couronnes,

[0011] - Ω_m =vitesse d'entraînement des porte-satellites,

[0012] - « actionneurs » signifie « actionneurs MG1 et MG2 » ; « moteur principal » signifie « moteur principal MM ».

[0013] - la proportionnalité de la vitesse des couronnes Ω_c avec la vitesse du véhicule V et la proportionnalité de la vitesse des porte-satellites Ω_m avec la vitesse du moteur principal ne sont pas systématiquement rappelées.

[0014] Le chauffeur donne la consigne de couple aux deux actionneurs. Cette consigne est amplifiée d'un facteur r par les trains épicycloïdaux et répercutée à l'ensemble des arbres en liaison jusqu'aux roues, selon la loi de proportionnalité des couples dans les trains épicycloïdaux.

[0015] Les vitesses des engrenages de ce type montage sont données par la formule de

Willis : $\Omega_p = -r.\Omega_c + (1+r).\Omega_m$. Or la vitesse des porte-satellites Ω_m est limitée à minima par la stabilité de fonctionnement du moteur principal à basse vitesse. A cette vitesse, il existe une valeur de la vitesse des couronnes Ω_{c0} qui annule la vitesse des actionneurs Ω_p .

- [0016] Au-dessus de la vitesse des couronnes Ω_{c0} , un asservissement de la vitesse des porte-satellites Ω_m à la vitesse des couronnes Ω_c selon la loi $\Omega_m = \Omega_c.r/(1+r)$ annule systématiquement la vitesse des planétaires Ω_p , donc la puissance électrique d'utilisation des actionneurs, d'où notre préférence pour cette zone de fonctionnement.
- [0017] Suivant l'état de charge de la batterie, la vitesse des porte-satellites Ω_m est corrigée d'un écart pilotable Δ qui fait tourner les planétaires à la vitesse $\Omega_p = (1+r).\Delta$ dans un sens ou dans un autre suivant son signe. La loi d'asservissement est alors modifiée en $\Omega_m = \Omega_c.r/(1+r) + \Delta$. Comme le sens des couples ne change pas, Δ rend les actionneurs générateurs ou moteurs suivant son signe.
- [0018] Concomitamment, le moteur principal fournit toute la puissance mécanique nécessaire aux porte-satellites plus ou moins la puissance des planétaires suivant qu'ils sont générateurs ou moteurs.
- [0019] Ω_c a été ci-dessus supposé constant car la vitesse du véhicule, donc la vitesse des couronnes Ω_c , n'est pas directement liée à la vitesse du moteur principal mais à l'historique des équilibres poussée-résistance à l'avancement du véhicule.
- [0020] Au-dessous de la vitesse Ω_{c0} des couronnes, la puissance est répartie entre les actionneurs et le moteur principal en raison de l'instabilité du moteur principal à basse vitesse. Dans ces conditions la vitesse du moteur principal est gardée constante et égale à la valeur $\Omega_{m0} = (r/(1+r)).\Omega_{c0}$ ou nulle (fonctionnement tout électrique).
- [0021] Le correctif Δ dans cette zone a pour effet de modifier la répartition de la puissance entre les actionneurs et le moteur principal. Un Δ positif augmente la puissance fournie par les actionneurs et diminue la puissance fournie par le moteur principal. Un Δ négatif a l'effet inverse.
- [0022] La recharge de la batterie est toujours possible à condition que $\Omega_{m0} > |\Delta| > P_m / ((1+r).C_p)$, où P_m est la puissance maximale stable du moteur principal à la vitesse $\Omega_{m0} + \Delta$.
- [0023] Dans une utilisation plus élaborée, chaque essieu réagit en fonction de la consigne de couple reçue sur son actionneur correspondant. Quand une roue patine, détectable par une baisse rapide de son couple par rapport aux roues de l'autre essieu, seul le couple de la roue opposée sur l'essieu est limité. Les nouvelles consignes, données par le chauffeur, ou automatiquement modifiées en temps réel par l'ordinateur de bord, ajustent la répartition de la charge entre les deux essieux de façon à supprimer la perte d'adhérence. C'est une importante amélioration par rapport aux véhicules classiques à différentiels qui perdent leurs quatre roues motrices simultanément dans ce cas.

- [0024] Sur route il doit être possible de neutraliser un essieu, d'où la nécessité d'avoir des options de configuration de la transmission à l'initiative du chauffeur. La neutralisation est très souple car elle est électrique mais dépend du type d'actionneur.
- [0025] Cette conception est compatible avec des différentiels d'essieu autobloquants ou à limitation de glissement entre les roues d'un même essieu.
- [0026] Le brevet Fr3114955 concernait l'entraînement des arbres de roues et non les arbres d'essieu. Il imposait une grande similitude de comportement entre la roue droite et la roue gauche pour des raisons évidentes de sécurité du véhicule. D'ailleurs, cette nécessité se retrouve aussi pour les moteurs roues ou les roues à entraînement individuel.
- [0027] Pour la présente invention, l'égalité des couples sur les arbres d'essieu n'est pas requise et une répartition efficace de la charge sur les essieux est possible.
- [0028] Pour minimiser la taille de la batterie, le pilotage de l'écart de vitesse Δ permet une alternance des recharges et décharges en roulant complétée par une auto recharge possible à l'arrêt du véhicule. De même, l'électronique de puissance réversible des actionneurs permet aussi de récupérer dans la batterie les énergies cinétiques du véhicule et du moteur principal. Dans le même objectif, l'asservissement du moteur principal place le point de fonctionnement des actionneurs dans une zone à faible consommation.
- [0029] Comme dans toutes les CVTs à engrenages, la poussée des actionneurs doit remplacer la poussée du moteur principal à faible vitesse dans sa zone de fonctionnement instable. Cette zone à basse vitesse du véhicule est souvent critique en couple et puissance : cas du véhicule embourbé, cas du chargement du godet d'un chargeur etc...., Heureusement dans l'architecture proposée, les deux actionneurs fonctionnent en parallèle en ajoutant leurs couples.
- [0030] Pour obtenir le maximum de capacité, il est proposé de caller la vitesse de base des actionneurs (point de rupture des courbes couple-puissance) de préférence à la vitesse nulle du véhicule. Le véhicule bénéficie alors du couple maximum dès le départ en marche avant et d'un couple, certes décroissant mais suffisant, en marche arrière. Ce choix est fortement recommandé pour les engins de travaux public ou militaires. Dans cette configuration particulière la limite de vitesse des couronnes Ω_{c0} prend une valeur particulière Ω_{c00} . Si ce choix est retenu, il faut remplacer Ω_{c0} , Ω_{m0} par Ω_{c00} , Ω_{m00} dans cet exposé.
- [0031] Au passage en marche arrière, le couple et le sens de rotation des couronnes s'inversent dans la continuité, sans recourir à des embrayages, ni à des crabots, d'où une grande agilité dans les manœuvres.
- [0032] En fait, la plage de variation de la vitesse du moteur principal est relativement étroite par rapport à celle des véhicules classiques car la plage de variation des deux CVTs

couvre déjà une bonne partie de la plage l'utilisation du véhicule. Une plage de vitesse réduite est particulièrement favorable aux moteurs thermiques à hautes performances et aux carburants alternatifs dont le fonctionnement est souvent « pointu ».

- [0033] La plage de vitesse du véhicule est en fait couverte en deux zones, une zone dite à basse vitesse où la vitesse du moteur principal est constante et égale à Ω_{m0} ou nulle jusqu'à ce que la vitesse des couronnes atteigne Ω_{c0} et une zone dite à haute vitesse où la vitesse du moteur principal Ω_m est asservie à la vitesse des couronnes Ω_c .
- [0034] Le fonctionnement en électrique pur peut être demandé en local clos ou pour un fonctionnement discret. Le passage peut se faire en arrêtant simplement moteur principal et en compensant les pertes de poussée par une augmentation des consignes de couple sur les actionneurs. Le moteur principal arrêté, son système de freinage peut alors être activé.
- [0035] Quand le véhicule est à l'arrêt, l'entraînement et le démarrage du moteur principal peuvent être assurés par les actionneurs, pied sur le frein, comme sur certains véhicules hybrides existants.
- [0036] Si le véhicule roule à une vitesse minimale, le démarrage peut se faire par une inversion contrôlée du couple sur les actionneurs de manière à limiter le choc. Un démarreur additionnel spécifique n'est pas forcément nécessaire.
- [0037] Le véhicule dispose, entre autres, dans son ordinateur de bord, des logiciels pour la gestion et le pilotage de la transmission. Le chauffeur ne donne, en principe, que la consigne de couple aux actionneurs pour accélérer ou ralentir le véhicule.
- [0038] Le moteur principal entraîne les porte-satellites des deux trains épicycloïdaux dans un même rapport de vitesse permettant aussi d'adapter la plage de vitesse du moteur principal à celle de la transmission.
- [0039] Pour avoir des arbres d'essieu tournant dans le même sens l'un par rapport à l'autre sans matériel supplémentaire quand toutes les roues tournent dans le même sens, il suffit qu'au niveau des différentiels d'essieu, les dents en prise des couples d'engrenages coniques ou spiralés soient de part et d'autre de l'axe joignant les pignons d'entrée.
- [0040] Compte tenu de la brièveté possible des séquences de recharge et décharge, la batterie peut être avantageusement remplacée par un super condensateur ou une combinaison des deux.
- [0041] Le moteur principal thermique peut être remplacé par un moteur électrique tout en conservant certains avantages du montage hybride soit :
- Une puissance de régulation réduite grâce à la démultiplication des couples à réguler dans les trains épicycloïdaux,
 - Une amélioration de l'adhérence au sol du véhicule avec une répartition ajustable des charges sur les essieux,

- Une plage réduite de variation de vitesse du moteur favorable à son rendement et à la simplicité de sa conception-construction.
- Une agilité accrue grâce à des actionneurs de faible inertie par rapport au moteur principal.

[0042] Le refroidissement par un simple ventilateur en bout d'arbre des actionneurs est envisageable car leur vitesse et leur puissance varient dans le même sens.

[0043] Le rendement de la transmission est préservé pour les raisons suivantes :

- L'essentiel de l'énergie mécanique du moteur principal passe directement aux roues au travers des trains épicycloïdaux, sans transformation énergétique multiple pénalisante pour le rendement global.
- Le point de fonctionnement autour du point A minimise l'énergie électrique dérivée.
- Le système permet un lissage des charges donc diminue le dimensionnement des équipements.
- Les actionneurs peuvent se substituer au moteur principal dans ses zones à baisses de rendement.

[0044] Il a été envisagé un véhicule à deux essieux mais rien n'empêche d'étendre ce système à n essieux en ayant n CVTs entraînées par le même moteur principal et contrôlées par n actionneurs.

Figures

[0045] [Fig.1], La [Fig.1] schématise la transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon l'invention avec :

- Deux essieux (1) et (2) avec chacun leur paire de roues, leur différentiel et leur arbre d'entraînement d'essieu $e1$ et $e2$. Les dents en prise des engrenages coniques ou spiroïdaux d'entraînement des deux différentiels sont de part et d'autre de l'axe joignant les pignons d'entrée (axe $e1e2$). A cette condition, les deux arbres d'essieu $e1$ et $e2$ tournent dans le même sens l'un par rapport à l'autre quand les 4 roues tournent dans le même sens,
- Deux trains d'engrenages épicycloïdaux $T1(3)$ et $T2(4)$ simples et identiques, de raison r dont : chaque planétaire est connecté à un des deux actionneurs moteur-générateurs $MG1$ (7) ou $MG2$ (8) commandés en couples par le chauffeur ; chaque couronne entraîne un des deux arbres d'essieu $e1$ ou $e2$; chaque porte-satellite est entraîné dans le même sens et à la même vitesse par le moteur principal MM (6) dont la vitesse est asservie à la vitesse des couronnes,
- Une boîte à engrenages (5) dédouble la sortie du moteur principal MM en deux sorties $s1$ et $s2$ de même sens et à la même vitesse, tout en assurant

l'adaptation des vitesses entre le moteur principal MM et le reste de la transmission,

- Non représentés : la batterie pour absorber les excédents ou les déficits du bilan électrique, l'électronique de puissance réversible pour la récupération des énergies cinétiques, l'ordinateur de bord pour gérer- contrôler l'ensemble de la transmission et les interfaces avec le chauffeur.

[Fig.2] , La [Fig.2] représente graphiquement les caractéristiques des deux trains épicycloïdaux pour une vitesse d'entraînement des porte-satellites Ω_m . Ce sont des droites qui coupent l'axe des abscisses en A à l'abscisse $\Omega_c = ((1+r)/r) \cdot \Omega_m$. Ω_c est aussi la vitesse des couronnes proportionnelles à V la vitesse du véhicule. Les deux droites se confondent mais dans la réalité l'égalité des vitesses des couronnes Ω_c sur les deux trains souffre de petits écarts ponctuels dues aux irrégularités du terrain. Cependant elles restent quasiment confondues en moyenne.

[0046] Autour du point A la vitesse des actionneurs est faible et par conséquent il en est de même de leur puissance d'utilisation, d'où la préférence de placer le point de fonctionnement de la transmission proche du point A.

[0047] Il existe un point A particulier A0 et une vitesse des couronnes correspondante Ω_{c0} en deçà desquels le moteur principal n'est plus stable. A0 délimite alors deux zones : une zone, dite à basse vitesse jusqu'au point A0 où la vitesse des porte-satellites est égale à $\Omega_{m0} = (r/(1+r)) \cdot \Omega_{c0}$ ou nulle. Et une zone, dite à haute vitesse à partir du point A0 où un asservissement maintient le point de fonctionnement de la transmission proche de A caractérisé par une faible consommation des actionneurs. En conséquence, la plage de vitesse du véhicule est couverte en deux zones délimitées par la vitesse des couronnes Ω_{c0} , une zone dite à basse vitesse où la vitesse des porte-satellites Ω_m est constante et égale à Ω_{m0} ou nulle et une zone dite à haute vitesse où la vitesse des porte-satellites Ω_m est asservie à la vitesse du véhicule pour garder la vitesse des actionneurs Ω_p proche de zéro.

[0048] Si le couple maximal est recherché au démarrage, comme recommandé pour les engins de travaux public ou militaires, la vitesse de base des actionneurs est alors callée sur la vitesse nulle du véhicule et la limite des deux zones devient A00 et Ω_{c00} .

[0049] Quand la vitesse des porte-satellites Ω_m est corrigée d'un écart pilotable Δ sans changer la vitesse du véhicule donc de Ω_c , les actionneurs sont mis en rotation à la vitesse de $\Omega_p = (1+r) \cdot \Delta$. Quand Δ est positif les actionneurs sont générateurs et moteurs quand Δ est négatif. Le pilotage de Δ positif permet la recharge de la batterie en fonction de son état de charge soit à l'initiative du chauffeur, soit automatiquement à l'initiative de l'ordinateur de bord.

[0050] Par un processus similaire, Δ négatif permet au chauffeur ou au logiciel de bord de bénéficier d'une poussée supplémentaire en cas de nécessité. En effet avec Δ négatif,

les actionneurs viennent ajouter leur puissance à celle du moteur principal quand celle-ci est insuffisante. En résumé, l'écart Δ sur la vitesse du moteur principal est pilotable en fonction d'une demande ponctuelle de puissance supplémentaire s'il est positif ou en fonction de l'état de charge de la batterie s'il est négatif.

[0051] Ce fonctionnement permet de diminuer la taille du moteur principal en lissant les variations de charges.

[0052] [Fig.3], La [Fig.3] donne une image des couples du moteur principal, courbe (33) et des actionneurs MG1 plus MG2, courbe (34), avec leur synchronisation en fonction de la vitesse des couronnes Ω_c qui est proportionnelle à la vitesse du véhicule. Nous nous plaçons dans l'option recommandée où la vitesse de base des actionneurs MG1 plus MG2 coïncide avec ou est proche de la vitesse nulle du véhicule.

[0053] De O à A00, dans la zone basse vitesse, la vitesse du moteur principal est nulle sur OD en mode électrique ou égale à Ω_{m00} en mode hybride. Le mode hybride est obligatoire à partir de E car la puissance des actionneurs MG1 plus MG2, droite (32), devient inférieure à la puissance nécessaire à l'entraînement du véhicule, droite (31) à poussée constante. Pour bénéficier du couple maximum dès le démarrage, le point de rupture R de la courbe couple-puissance des actionneurs est sur l'axe de la vitesse nulle du véhicule soit $\Omega_c=0$, courbe (34).

[0054] [Fig.4], L'objectif de la [Fig.4] est de confirmer la fonction générateur ou moteur des actionneurs dans la zone utile du diagramme des vitesses soit dans le premier quadrant. Les notations utilisées sont :

- Ω, C, P sont respectivement les vitesses, les couples, les puissances des organes des deux trains épicycloïdaux,
- p, c, m , sont les indices correspondants aux planétaires, aux couronnes, aux porte-satellites,
- Le signe + pour les vitesses et les couples correspond au sens rétrograde et le signe - au sens contraire,
- Le signe + pour les puissances correspond à une puissance positive génératrice et le signe - à une puissance négative motrice,
- Δ est l'écart de correction de la vitesse des porte-satellites.

En conclusion, quand Δ est positif les actionneurs sont bien générateurs. Quand Δ est négatif ils sont bien moteurs.

[0055] [Fig.5], La [Fig.5] donne les caractéristiques et les performances des deux trains épicycloïdaux pour des vitesses d'entraînement des porte-satellites de 960 et de 3960 tr/mn. La caractéristique à 960 tr/mn, avec ici son point A0, pourrait être, à titre d'exemple, la limite de stabilité du moteur principal et la caractéristique délimitant les zones haute vitesse et basse vitesse.

[0056] On constate que la poussée sur le véhicule est constante sur la plage des vitesses du

véhicule ce qui était attendu puisque la consigne de couple donnée par le chauffeur est constante dans cet exemple. Ce résultat est adapté à un véhicule tout terrain qui a besoin de couple au démarrage et qui est relativement peu affecté par sa trainée à vitesse élevée.

[0057] Dans la réalité l'ordinateur de bord aurait modulé les instructions du chauffeur pour, optimiser l'adhérence des paires de roues, tenir compte de la position du centre de gravité du moment et des limites de puissance du moteur principal. L'écart entre 960 et 3960 tr/mn a été choisi exagéré pour avoir deux graphes bien distincts et bien lisibles. Dans la réalité le rapport entre les vitesses maxi et mini du moteur principal est beaucoup plus resserré, ce qui permet d'utiliser le segment pratiquement horizontal et plat du sommet la caractéristique couple du moteur principal qui correspond aussi à l'efficacité maximale.

[0058] [Fig.6], La [Fig.6] donne un exemple schématique d'un arrangement de l'invention dans sa version compacte et concentrique. Dans un souci de compacité et d'efficacité, les trains épicycloïdaux et leurs actionneurs sont montés concentriques sur un même axe avec tous les engrenages regroupés dans un même carter lié au châssis (représenté en trait mixte). Un seul satellite par train épicycloïdal T1 ou T2 est représenté alors qu'ils peuvent être multiples. Des pales de ventilateur non représentées peuvent être montées à l'extrémité libre des arbres des actionneurs pour le refroidissement. Ci-après la nomenclature des principaux éléments :

- [0059] 11 planétaire du train T1
- [0060] 12 arbre d'essieu e1
- [0061] 13 porte-satellite du train T1
- [0062] 14 satellite du train T1
- [0063] 15 couronne du train T1
- [0064] 16 pignon d'entraînement du porte-satellite du train T1
- [0065] 17 actionneur MG1 du planétaire du train T1
- [0066] 18 tachymètre pour l'asservissement de Ω_c à Ω_m
- [0067] 19 arbre du moteur principal MM
- [0068] 20 moteur principal MM
- [0069] 21 planétaire du train T2
- [0070] 22 arbre d'essieu e2
- [0071] 23 couronne du train T2
- [0072] 24 porte-satellite du train T2
- [0073] 25 satellite du train T2
- [0074] 26 carter lié au châssis
- [0075] 27 actionneur MG2 du planétaire du train T2
- [0076] 28 pignon d'entraînement du porte-satellite du train T2

- [0077] 29 système de blocage commandé de l'arbre du moteur principal par rapport au carter
[0078] [Fig.7], [Fig.7] pour abrégé

Applications

- [0079] Les caractéristiques sur la [Fig.5] sont obtenues pour $1/r = 0,3$ et pour des actionneurs de 100 mN, 30 kw unitaire avec un rapport d'essieu de 6 et des diamètres de roues de 0,64m.
- [0080] La poussée maximale sur le véhicule est de l'ordre de 13 kN
- [0081] La limite entre les deux entre la haute et basse vitesse est $\Omega_{m00} = 1300$ tr/mn soit 36 km/h.
- [0082] La puissance du moteur principal est de 60 kw à 72km/h à 2600 tr/mn avec plage de vitesses de 1 à 2.
- [0083] La vitesse de base des actionneurs est de 6000 tr/mn.

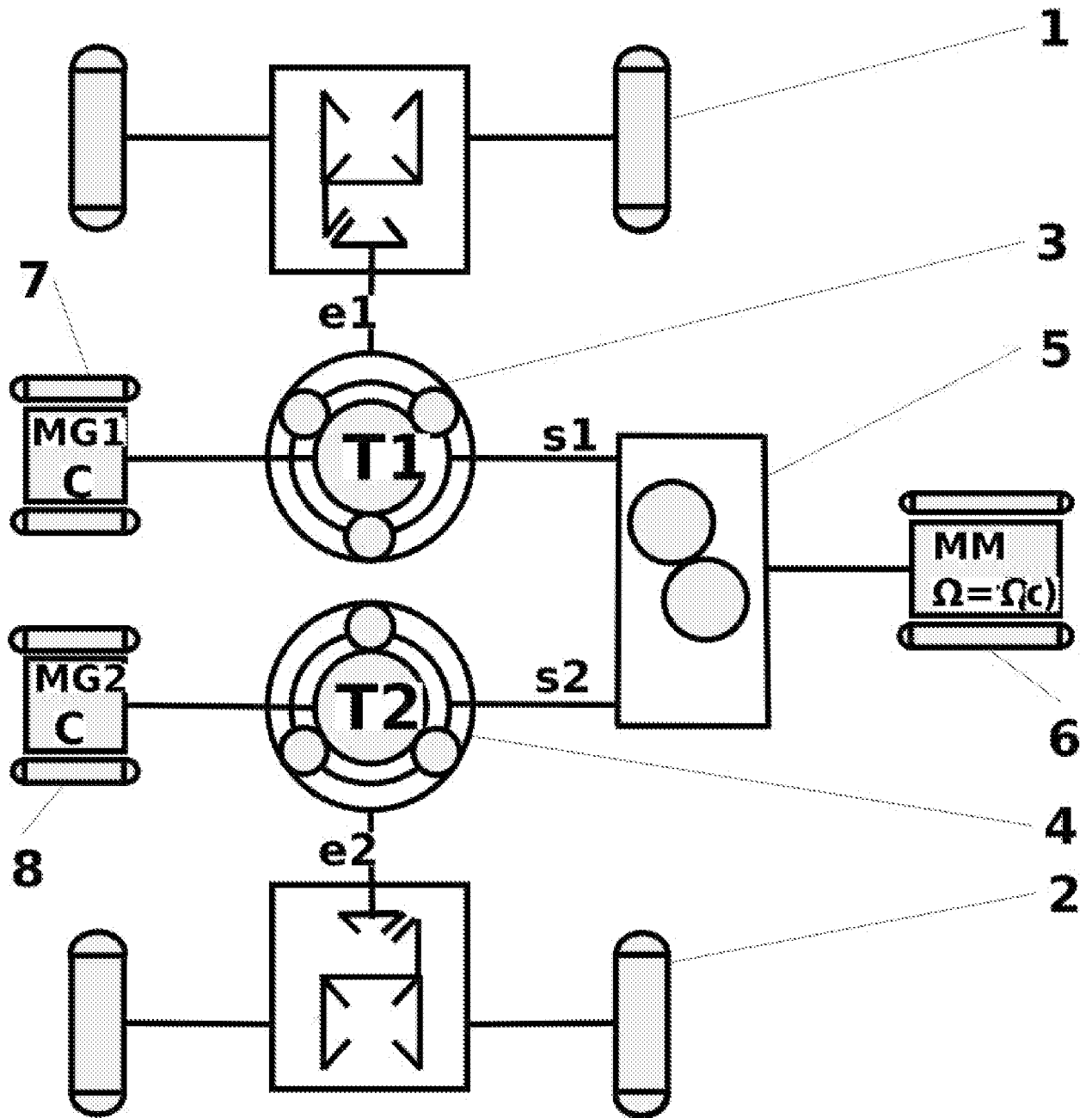
Revendications

- [Revendication 1] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices basée sur deux CVTs (Transmission à Variation Continue de Vitesse) caractérisée en ce qu'elle comprend entre autres :
- Deux essieux avec chacun leur paire de roues, leur différentiel, tels que leurs arbres d'entraînement tournent dans le même sens l'un par rapport à l'autre quand les 4 roues tournent dans le même sens,
 - Deux trains d'engrenages épicycloïdaux simples et identiques, de raison r dont chaque planétaire est entraîné par un des deux actionneurs moteur-générateurs MG1 ou MG2 commandés en couple par le chauffeur, chaque couronne entraîne un des deux arbres d'essieu et chaque porte-satellite est entraîné à la même vitesse par un moteur principal MM asservi à la vitesse des couronnes, elle-même proportionnelle à la vitesse du véhicule.
 - Un système automatique de recharge de la batterie en roulant en fonction de son état de charge ou à l'arrêt sur commande.
- [Revendication 2] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon la revendication 1 caractérisée en ce que la vitesse de base des actionneurs coïncide avec la vitesse nulle du véhicule.
- [Revendication 3] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon la revendication 1 caractérisée en ce que l'asservissement de la vitesse du moteur principal à la vitesse des couronnes suit la loi $\Omega_m = (r/(1+r)) \cdot \Omega_c + \Delta$, où Ω_m est la vitesse des porte-satellites proportionnelle à la vitesse du moteur principal, où Ω_c est la vitesse des couronnes proportionnelle à la vitesse du véhicule et Δ est un écart de vitesse du moteur principal pilotable, par le chauffeur ou automatiquement par l'ordinateur de bord.
- [Revendication 4] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon les revendications 1 et 3 caractérisée en ce que l'écart Δ sur la vitesse du moteur principal est pilotable en fonction d'une demande ponctuelle de puissance supplémentaire s'il est positif ou en fonction de l'état de charge de la batterie s'il est négatif.
- [Revendication 5] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon la

- revendication 1 caractérisée en ce que la consigne de couple est ajustée pour mieux répartir la charge entre les deux essieux en fonction de l'adhérence des roues, soit automatiquement en temps réel par l'ordinateur de bord, soit à l'initiative du chauffeur.
- [Revendication 6] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon la revendication 1 caractérisée en ce que la plage de vitesse du véhicule est couverte en deux zones délimitées par la vitesse des couronnes Ω_{c0} , une zone dite à basse vitesse où la vitesse des porte-satellites Ω_m est constante et égale à Ω_{m0} ou nulle et une zone dite à haute vitesse où la vitesse des porte-satellites Ω_m est asservie à la vitesse du véhicule pour garder la vitesse des actionneurs Ω_p proche de zéro.
- [Revendication 7] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon la revendication 1 caractérisée en ce que la vitesse de base des actionneurs est callée sur la vitesse nulle du véhicule.
- [Revendication 8] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon la revendication 1 caractérisée en ce que les trains épicycloïdaux et leurs actionneurs peuvent être montés concentriques sur un même axe dans un même carter lié au châssis.
- [Revendication 9] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon la revendication 1 caractérisée en ce que le moteur principal peut être thermique ou électrique.
- [Revendication 10] transmission pour véhicule tout terrain à quatre roues motrices selon la revendication 1 caractérisée en ce que la batterie est remplacée par un super condensateur ou par une combinaison des deux.

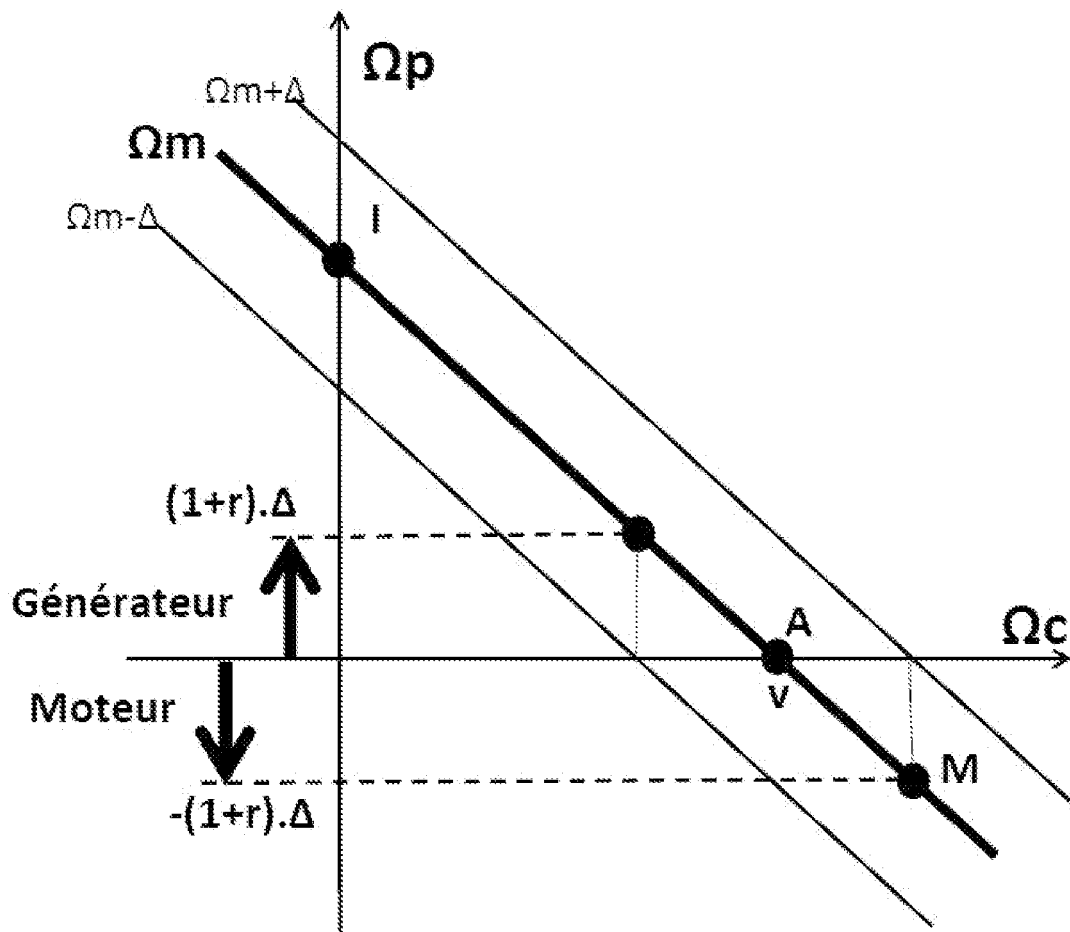
[Fig. 1]

Figure 1



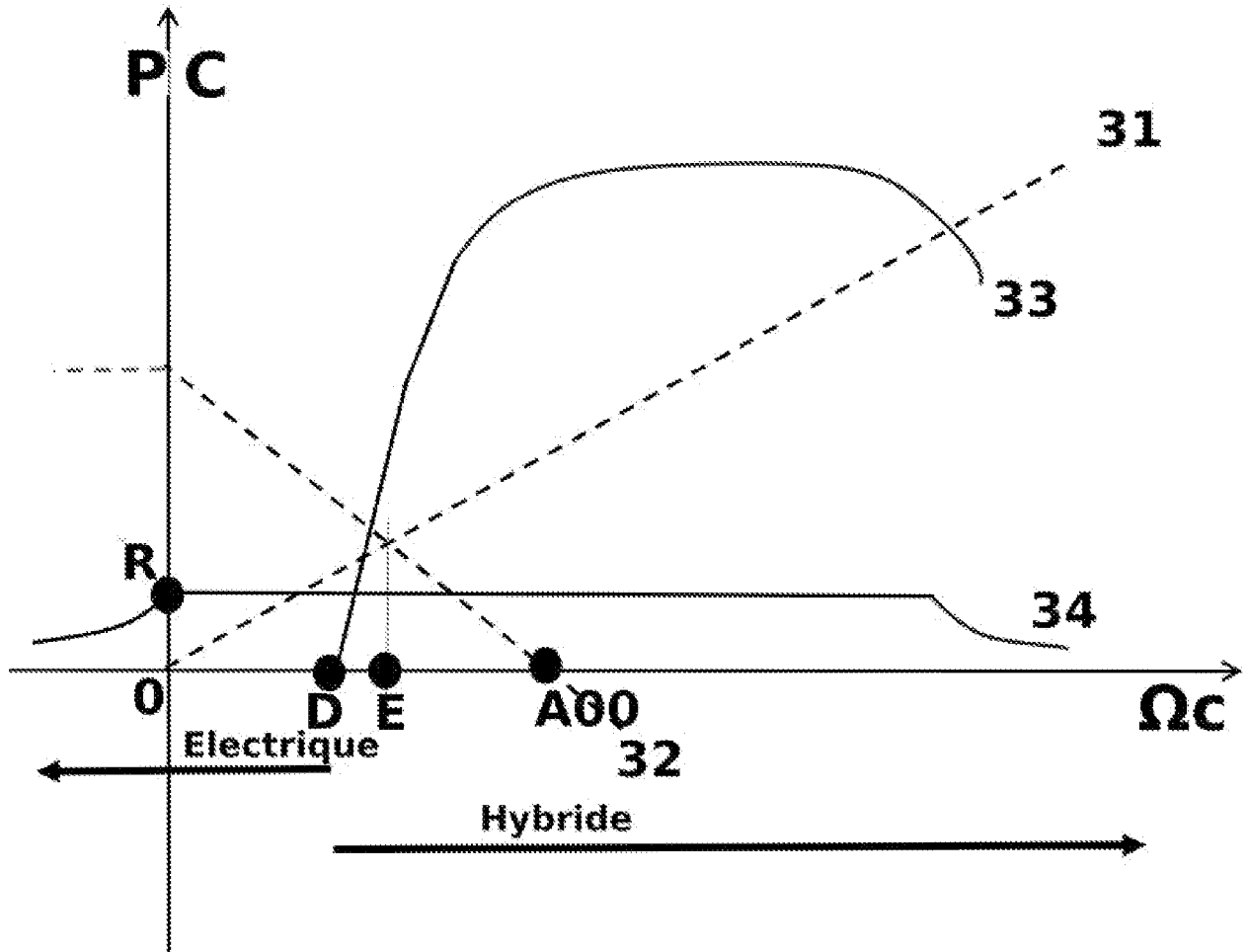
[Fig. 2]

Figure 2



[Fig. 3]

Figure 3



[Fig. 4]

Figure 4

	T1	T2
r	-	-

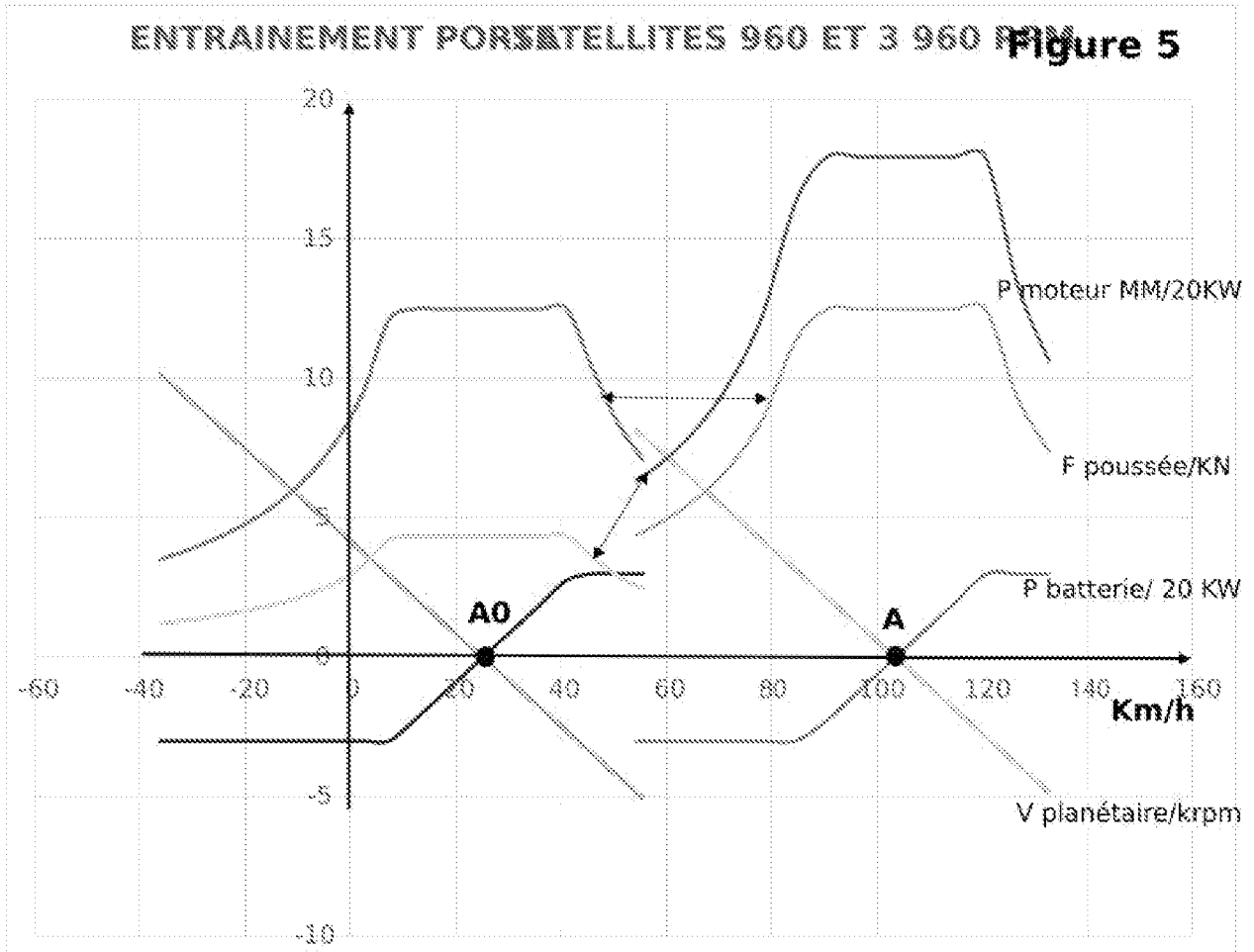
Ω_d	+	+
C_d	-	-
P_d	-	-

Ω_m	+	+
C_m	+	+
P_m	+	+

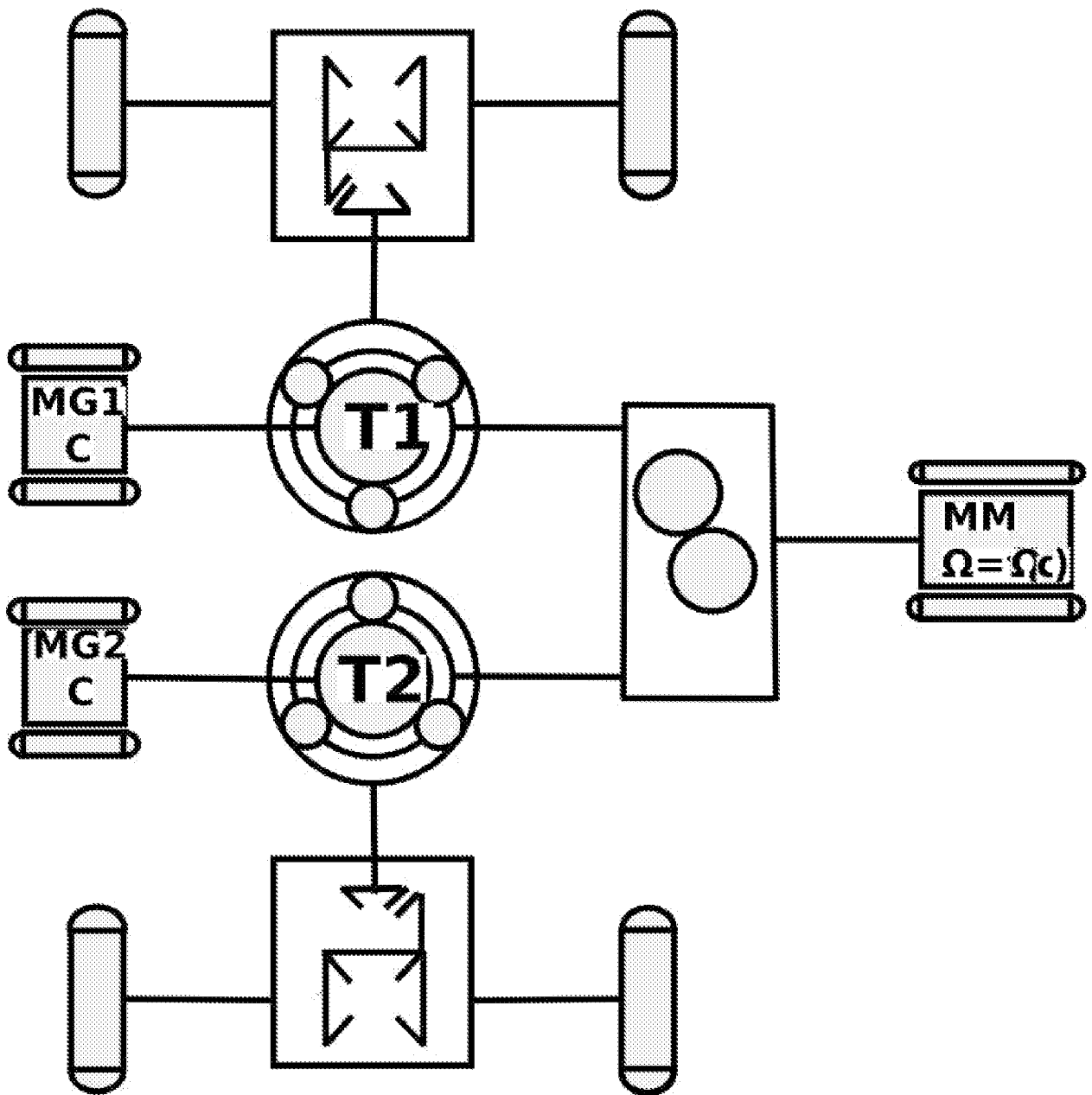
Δ	M	M
Ω_p	+	+
C_p	-	-
P_p	-	-

Δ	G	G
Ω_p	-	-
C_p	-	-
P_p	+	+

[Fig. 5]



[Fig. 7]

Figur 7



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 923236
FR 2308839

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		
Y	US 2005/070391 A1 (FOLSOM LAWRENCE R [US] ET AL) 31 mars 2005 (2005-03-31) * alinéas [0047] - [0050]; figures 1,6,7 * -----	1-10	B60K 17/348 B60K 6/52 B60W 10/12
Y	DE 10 2018 131286 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 10 juin 2020 (2020-06-10) * alinéas [0016], [0019], [0024] - [0034]; figure 1 * -----	1-10	
A,D	FR 3 114 055 A1 (BUFFET DENIS [FR]) 18 mars 2022 (2022-03-18) * le document en entier * -----	1	
A	WO 2017/075148 A1 (UNIV MICHIGAN REGENTS [US]; BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 mai 2017 (2017-05-04) * le document en entier * -----	1	
A	US 7 140 461 B2 (OSHKOSH TRUCK CORP [US]) 28 novembre 2006 (2006-11-28) * le document en entier * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60K F16H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 mars 2024		Wurzer, Oliver	
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 2308839 FA 923236**

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 **14-03-2024**
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
US 2005070391 A1	31-03-2005	AU 2003240571 A1	23-01-2004
		EP 1514039 A2	16-03-2005
		US 2005070391 A1	31-03-2005
		WO 2004005754 A2	15-01-2004

DE 102018131286 A1	10-06-2020	DE 102018131286 A1	10-06-2020
		US 2020182343 A1	11-06-2020

FR 3114055 A1	18-03-2022	AUCUN	

WO 2017075148 A1	04-05-2017	CN 108349367 A	31-07-2018
		EP 3368360 A1	05-09-2018
		JP 6611933 B2	27-11-2019
		JP 2019500259 A	10-01-2019
		US 2018290534 A1	11-10-2018
		WO 2017075148 A1	04-05-2017

US 7140461 B2	28-11-2006	AUCUN	
