

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
**INSTITUT NATIONAL
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
 PARIS

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

2 855 104

21) N° d'enregistrement national : **03 06216**

51) Int Cl⁷ : B 60 K 6/02

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 23.05.03.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.11.04 Bulletin 04/48.

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 :

71) Demandeur(s) : *RENAULT S.A.S Société par actions simplifiée* — FR.

72) Inventeur(s) : ROYER LAURENT, PICHON YVES et GOELZER ANNE.

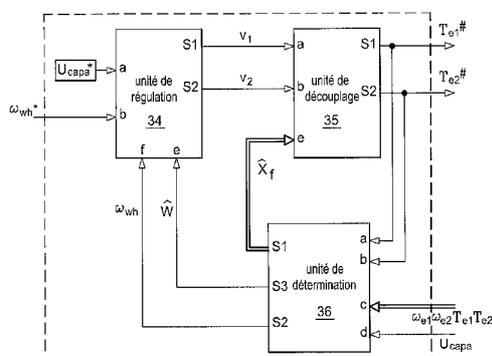
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET PHILIPPE KOHN.

54) **PROCEDE ET DISPOSITIF DE COMMANDE D'UN GROUPE MOTOPROPULSEUR AVEC UNE TRANSMISSION INFINIMENT VARIABLE EN MODE RAMPAGE EN VITESSE.**

57) La présente invention concerne un procédé et un dispositif de commande d'un groupe motopropulseur avec une transmission infiniment variable en mode « rampage en vitesse ». Le système concerné est un véhicule équipé d'un moteur thermique et d'une transmission infiniment variable fonctionnant en mode « rampage en vitesse ».

Selon l'invention, un modèle global multivariable non linéaire est exécuté dans une unité de détermination (36), de sorte qu'une pluralité de variables intermédiaires (v_1, v_2) soit produites à destination d'une unité de découplage (35) par une unité de régulation (34). Les signaux de mesure utilisés sont les régimes et les couples des machines électriques du variateur électrique' de la transmission infiniment variable, la tension électrique aux bornes de l'élément tampon d'énergie du variateur électrique. Les commandes produites sont les signaux de consignes de couple ($T_{e1\#}, T_{e2\#}$) des machines électriques.



FR 2 855 104 - A1



**« Procédé et dispositif de commande d'un groupe
motopropulseur avec une transmission infiniment variable en
mode rampage en vitesse »**

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de
5 commande des actionneurs d'un Groupe motopropulseur avec une
transmission infiniment variable en mode rampage en vitesse. Le
système concerné est un véhicule équipé d'un moteur thermique et
d'une transmission infiniment variable fonctionnant en mode
« rampage en vitesse ».

10 En mode « rampage en vitesse », le conducteur ne fournit
aucune intention sur la commande du moteur thermique ni sur le
système de freinage. Particulièrement dans le cas d'un véhicule
classique, il n'appuie pas sur la pédale d'accélérateur, ni sur la
pédale de frein. Le moteur thermique est placé par son propre
15 contrôleur en régime de régulation de ralenti. Le système concerné
a pour particularité de ne pas comporter de coupleur, c'est-à-dire
qu'une puissance mécanique est toujours échangée entre les roues
du véhicule et le groupe motopropulseur. Particulièrement, un tel
système ne comporte pas d'embrayage ni de convertisseur, entre le
20 moteur thermique et la transmission infiniment variable.

La transmission infiniment variable utilisée dans le système de
l'invention est constituée :

- de deux machines électriques électriquement reliées par un
élément tampon d'énergie et fonctionnant en variateur
25 électrique ;
- d'une chaîne cinématique disposant de quatre arbres
d'entrée/sortie respectivement connectés au moteur thermique,
aux roues et aux machines électriques.

Des actionneurs permettent de contrôler l'état de
30 fonctionnement essentiellement du moteur thermique et des deux
machines électriques. Ces actionneurs doivent recevoir des signaux
de pilotage produits par un superviseur, par exemple implémenté
sur un ordinateur de bord.

Dans de précédentes demandes de brevet, le demandeur a déjà défini des architectures permettant de tirer le meilleur parti de ce genre de transmission infiniment variable. Le demandeur cite particulièrement la demande de brevet FR-A-2.818.346 déposée le 5 18 décembre 2000 qui concerne une transmission infiniment variable à dérivation de puissance comportant deux machines électriques montées en série sur une première voie et un accès à l'arbre du moteur thermique sur une seconde voie et avec deux étages de réduction et la demande de brevet FR-A-2.823.156 10 déposée le 06 avril 2001 qui concerne une transmission infiniment variable à dérivation de puissance à deux modes de fonctionnement, la transmission présentant deux voies de dérivation de la puissance mécanique dont l'une des voies comporte deux étages de réduction montés en parallèle et activés selon le mode de fonctionnement 15 choisi.

Dans une demande de brevet français FR-A-2.824.377, déposée le 04 mai 2001 au nom du présent demandeur, on a proposé un procédé de synthèse d'une loi de commande des actionneurs précités qui assure sa robustesse aux perturbations des 20 commandes, aux bruits des mesures, aux erreurs de modélisation, aux saturations des actionneurs et aux commutations des régulateurs qui sont intégrés dans le réseau électrique de bord. La loi de commande envisagée vise aussi à assurer le respect des limitations des organes pour assurer l'asservissement des 25 consignes de commande sur ces limitations.

Cette commande permet de respecter des spécifications de performance et de présenter des propriétés de robustesse aux perturbations et bruits de mesures, tout en assurant une régulation correcte de l'élément tampon d'énergie.

30 Dans le procédé de synthèse d'une loi de commande des organes d'une transmission infiniment variable défini dans cette demande de brevet, la loi de synthèse est implantée dans une unité centrale électronique de type superviseur à trois niveaux de

commande. La loi de synthèse est délivrée au calculateur de contrôle qui pilote le moteur thermique et les machines électriques de la transmission.

Le procédé défini dans cette précédente demande de Brevet
5 FR-A-2.824.377 consiste à :

- modéliser le comportement dynamique du groupe motopropulseur du véhicule selon un modèle dynamique linéaire invariant dans le temps, recevant en entrée des signaux de consigne des actionneurs du groupe motopropulseur qui assurent une consigne de
10 couple sur chacune des machines électriques et du moteur thermique, et des signaux d'état du véhicule comprenant le couple et le régime du moteur thermique, ainsi que le régime des roues du véhicule, pour délivrer le couple de transmission aux roues, ainsi que le couple et le régime du moteur thermique ;

15 - corriger le modèle dynamique linéaire du groupe motopropulseur par Introduction des incertitudes de dynamique du moteur thermique et des machines électriques et des incertitudes paramétriques sur la résistance à l'avancement et sur la masse du véhicule ;

20 - calculer par la méthode de minimisation d'une norme H infini, d'un régulateur robuste en performances qui stabilise tous les systèmes décrits par ledit modèle avec incertitudes.

Dans une demande de brevet français No. 01.16915 déposée le 27 décembre 2001 au nom du présent demandeur, une
25 architecture à trois couches pour un superviseur de groupe motopropulseur a été définie qui permet de rendre le superviseur peu dépendant du type de moteur thermique, des caractéristiques de la transmission infiniment variable et des caractéristiques, tant du comportement routier du véhicule que du style de conduite du
30 conducteur.

Dans une première couche IVC, le superviseur comporte un premier moyen pour interpréter la volonté du conducteur tout en tenant compte de l'environnement de conduite du véhicule.

Dans une seconde couche OPF, le superviseur comporte un second moyen qui coopère avec le premier moyen pour déterminer, indépendamment du type de moteur thermique, le point optimal de fonctionnement du groupe motopropulseur pour appliquer une
5 consigne déterminée en fonction de l'interprétation de la volonté du conducteur.

Dans une troisième couche COS, le superviseur comporte un troisième moyen qui coopère avec le second moyen pour déterminer les signaux de commande des actionneurs d'un groupe
10 motopropulseur avec une transmission infiniment variable du type décrit plus haut.

C'est un objet de la présente invention de permettre, au niveau de la troisième couche COS du superviseur, de calculer la commande des deux actionneurs disponibles – les deux machines
15 électriques - permettant de réaliser le point de fonctionnement requis par les couches supérieures de supervision dans le mode « rampage en vitesse ».

En effet, l'invention concerne un procédé de commande d'un groupe motopropulseur avec une transmission infiniment variable.
20 La transmission infiniment variable comporte un variateur électrique avec un élément tampon d'énergie. Elle n'interpose aucun coupleur séparatif entre le moteur thermique et les roues du véhicule.

Le groupe motopropulseur concerné par le procédé de l'invention est destiné à un véhicule et il comporte un moteur
25 thermique couplé directement aux roues du véhicule et une transmission infiniment variable à variateur électrique. Le variateur inclut deux machines électriques. Le véhicule peut être entraîné par le groupe motopropulseur, freiné par celui-ci, découplé de celui-ci ou maintenu à l'arrêt.

30 Le procédé de l'invention travaille dans un mode de fonctionnement "rampage en vitesse", et dispose d'un mode d'entraînement spécifique du véhicule par le groupe motopropulseur selon lequel on contrôle la vitesse du véhicule en maintenant le

moteur thermique au ralenti en exploitant uniquement une mesure du niveau de charge du variateur et des mesures de régime des machines électriques et de couple fourni par celles-ci.

L'invention concerne aussi un dispositif de commande des
5 actionneurs d'un groupe motopropulseur avec une transmission infiniment variable en mode « rampage en vitesse » pour mettre en œuvre le procédé défini ci-dessus. Le dispositif est du genre comportant :

- un premier contrôleur pour interpréter la volonté du conducteur,
- 10 - un second contrôleur pour déterminer un point de fonctionnement optimal du moteur thermique, et
- un troisième contrôleur pour produire des signaux de commande des actionneurs du groupe motopropulseur.

Le troisième contrôleur du dispositif de l'invention comporte :

- 15 - une unité de régulation ;
- une unité de découplage ; et
- une unité de détermination.

L'unité de découplage produit deux signaux de commande de couple des machines électriques du variateur électrique de la
20 transmission infiniment variable.

L'unité de régulation élabore des variables intermédiaires à destination de l'unité de découplage en fonction du signal de consigne de la tension mesurée aux bornes de l'élément tampon d'énergie du variateur et de la donnée d'une valeur optimale de
25 vitesse de rotation à la roue et sur la base d'estimation de la vitesse de rotation à la roue et de l'état énergétique de l'élément tampon.

L'unité de détermination comporte des modules synthétisant le dit modèle global multivariable non linéaire pour produire une estimation du degré de charge de l'élément tampon d'énergie et une
30 estimation de la vitesse à la roue à destination de l'unité de régulation et pour produire un vecteur d'estimation des couples et régimes du groupe motopropulseur à destination de l'unité de découplage, sur la donnée de mesure des régimes et des couples

des machines électriques et de la tension aux bornes de l'élément tampon d'énergie du variateur de vitesses.

La solution proposée par l'invention permet de réaliser une commande du groupe motopropulseur GMP pour atteindre
5 simultanément l'ensemble des objectifs requis, à savoir produire une valeur déterminée de vitesse à la roue et de niveau d'énergie de l'élément tampon d'énergie. La solution proposée a pour particularité de s'appliquer à un groupe motopropulseur GMP dépourvu de coupleurs entre le moteur thermique et la transmission,
10 comme un embrayage ou un convertisseur.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention seront mieux compris à l'aide de la description et des figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique représentant un véhicule
15 dont le groupe motopropulseur est commandé selon le procédé de l'invention, et les éléments principaux du dispositif de mise en oeuvre ;

- les figures 2 et 3 sont des organigrammes expliquant des étapes du procédé de l'invention ;

20 - la figure 4 est une vue schématique représentant les parties principales du dispositif de l'invention ;

- la figure 5 est une vue schématique représentant un mode particulier de réalisation d'un bloc de la figure 4.

Dans la suite du texte, les notations suivantes ont la
25 signification suivante :

- Le terme \hat{a} ou $^{\wedge}a$ désigne une estimation de la variable a ;
- Le terme a^* ou le terme a^* désigne une consigne optimisée de la variable a ;
- Le terme $a^{\#}$ ou le terme $a^{\#}$ désigne une consigne calculée de la
30 variable a ;
- Le terme \dot{a} ou le terme a' désigne la variation temporelle de la variable a ;

- La variable T_s désigne le temps d'échantillonnage de la commande.

Le mode de fonctionnement du groupe motopropulseur GMP concerné par la présente invention est un mode opératoire appelé mode « rampage en vitesse », au cours duquel le moteur thermique fonctionne en régime de ralenti et la transmission infiniment variable permet d'assurer une faible vitesse de déplacement au véhicule. Au cours de ce mode, l'objectif mécanique poursuivi par le procédé de l'invention est la régulation de la vitesse de rotation aux roues. L'objectif énergétique poursuivi par le procédé de l'invention est la régulation de la tension du condensateur.

À la figure 1, on a représenté un schéma bloc d'un véhicule équipé d'un groupe motopropulseur (GMP). Le groupe motopropulseur GMP est constitué d'un moteur thermique ICE 4 commandé en couple et d'une transmission infiniment variable IVT 5. Cette transmission est constituée d'une chaîne cinématique 13 comportant quatre voies d'échange de puissance mécanique et d'un variateur électrique 21. Le variateur électrique 21 est lui-même constitué de deux machines électriques M_{e1} , 11 et M_{e2} , 12 commandées en couple et liées électriquement par un élément tampon d'énergie 10. Bien que l'élément de stockage d'énergie 10 du mode de réalisation décrit soit un condensateur, le procédé de commande est également applicable au cas d'une transmission infiniment variable avec un stockage d'énergie de technologie différente telle qu'une batterie ou un super condensateur.

Chaque machine électrique M_{e1} , 11 ou M_{e2} , 12 peut travailler dans les quatre quadrants de caractéristique (ω_e, T_e) , ou autrement dit :

- comme moteur, mode dans lequel la machine électrique tire de l'énergie électrique sur l'élément tampon d'énergie 10 et délivre de la puissance mécanique par un arbre 17 ou 18 sur la chaîne cinématique à quatre voies, ou

- comme générateur, mode dans lequel la machine électrique prélève de la puissance mécanique sur la chaîne cinématique 13 et recycle de l'énergie électrique vers l'élément tampon d'énergie 10.

5 La chaîne cinématique 13 comporte quatre arbres d'échange de puissance mécanique qui sont :

- Un arbre 15 pour échanger de la puissance mécanique avec le vilebrequin du moteur thermique 4 qui peut travailler en moteur ou en frein moteur ;
- 10 - Un arbre 16 pour échanger de la puissance mécanique avec les roues 6 du véhicule ;
- Des arbres 17 et 18 pour échanger de la puissance mécanique avec les rotors des deux machines électriques 11 et 12.

Le moteur thermique 4 est contrôlé en couple par un
15 contrôleur de ralenti 26 et les machines électriques 11 et 12 sont respectivement contrôlées par un contrôleur 19 et par un contrôleur 20. La chaîne cinématique 13 de la transmission IVT 5 comporte ainsi qu'il est connu des coupleurs comme des embrayages et des
20 freins qui sont commandés par un contrôleur de mode de transmission qui n'est ni décrit ni représenté dans la présente demande mais qui est défini dans les précédentes demandes de brevet précitées du demandeur.

Le mode de fonctionnement du groupe motopropulseur GMP
concerné par la présente invention est un mode d'entraînement
25 spécifique appelé mode de « rampage en vitesse », au cours duquel le moteur thermique fournit un couple de ralenti à la transmission. Au cours de ce mode, l'objectif mécanique poursuivi par le procédé de l'invention est la régulation de la vitesse du véhicule. L'objectif énergétique poursuivi par le procédé de l'invention est la régulation
30 de la tension de l'élément tampon d'énergie du variateur 21.

Dans la suite de la description, on exploitera des variables décrivant l'état du système par les grandeurs désignées par les notations :

- . ω_{e1} : régime de la première machine électrique 11,
- . ω_{e2} : régime de la seconde machine électrique 12,
- . T_{de1} : couple de perturbation appliqué sur le rotor de la première machine électrique Me1 11,
- 5 . T_{de2} : couple de perturbation appliqué sur le rotor de la seconde machine électrique Me2 12,
- . $T_{e1}^{\#}$: consigne de couple pour la première machine électrique Me1 11,
- . $T_{e2}^{\#}$: consigne de couple pour la première machine électrique Me2
- 10 12,
- . $\omega_{ice}^{\#}$: consigne de régime de ralenti du moteur thermique ω_{ice} 4,
- . T_{tice} : couple du moteur thermique ice appliqué sur le vilebrequin 8 et incluant les perturbations modélisées,
- . ω_{ice} : régime mesuré à la roue,
- 15 . T_{dwh} : couple de perturbation appliqué sur le couple aux roues,
- . W : niveau d'énergie du condensateur,
- . $\varphi(T_{e1}, T_{e2}, \omega_{e1}, \omega_{e2})$: cette fonction scalaire est définie par la puissance échangée par le condensateur ou élément tampon
- 20 des pertes du variateur électrique comprenant les deux machines électriques Me1 et Me2 et leur condensateur de stockage,
- . PdW : puissance de perturbation appliquée sur la dynamique du condensateur.

Les variables décrivant l'état du système sont divisées en deux

25 listes unidimensionnelles ou vecteurs X1 et X2, ici représentées sous leur forme vectorielle transposée :

$$X1 = [\omega_{e1}, \omega_{e1}, T_{ice}, T_{dwh}, T_{d_{ice}}, T_{de1}, T_{de2}] \quad (8)$$

$$X2 = [W, PdW] \quad (9)$$

Le vecteur d'état X1 comporte :

- 30 • des valeurs de régime du variateur électrique ;
- des valeurs de couple moteur thermique ;
- des valeurs de perturbation des signaux de couple.

Le vecteur d'état X2 comporte :

- au moins une valeur décrivant l'état énergétique de l'élément tampon d'énergie dans le variateur de vitesses ;
- au moins une valeur de perturbation de cet état énergétique.

5 Le dispositif de commande 2 de l'invention reçoit en entrée un vecteur Z de trois groupes de paramètres d'état du variateur électrique 21 qui sont :

- l'état de puissance électrique (T_{e1} , ω_{e1}) de la machine électrique M_{e1} 11 par une ligne 22 issue du contrôleur 19 ;
- 10 - l'état de puissance électrique (T_{e2} , ω_{e2}) de la machine électrique M_{e2} 12 par une ligne 23 issue du contrôleur 20 ;
- l'état de charge électrique (U_{capa}) de l'élément tampon d'énergie 10.

En réponse, et en appliquant le procédé de l'invention, le
15 dispositif de commande 2 retourne des signaux de contrôle pour les actionneurs du groupe motopropulseur 1, à savoir :

- un signal de contrôle émis par une ligne 25 pour mettre en service un contrôleur de ralenti 26 lorsque le dispositif de commande 2 place le véhicule dans le mode d'entraînement
20 spécifique dit de rampage en vitesse et qui est lui-même connecté au contrôleur 3 du moteur thermique 4 ;
- un signal de contrôle émis par des lignes 8 et 9 à destination des contrôleurs du variateur électrique 21 qui permet d'atteindre simultanément l'objectif de régulation sur la vitesse du véhicule.

25 Dans un mode préféré de réalisation, le signal de contrôle émis par des lignes 8 et 9 est une paire de signaux de commande de couple $T_{e1\#}$ et $T_{e2\#}$ respectivement transmis à des entrées convenables des contrôleurs 19 et 20 des machines électriques M_{e1} 11 et M_{e2} 12.

30 Le dispositif de commande 2 de l'invention coopère avec un moyen permettant de modéliser le couple moteur produit par la combustion en mode de ralenti sous la forme d'une fonction T_{tice} et une partie de gestion du vilebrequin permettant de modéliser la

transformation de l'énergie de combustion en énergie mécanique de rotation. La fonction T_{tice} dont l'expression dépend du véhicule modélisé, et qui produit, à chaque instant défini par le séquenceur du dispositif de l'invention, des signaux ou valeurs numériques
5 représentatifs d'un couple moteur thermique T_{ice} et d'une vitesse de rotation ou régime du moteur thermique ω_{ice} .

A la figure 2, on a représenté la séquence des opérations principales effectuées par le procédé de commande de l'invention.

Après une opération de début de commande lors d'une étape
10 S1 au cours de laquelle le dispositif de commande de l'invention est configuré puis initialisé, et ultérieurement uniquement initialisé sauf lors d'opérations de maintenance, le contrôle passe à une étape S2 au cours de laquelle les commandes ($T_{e1\#}$, $T_{e2\#}$) des deux actionneurs sont calculées sur la base d'un vecteur de mesure Z qui
15 sera décrit ci-après. A cet effet, le procédé de l'invention a été représenté par une fonction $f_{rv}()$ et par une fonction $f_{ral}()$ prédéterminées. Les deux fonctions sont déterminées de manière analytique ou algorithmique sur la base des informations de la description en fonction des objectifs de la commande qui sont de
20 calculer la commande des deux actionneurs disponibles sur les machines électriques et de réaliser le point de fonctionnement requis par les couches supérieures de supervision particulièrement dans le mode d'entraînement « rampage en vitesse » selon la relation $(T_{e1\#}, T_{e2\#}) = f_{rv}(Z)$, tandis que le contrôleur de ralenti
25 applique un contrôle représenté par la relation $T_{ice} = f_{ral}()$, fonction dans laquelle les arguments sont connus de l'homme de métier et arrangés de manière à assurer la gestion du régime de ralenti.

Une fois le couple de valeurs calculé lors de l'étape S2, ces valeurs sont passées aux trois contrôleurs du groupe
30 motopropulseur à savoir une valeur de contrôle de régime de ralenti pour le contrôleur 26 du moteur thermique, T_{e1} pour le contrôleur de la première machine électrique et T_{e2} pour le contrôleur de la seconde machine électrique. Puis, le contrôle passe à une étape S3

de test de fin de mode d'entraînement spécifique. En effet, le procédé de l'invention peut être arrêté puis un autre mode d'entraînement sélectionné. Si le test S3 est négatif, le contrôle passe à une étape S4 de mesure des valeurs instantanées des variables passées ensuite en arguments à la fonction $f_{rv}()$ lors de son évaluation lors de l'étape S2 précitée. Les diverses mesures sont collationnées dans un vecteur Z qui, dans un mode préféré de réalisation de l'invention, comporte :

- le niveau d'énergie stockée dans l'élément tampon d'énergie du variateur de la transmission infiniment variable, mesuré préférentiellement par la tension à ses bornes ;
- pour chacune des deux machines électriques du variateur le couple T_{e1} ou T_{e2} et la vitesse de rotation ω_{e1} ou ω_{e2} .

Si le test S3 est négatif, le contrôle passe à une étape de fin au cours de laquelle le dispositif de commande de l'invention est désactivé.

Dans un mode particulier de réalisation, le mode d'entraînement spécifique commandé dans le procédé de l'invention permet d'annuler la vitesse du véhicule en dissipant l'énergie fournie par le moteur thermique.

Dans un mode particulier de réalisation, le procédé de l'invention comporte les étapes suivantes :

- détermination du niveau de charge du variateur et de la vitesse du véhicule,
- obtention de valeurs intermédiaires par régulation du niveau de charge et de la vitesse du véhicule déterminés, en fonction de valeurs de consigne, et
- découplage des valeurs intermédiaires en signaux de commande du variateur électrique.

Dans un mode particulier de réalisation, le procédé de commande de l'invention consiste à effectuer le découplage des signaux intermédiaires en exploitant des valeurs déterminées de :

- régimes des machines électriques ;

- couple appliqué par le vilebrequin du moteur thermique ;
 - couples électromagnétiques des machines électriques ;
 - niveau de charge du variateur électrique ;
 - facteurs de correction des échanges de puissance électriques
- 5 dans le variateur 21 ;
- facteurs de correction des couples appliqués sur le vilebrequin et sur les roues.

Pour expliciter ce mode particulier de réalisation, on a représenté à la figure 3 un mode de réalisation d'une étape S2 de l'organigramme de la figure 2 pour évaluer une consigne du groupe motopropulseur par une fonction $f_{rv}()$ décrite à l'aide de la figure 2.

Lors d'une étape S8, le procédé de l'invention consiste à effectuer une estimation de la vitesse de rotation à la roue $\hat{\omega}_{wh}$, du niveau d'énergie \hat{W} , du couple à la roue \hat{T}_o et d'un vecteur \hat{X}_f rassemblant les grandeurs de simulation de la chaîne électromécanique représentant le variateur électrique de la transmission infiniment variable du groupe motopropulseur donné. Le vecteur \hat{X}_f sera décrit et défini à l'aide de la figure 4.

Une fois l'étape S8 de détermination effectuée, une étape de régulation S9 est effectuée sur la base des données estimées à l'étape S8 et sur la donnée de deux valeurs de consigne qui correspondent à une demande de point de fonctionnement du groupe motopropulseur. Dans un mode particulier de réalisation, adapté notamment à l'architecture à trois couches définie dans le procédé décrit dans la précédente demande de brevet français No. 01.16915 du présent demandeur, ces valeurs de consigne sont respectivement la consigne ω_{ice}^* de régime moteur et la consigne T_o^* de couple à la roue. L'étape de régulation S9 produit un vecteur V^* de valeurs intermédiaires en appliquant un algorithme de régulation qui sera défini ci-après.

Une fois l'étape S9 de régulation effectuée, une étape de découplage S10 est effectuée sur la base des variables intermédiaires produites à l'étape S9. L'étape de découplage S10

produit le couple de valeurs de consigne à destination des contrôleurs du groupe motopropulseur sous la dépendance du dispositif de commande 2 de l'invention, à savoir une consigne de couple pour chacune des machines électriques respectivement $T_{e1\#}$ et $T_{e2\#}$; de sorte que le point de fonctionnement régulé du groupe motopropulseur $(\omega_{ice}, \omega_{wh})$ soit atteint. L'algorithme de découplage sera défini ci-après.

A la Figure 4, on a représenté un mode particulier de réalisation des principales unités du dispositif de commande 2 de l'invention. Dans un mode particulier de réalisation, ces unités constituent la part essentielle du contrôleur de troisième niveau COS qui est décrit dans la précédente demande de brevet français No. 01.16915 du présent demandeur et qui reçoit un point optimal de fonctionnement du groupe motopropulseur sous la forme d'un doublet de signaux de consigne (ω_{ice}^*, T_o^*) . Le point optimal de fonctionnement est déterminé par un contrôleur de point de fonctionnement optimal, quelque soit le type de groupe motopropulseur en fonction de l'interprétation de la volonté du conducteur, prenant en compte des paramètres comme le degré d'enfoncement de la pédale d'accélérateur, et/ou d'un régulateur de conduite et de la détection des paramètres de l'environnement du véhicule, comme sa vitesse de roulage ou la pente dans laquelle il est situé, interprétation et détection confiées à un contrôleur de la commande du véhicule.

La structure de commande mise en oeuvre dans le dispositif de commande 2 selon l'invention est basée sur la structure de commande multivariable à trois consignes présentée dans la demande de brevet français No. 01.16915 déposée au nom du présent demandeur. L'objet de la présente invention est de construire la couche intermédiaire de commande (COS) dans le mode « de rampage en vitesse » au cours duquel le moteur thermique n'est pas commandé par les deux couches supérieures,

mais travaille en régime de ralenti sans être découplé de la transmission infiniment variable.

Le superviseur au contrôleur IVC fournit à l'entrée du contrôleur de troisième couche COS une consigne de vitesse de rotation à la roue. On dispose d'une consigne de tension du condensateur qui sert le plus souvent d'élément tampon d'énergie pour le variateur électrique. A partir de ces deux consignes et des mesures disponibles décrivant l'environnement du véhicule, comme la vitesse du véhicule ou la pente dans laquelle il est engagé, le contrôleur COS génère les consignes de couple pour les deux principaux actionneurs du GMP, à savoir les deux machines électriques (Me1 et Me2) dans le mode « rampage en vitesse » concerné par l'invention.

Dans une première couche, un module exécute une interprétation de la volonté du conducteur en fonction de la détection de l'environnement du véhicule, notamment de la vitesse de déplacement du véhicule. Particulièrement, on détecte que le degré d'enfoncement de la pédale d'accélérateur et celui de la pédale de frein sont nuls pour déterminer qu'on est en mode « rampage en vitesse ».

A la Figure 4, on a représenté un mode particulier de réalisation des principales unités du dispositif de commande 2 de l'invention qui sont :

- une unité de détermination 36 des variables décrivant l'état du système,
- une unité de régulation 34, et
- une unité de découplage 35.

Le paramétrage de ces unités repose sur un modèle de comportement du véhicule, de conception suffisamment simple pour être directement exploitable, et suffisamment complexe pour traduire l'ensemble des phénomènes physiques pertinents. Son choix a été conduit sur la base de nombreuses déterminations

théoriques d'une part et d'essais pratiques permettant d'atteindre les objectifs précités.

L'unité de détermination 36 comporte quatre portes d'entrée :

- Une porte d'entrée a recevant le signal de consigne de couple de la première machine électrique $T_{e1}^{\#}$;
- Une porte d'entrée b recevant le signal de consigne de couple de la second machine électrique $T_{e2}^{\#}$;
- Une porte d'entrée c recevant un vecteur caractérisant l'état électrique des machines électriques $\omega_{e1}, \omega_{e2}, T_{e1}, T_{e2}$;
- Une porte d'entrée d recevant un signal de mesure de la tension aux bornes de la super capacité U_{capa} .

L'unité de détermination 36 comporte trois portes de sortie qui sont :

- Une porte de sortie S1 qui produit un signal d'estimation sous forme d'un vecteur \hat{X}_f transmis à la porte d'entrée e de l'unité de découplage 35 ;
- Une porte de sortie S2 qui produit une valeur d'estimation du régime à la roue $\hat{\omega}_{wh}$, transmis à la porte d'entrée f de l'unité de régulation 34 ;
- Une porte de sortie S3 qui produit une valeur d'estimation du niveau d'énergie de l'élément tampon d'énergie \hat{W} qui est transmis à la porte d'entrée e de l'unité de régulation.

L'unité de construction 36 de l'estimation \hat{X}_f a pour rôle de construire le signal d'estimation \hat{X}_f qui est représenté par le vecteur suivant qui comporte neuf composantes vectorielles :

$$\hat{X}_f = \left[\hat{W} \quad \hat{\omega}_{e1} \quad \hat{\omega}_{e2} \quad \hat{T}_{tice} \quad \hat{T}_{e1} \quad \hat{T}_{e2} \quad \hat{T}_{dwh} \quad \hat{\omega}_{ice}^{\#} \quad \hat{P}_{dW} \right] \quad (16)$$

L'estimation de ces signaux est calculée par un observateur linéaire construit à partir du modèle de conception choisi, par mise en œuvre des techniques connues d'Automatique des Systèmes linéaires. On pourra se reporter aux ouvrages concernant la reconstructions d'état de tels systèmes et particulièrement à

l'ouvrage de Philippe de Larminat, « Automatique – Commande des systèmes linéaires », 2^e édition, Hermès, Science Publication 2000.

Les gains de cet observateur constituent des paramètres de réglage de l'unité de détermination.

- 5 L'unité de régulation 34 comporte quatre portes d'entrée :
- Une porte d'entrée a recevant un signal de consigne de la tension aux bornes du tampon en énergie 10 ;
 - Une porte d'entrée b recevant un signal de représentatif de la valeur optimale de la vitesse de rotation aux roues ω_{wh}^* ;
 - 10 - Une porte d'entrée e recevant un signal d'estimation du niveau d'énergie de l'élément tampon d'énergie W ;
 - Une porte d'entrée f recevant un signal d'estimation de la vitesse de rotation aux roues $^{\omega_{wh}}$.

L'unité de régulation 34 comporte deux portes de sortie qui
15 sont respectivement :

- Une porte de sortie S1 de signal de commande intermédiaire v1 ;
- Une porte de sortie S2 de signal de commande intermédiaire v2.

L'unité de régulation 34 comporte deux unités de calcul respectivement du premier signal de commande intermédiaire v1 et
20 du second signal de commande intermédiaire v2.

A partir des deux consignes :

- de niveau d'énergie de l'élément tampon W^* ;
- de vitesse de rotation à la roue ω_{wh}^* ,

l'unité de régulation 34 construit deux signaux de commande
25 intermédiaires (v1, v2) correspondant respectivement à chaque consigne, à partir des informations fournies par l'unité de détermination :

- le signal v1 est calculé par un circuit incorporant un régulateur de type proportionnel à partir de la consigne de charge de
30 l'élément tampon d'énergie comme la tension aux bornes d'un condensateur 10 ;

- le signal v_2 est calculé par un circuit incorporant un régulateur de type proportionnel à partir de la consigne de régime des roues et de l'estimée du régime des roues.

L'unité de découplage 35 comporte trois portes d'entrée :

- 5 - Une porte d'entrée a recevant le signal de commande intermédiaire v_1 issu de la sortie S1 de l'unité de régulation 34 ;
- Une porte d'entrée b recevant le signal de commande intermédiaire v_2 issu de la sortie S2 de l'unité de régulation 34 ;
- 10 - une porte d'entrée e recevant un signal d'estimation d'un vecteur de contrôle X_f .

L'unité de découplage 35 comporte deux portes de sortie qui sont respectivement :

- Une porte de sortie S1 de consigne de couple de la première machine électrique $T_{e1}^\#$;
- 15 - Une porte de sortie S2 de consigne de couple de la seconde machine électrique $T_{e2}^\#$.

Bien entendu, le dispositif qui exécute les fonctions décrites ci-dessus peut être réalisé sur la base d'un processeur de traitement de signal coopérant avec une mémoire de programmes et
20 une mémoire de données ainsi qu'il est connu dans l'état de la technique.

À la figure 5, on a représenté un mode particulier de réalisation de l'unité de découplage 35.

Les deux signaux de régulation v_1 , v_2 sont transmis à un
25 rassembleur vectoriel 140 dont la sortie transmet en séquence les deux signaux à une première borne d'entrée d'un circuit 141 qui réalise l'inversion du modèle de conception par dérivations successives des sorties. On se reportera notamment à l'ouvrage de A. Isidori , « Non Linear Control SYSTEMS » Springer-Verlag 1989.

30 Le circuit 141 d'inversion du modèle comporte aussi une seconde borne d'entrée connectée à l'entrée e(35) qui reçoit le vecteur d'estimation \hat{X}_f . De ce fait, l'inversion travaille à la fois sur

les composantes de régulation V_1 , V_2 et sur les composants du vecteur d'estimation \hat{X}_f .

Les deux signaux de sortie qui correspondent à l'inversion du modèle sont désignés respectivement par U_1 , U_2 sont fournies à l'entrée d'un circuit d'intégration 143 - 147, pour obtenir les deux signaux de commande ($T_{e1}^\#$, $T_{e2}^\#$) à destination des circuits de contrôle des machines électriques du variateur.

Dans ce mode particulier de réalisation, le circuit d'intégration comporte un gain 143 réglé avec une constante de temps T_s . Le signal de sortie du gain 143 qui a traité également les composantes U_1 et U_2 , est transmis à une borne d'entrée d'un additionneur 144. La borne de sortie de l'additionneur 144 est connectée à une première borne d'entrée d'un circuit de saturation 146. Le vecteur d'estimation \hat{X}_f est aussi fourni à une borne d'entrée d'un bloc de sélection des composantes 2 et 3, référencé 145 dont la borne de sortie est connectée directement à une seconde borne d'entrée du circuit de saturation 146. Il ressort de ce schéma que le circuit de saturation 146 travaille d'une part à partir de la valeur des composantes d'inversion U_1 et U_2 , et d'autre part à partir des composantes d'estimation des vitesses de rotation des deux machines électriques $\hat{\omega}_{e1}$ et $\hat{\omega}_{e2}$.

D'une manière générale, l'unité de découplage 35 du dispositif de l'invention comporte donc :

- un rassembleur vectoriel 140 rassemblant les variables intermédiaires v_1 , v_2 issues de la régulation du niveau de charge et de la vitesse du véhicule déterminés ;
- un module 141 de découplage non linéaire recevant la sortie du rassembleur 140 et l'ensemble des variables déterminées ;
- un module 143 appliquant à la sortie du module 141 un gain égal à la période d'échantillonnage T_s du système ;
- un opérateur d'addition 144 ajoutant au signal de sortie du module 143 le signal de sortie de ladite unité ;

- un premier circuit 146 appliquant une saturation en fonction du couple électromagnétique maximal qui dépend des régimes déterminés de chaque machine électrique, et

5 - un second circuit 147 appliquant un retard au signal de sortie du circuit de saturation 146 de façon à produire des signaux de commande de couple $T_{e1}^{\#}$, $T_{e2}^{\#}$ des deux machines électriques.

REVENDEICATIONS

1 – Procédé de commande d'un groupe motopropulseur de véhicule comportant un moteur thermique (4) couplé directement aux roues du véhicule et une transmission infiniment variable (13) à variateur électrique (21) incluant deux machines électriques (Me1, 11 ; Me2, 12), selon lequel le véhicule peut être entraîné par le groupe motopropulseur, freiné par celui-ci, découplé de celui-ci ou maintenu à l'arrêt, caractérisé en ce qu'il dispose d'un mode d'entraînement spécifique du véhicule par le groupe motopropulseur selon lequel on contrôle la vitesse du véhicule en maintenant le moteur thermique au ralenti en exploitant uniquement une mesure du niveau de charge du variateur (21) et des mesures de régime des machines électriques (Me1, 11 ; Me2, 12) et de couple fourni par celles-ci.

2 – Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le mode d'entraînement spécifique permet d'annuler la vitesse du véhicule en dissipant l'énergie fournie au moteur thermique.

3 – Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- détermination du niveau de charge du variateur et de la vitesse du véhicule,

- obtention de valeurs intermédiaires par régulation du niveau de charge et de la vitesse du véhicule déterminés, en fonction de valeurs de consigne, et

- découplage des valeurs intermédiaires en signaux de commande du variateur électrique.

4 – Procédé de commande selon la revendication 3, caractérisé en ce que les découplages des signaux intermédiaires exploite des valeurs déterminées de :

- régimes des machines électriques ;
- couple appliqué sur le vilebrequin du moteur thermique ;
- couples électromagnétiques des machines électriques ;
- niveau de charge du variateur électrique ;

- facteurs de correction des échanges de puissance électriques dans le variateur (21) ;
- facteurs de correction des couples appliqués sur le vilebrequin et sur les roues.

5 5 – Dispositif de commande d'un Groupe Motopropulseur avec une transmission infiniment variable en mode "rampage en vitesse" et/ou de "neutre en prise" pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes, le dispositif étant du genre comportant trois contrôleurs (20, 22, 25)

10 **caractérisé en ce que** le troisième contrôleur (25) comporte :

- une unité de régulation (34) ;
- une unité de couplage (35) ; et
- une unité de détermination (36)

et en ce que l'unité de couplage (35) comporte :

15 - un rassembleur vectoriel (140) rassemblant des variables intermédiaire (v_1 , v_3) issues de la régulation (34) du niveau de charge et du couple aux roues déterminés exécutée par l'unité de régulation (34) ;

20 - un module (141) de découplage non linéaire recevant la sortie du rassembleur (140) et l'ensemble des variables déterminées ($\wedge X_f$) exécutée par l'unité de détermination (36) ;

 - un module (143) appliquant à la sortie du module (141) un gain égal à la période d'échantillonnage (T_s) du système ;

25 - un opérateur d'addition (144) ajoutant au signal de sortie du module (143) le signal de sortie le signal de sortie de ladite unité ;

 - un premier circuit (146) appliquant une saturation en fonction du couple électromagnétique maximal qui dépend des régimes déterminés de chaque machine électrique, et

30 - un second circuit (147) appliquant un retard au signal de sortie du circuit de saturation (146) de façon à produire des signaux de commande de couple ($T_{e1}^\#$, $T_{e2}^\#$) des deux machines électriques.

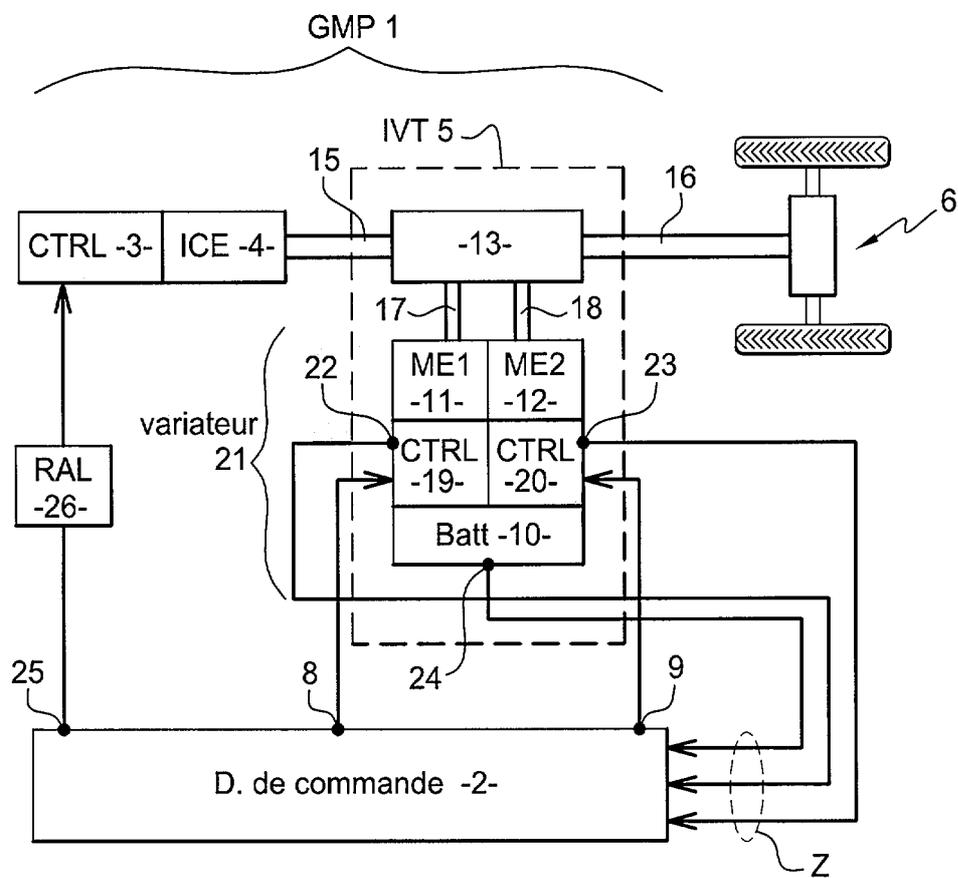
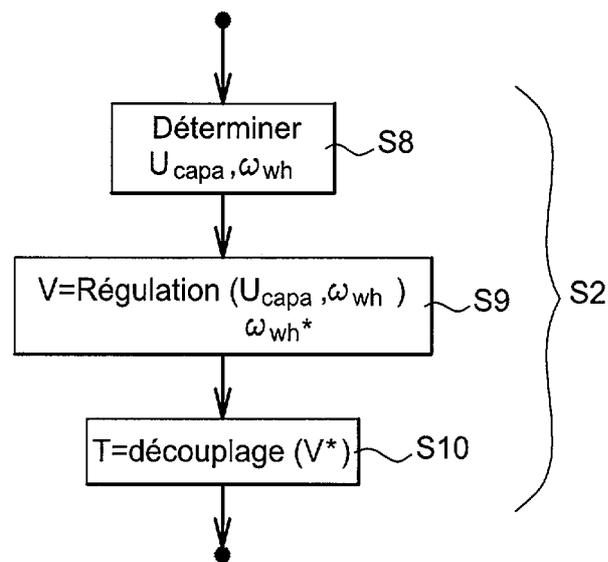
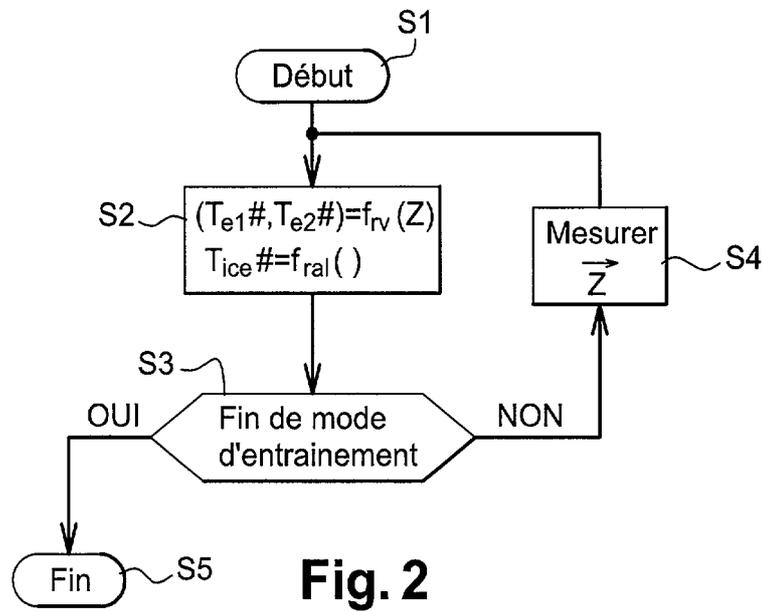


Fig. 1

2 / 3



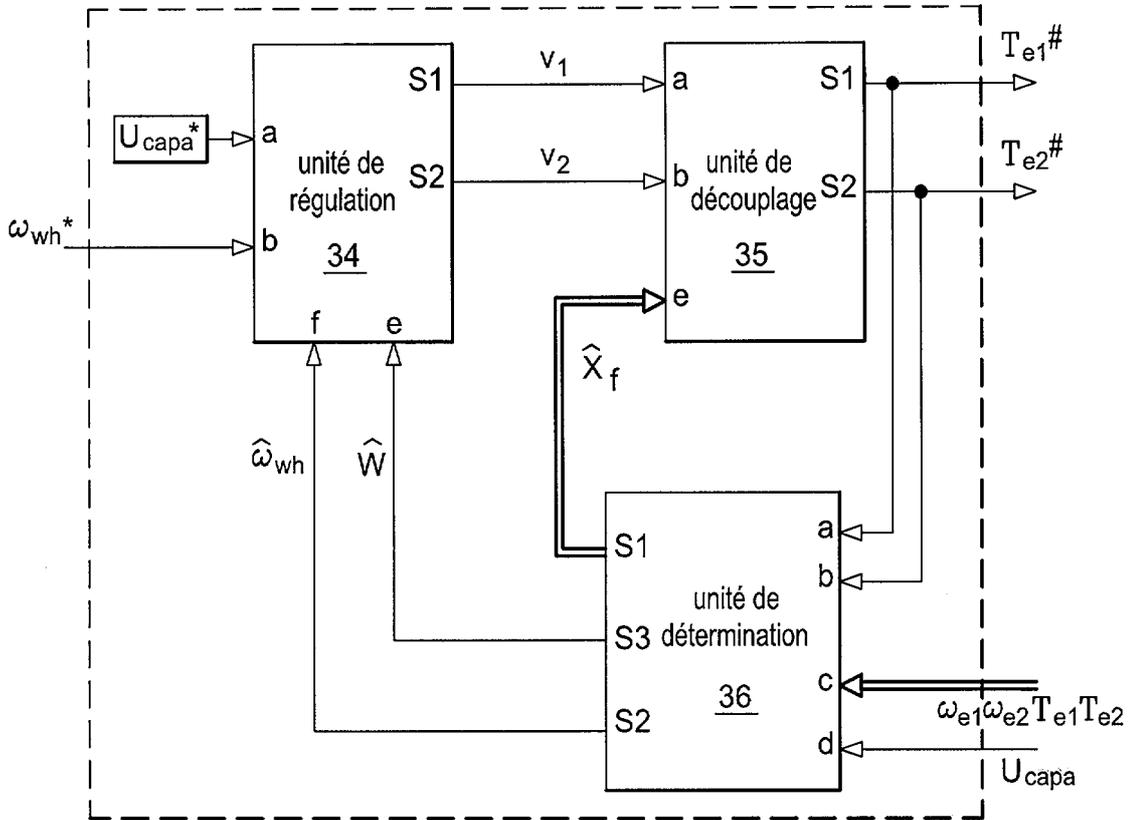


Fig. 4

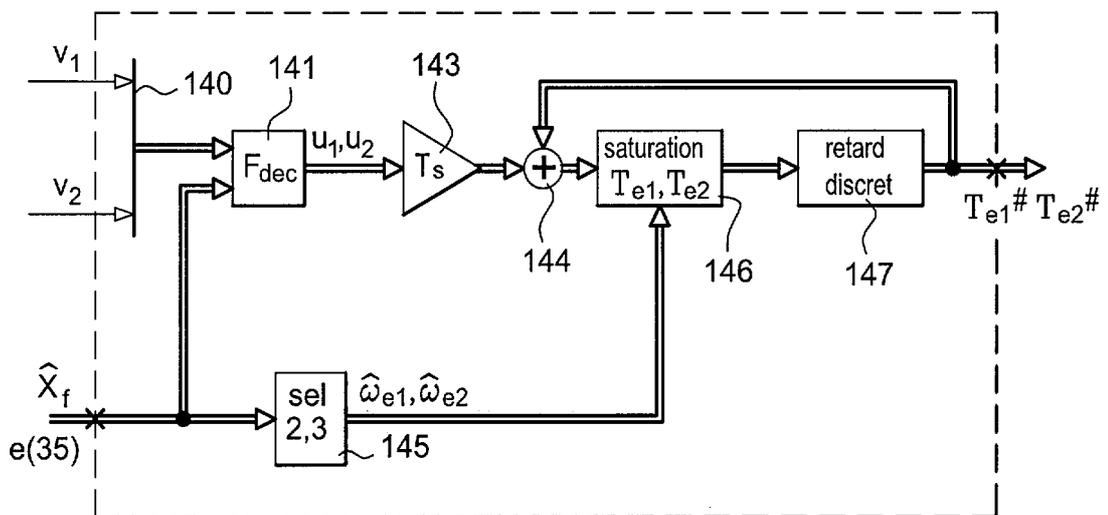


Fig. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 634912
FR 0306216

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		
A	EP 0 937 600 A (HITACHI LTD) 25 août 1999 (1999-08-25) * le document en entier * ---	1,5	B60K6/02
A	US 2002/023789 A1 (OZEKI TATSUYA ET AL) 28 février 2002 (2002-02-28) * alinéas [0201]-[0206]; figure 28 * ---	1,2	
A	US 2003/034188 A1 (GOTOU KENICHI) 20 février 2003 (2003-02-20) * alinéas [0034]-[0036]; figures 1-14 * ---	1,2	
A	US 2002/163199 A1 (BREIDA MARY THERESA ET AL) 7 novembre 2002 (2002-11-07) * alinéas [0032]-[0039]; figures 1,2 * -----	1,2	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			B60K F16H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 mars 2004		Vogt-Schilb, G	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

1

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0306216 FA 634912**

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 16-03-2004

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
EP 0937600 A	25-08-1999	CA 2259771 A1	19-08-1999
		CN 1328931 A	02-01-2002
		CN 1328932 A	02-01-2002
		CN 1328933 A	02-01-2002
		CN 1329219 A	02-01-2002
		CN 1328934 A	02-01-2002
		CN 1328935 A	02-01-2002
		CN 1226496 A	25-08-1999
		EP 0937600 A2	25-08-1999
		JP 11301291 A	02-11-1999
		JP 2003285657 A	07-10-2003
		US 6053833 A	25-04-2000
		US 6248036 B1	19-06-2001
		US 2001008859 A1	19-07-2001
US 2002023789 A1	28-02-2002	JP 9298802 A	18-11-1997
		US 6334498 B1	01-01-2002
		DE 19718709 A1	13-11-1997
		US 6119799 A	19-09-2000
		US 5984034 A	16-11-1999
US 2003034188 A1	20-02-2003	JP 2003061207 A	28-02-2003
US 2002163199 A1	07-11-2002	CA 2384559 A1	03-11-2002
		DE 10221035 A1	21-11-2002
		JP 2003041965 A	13-02-2003