

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.12.00.

30 Priorité : 28.12.99 DE 19963392; 26.05.00 DE 10026332.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.06.01 Bulletin 01/26.

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 :

71 Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH Gesellschaft mit beschränkter Haftung — DE.

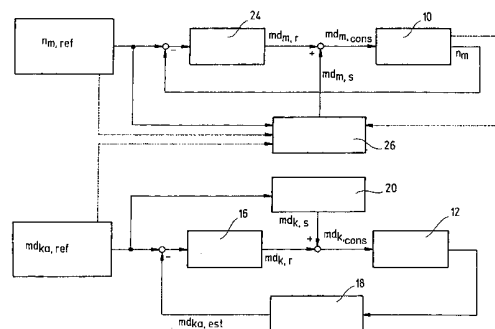
72 Inventeur(s) : LOEFFLER JUERGEN, BOLZ MARTIN PETER et HUELSEER HOLGER.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

54 PROCÉDE POUR COORDONNER LA COMMANDE D'UN MOTEUR DE VEHICULE ET D'UN EMBRAYAGE A L'AIDE D'UNE COMMANDE DE LIGNE DE TRANSMISSION PENDANT UNE COMMUTATION DE RAPPORT DE VITESSES.

57 Procédé pour coordonner la commande d'un moteur et d'un embrayage de véhicule, à l'aide d'une commande de ligne de transmission qui, pendant un changement de vitesses, fixe la consigne du couple d'embrayage ( $md_{k,cons}$ ), en fonction d'un couple de sortie d'embrayage de référence ( $md_{ka,ref}$ ) (trajectoire du couple); la consigne du couple moteur ( $md_{m,cons}$ ) est composée d'une composante de régulation ( $md_{m,r}$ ) résultant de la déviation entre le régime moteur ( $n_m$ ) et celui de référence ( $n_{m,ref}$ ) (trajectoire de régime), et d'une composante de commande ( $md_{m,s}$ ) résultant de la trajectoire de régime ( $n_{m,ref}$ ) à l'instant ( $t$ ), d'un tracé futur de cette trajectoire, de la trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ) ainsi que d'une courbe précédente des grandeurs de réglage du moteur (commande prédictive du moteur).



La présente invention concerne un procédé pour coordonner la commande d'un moteur et d'un embrayage de véhicule à l'aide d'une commande de ligne de transmission pendant un changement de rapport de vitesses, au moins un actionneur étant associé au moteur et à l'embrayage, pour régler une valeur de consigne du couple moteur ou du couple d'embrayage (établissement du couple) par la commande de la ligne de transmission.

#### **Etat de la technique**

Les véhicules automobiles actuels comportent des groupes d'entraînement dont un nombre croissant est automatisé. Une demande de puissance transmise par le conducteur nécessite ainsi une commande coordonnée des différents éléments particuliers pour avoir un démarrage confortable et une commutation rapide et confortable des vitesses. Comme unités automatisées, on a entre autres la boîte de vitesses, l'embrayage et le véhicule du moteur. En particulier, la commande coordonnée de ces deux derniers composants crée des difficultés considérables en pratique. Ainsi, il faut prédéterminer d'une part une valeur de consigne du couple pour la commande de puissance du moteur, et d'autre part une valeur de consigne du couple d'embrayage pour l'embrayage automatisé. Globalement, il faut une commande précise du régime du moteur pour qu'avec la fermeture de l'embrayage, le véhicule accélère sans heurt et que l'on évite d'exciter les vibrations de la ligne de transmission. Une telle commande précise n'a pas été rendue possible par les procédés de l'état de la technique.

#### **Avantages de l'invention**

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients et concerne à cet effet, un procédé du type défini ci-dessus, caractérisé en ce que

- a) on fixe la valeur de consigne du couple d'embrayage, à l'instant (t) en fonction d'un couple de sortie d'embrayage de référence (trajectoire du couple), et
- b) on fixe la valeur de consigne du couple moteur à l'instant (t) composée d'une composante de régulation et d'une composante de commande, la composante de régulation

résultant de la déviation entre le régime moteur par rapport à un régime moteur de référence (trajectoire de régime) à l'instant (t), et la composante de commande résultant de la trajectoire de régime à l'instant (t),  
5 d'un tracé futur de la trajectoire de régime, de la trajectoire de couple, ainsi que d'une courbe précédente des grandeurs de réglage du moteur du véhicule (commande prédictive du moteur).

Ce procédé évite d'avoir à prédéfinir des conditions normalisées pour une opération d'embrayage optimale et  
10 au lieu de cela, on peut adapter la valeur de consigne directement en référence aux paramètres de fonctionnement saisis ou aux paramètres d'état.

La trajectoire du régime peut être fixée par un  
15 champ de caractéristiques en fonction du souhait du conducteur, d'un type de conduite, d'une différence de rapport de vitesse avant et après la commutation, d'une situation de conduite, d'une puissance motrice de consigne à la fin de la commutation, et d'une différence de régime moteur et de vitesse  
20 d'entrée de boîte de vitesses au début de la commutation et pour une durée de référence.

Il est particulièrement avantageux d'extraire tout d'abord cette durée de référence à partir du champ de caractéristiques en utilisant comme grandeurs d'entrée le  
25 souhait du conducteur, le type de conducteur, la différence de démultiplication, la situation de conduite et la puissance motrice de consigne.

Il est également avantageux que le couple ( $md_{k,cons}$ ) à l'instant (t) comprenne une composante de régulation ( $md_{k,r}$ ) et une composante de commande ( $md_{k,s}$ ), la composante de régulation ( $md_{k,r}$ ) résultant de la différence  
30 entre la trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ) et le couple de sortie d'embrayage ( $md_{ka,est}$ ) estimé à l'instant (t), et la composante de commande ( $md_{k,s}$ ) étant fixée en fonction de la  
35 trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ).

En outre, de façon intéressante, on définit le couple de sortie d'embrayage estimé en fonction d'une résistance de roulement.

Dans ce cas, pour déterminer le couple de sortie d'embrayage estimé pendant la phase de coupure de la force de traction,

- 5 - on définit tout d'abord une résistance de roulement ( $f_{fw,est}$ ) selon la prescription de calcul

$$f_{fw,est} = a_{l,zu} \cdot (m_{fzg} + c \cdot \Theta),$$

10 dans laquelle ( $m_{fzg}$ ) est la masse du véhicule, ( $a_{l,zu}$ ) est une accélération longitudinale du véhicule dont on fait la moyenne pendant la phase d'interruption de la force de traction et  $\Theta$  est la valeur du moment d'inertie de rotation des roues et des arbres jusqu'à la sortie de la boîte de vitesses et des masses en rotation de la boîte de vitesses à la sortie de celle-ci,

- 15 - pendant la phase d'établissement du couple, on détermine une force de traction ( $f_{zug,est}$ ) selon la prescription de calcul

$$f_{zug,est} = f_{fw,est} + a_l \cdot (m_{fzg} + c \cdot \Theta)$$

- 20 - ensuite, on calcule le couple de sortie d'embrayage estimé ( $md_{k,est}$ ) selon la relation

$$md_{k,est} = f_{zug,est} \cdot \frac{r_{dyn}}{\mu_{diff} \cdot \mu_g}$$

25 dans laquelle ( $r_{dyn}$ ) est un rayon dynamique de roue et ( $\mu_{diff}$ ) est l'amplification de couple par la transmission différentielle et ( $\mu_g$ ) est l'amplification de couple de la boîte de vitesses.

30 Selon un autre développement avantageux du procédé, on prédétermine la trajectoire de couple de façon qu'à la fin de la commutation, le rapport de la boîte de vitesses donne la puissance motrice souhaitée. Fixer la trajectoire de couple se fait avantageusement en tenant compte de la résistance de roulement qui s'établit pour le couple moteur après débrayage.

Il est en outre avantageux pour la commande prédictive du moteur de tenir compte d'un régime de référence de la boîte de vitesses ainsi que d'un comportement de temps mort en réponse à une demande de couple. Cela permet  
5 d'assurer d'une manière particulièrement précise le régime du moteur.

Par exemple pour la commande prédictive du moteur, on définit une vitesse d'entrée de boîte de vitesses de référence ( $n_{ge,ref}$ ) selon la prescription de calcul  
10

$$n_{ge,ref} = n_{ga} \cdot u_{targ} \cdot$$

dans laquelle ( $n_{ga}$ ) représente la vitesse de sortie actuelle de la boîte de vitesses et ( $u_{targ}$ ) représente une démultiplication de la boîte de vitesses après la commutation.

De même, pour la commande prédictive du moteur, on tient compte du comportement de temps mort pour une demande de couple et le couple ( $md_m(t)$ ) transmis à l'instant ( $t$ ), est donné par la relation  
15

$$md_m(t) = md_{m,cons}(t - T_t),$$

dans laquelle ( $T_t$ ) représente un temps mort du moteur du véhicule.  
20

Il est en outre avantageux pour la commande prédictive du moteur, de prendre en compte la trajectoire du couple dans un intervalle de temps futur (horizon prévisionnel), le couple de sortie d'embrayage à l'instant ( $t$ ) suivant approximativement la trajectoire du couple. A l'aide du comportement en temps mort et de la trajectoire du couple dans l'horizon prévisionnel, on prévoit le comportement du moteur  
25 du véhicule en fonction d'un moment d'inertie et d'une vitesse angulaire du moteur du véhicule.  
30

Par exemple, pour la commande prédictive du moteur, on définit un comportement du moteur dans l'intervalle de temps ( $T_{pred}$ ) selon la prescription de calcul

$$\Theta_m \cdot \omega_{\dot{m}}(t) = md_{m,cons}(t - T_t) - md_{ka}(t)$$

dans laquelle ( $\Theta_m$ ) représente le moment d'inertie et ( $\omega_{\dot{m}}(t)$ ) représente la dérivée en fonction du temps de la vitesse angulaire du moteur du véhicule à l'instant ( $t$ ).

5 De même on définit la vitesse angulaire ( $\omega_m(t+T_{pred})$ ) à l'instant ( $t+T_{pred}$ ) selon la prescription de calcul

$$\omega_m(t+T_{pred}) = \frac{1}{\Theta_m} \int_t^{t+T_{pred}} [md_{m,cons}(\tau - T_t) - md_{ka,ref}(\tau)] d\tau$$

10 Globalement, à l'aide des moyens exposés, la commande prédictive du moteur fournit un régime moteur prévisible à l'instant ( $t+T_{pred}$ ), et avec ce régime moteur on détermine une courbe corrigée de la trajectoire de régime de l'instant ( $t+T_{pred}$ ) jusqu'à l'instant ( $t_{targ}$ ), la trajectoire  
15 de régime ainsi obtenue ayant à l'instant ( $t+T_{pred}$ ) un gradient ( $\omega_{\dot{m},ps}$ ).

Enfin, on définit une grandeur de réglage ( $md_{m,s}$ ) du couple du moteur du véhicule selon la prescription de calcul.

20

$$md_{m,s} = \Theta_m \cdot \omega_{\dot{m},ps} + md_{ka,ref}(t + T_{pred})$$

Par la procédure ainsi exposée, on peut fermer l'embrayage et accélérer le véhicule d'une manière particulièrement confortable et rapide.

## 25 Dessins

La présente invention sera décrite ci-après à l'aide d'un exemple de réalisation représenté schématiquement dans les dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 montre un diagramme pour déterminer les grandeurs de consigne d'un couple moteur et d'un couple  
30 d'embrayage,

- la figure 2 montre la courbe du régime du moteur ou de l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses pendant une commutation pour un changement de rapport de vitesse.

**Description de l'exemple de réalisation :**

5 La ligne de transmission étant équipée d'unités automatisées telles que le moteur du véhicule, son embrayage ainsi que sa boîte de vitesses automatique, il est nécessaire de coordonner les unités lors d'un changement de rapport de vitesses. Pour cela, usuellement, on associe aux unités, une  
10 commande de ligne de transmission qui saisit les paramètres de fonctionnement et les états de fonctionnement des différentes unités, les exploite et fournit des grandeurs de réglage pour les actionneurs associés aux unités. L'objet du présent procédé est de commander le réglage d'une valeur de  
15 consigne du couple  $md_{m,cons}$  ou d'un couple d'embrayage  $md_{k,cons}$  (établissement du couple).

La figure 1 montre schématiquement un diagramme pour déterminer la valeur de consigne  $md_{m,cons}$  du moteur 10 du véhicule ou la valeur de consigne  $md_{k,cons}$  pour l'embrayage 12. Les valeurs de consigne respectives sont  
20 alors prédéfinies à un instant (t) par un moyen d'actionnement approprié pour le moteur 10 ou l'embrayage 12.

Le couple d'embrayage  $md_{k,cons}$  est fixé en fonction d'un couple de sortie d'embrayage de référence  $md_{ka,ref}$  (trajectoire de couple). Selon l'exemple de réalisation, le  
25 couple d'embrayage  $md_{ka,cons}$  est formé d'une composante de régulation  $md_{k,r}$  et d'une composante de commande  $md_{k,s}$ . La commande de régulation  $md_{k,r}$  est une grandeur de sortie d'un régulateur 16 dont la grandeur d'entrée est constituée par la  
30 déviation de régulation entre la trajectoire de couple  $md_{ka,ref}$  et le couple de sortie d'embrayage  $md_{ka,est}$  estimée par un observateur 18. La composante de commande  $md_{k,s}$  se détermine dans un bloc de calcul (commande d'embrayage 20).

Le couple  $md_{ka,est}$  est estimé par un observateur 18  
35 s'obtient de la manière suivante :

Pendant une commutation de rapport de vitesses, la force de traction est interrompue, de sorte que l'arbre de sortie de la boîte de vitesses ne fournit pas de couple. Si à

ce moment, on ne freine pas, on aura une accélération longitudinale pratiquement constante  $a_{l,zu}$  du véhicule. A l'aide de l'accélération longitudinale  $a_{l,zu}$ , on peut définir la résistance de roulement.

5 On forme d'abord la grandeur  $a_{l,zu}$ , en faisant la moyenne des valeurs de l'accélération longitudinale du véhicule pendant l'interruption de la force de traction (transmission du couple sur l'arbre de sortie de la boîte de vitesses  $\mu_g = 0$ ). L'accélération longitudinale du véhicule  
10 peut se déterminer à partir d'un signal de mesure fourni par un capteur d'accélération ou de la dérivée en fonction du temps de la vitesse de rotation de sortie de boîte de vitesses  $n_{ga}$ . La résistance de roulement estimée  $f_{fw,est}$  est donnée par la formule suivante :

15

$$f_{fw,est} = -a_{l,zu} \cdot (m_{fzg} + c \cdot \Theta),$$

dans laquelle  $m_{fzg}$  est la masse du véhicule et  $\Theta$  la valeur du moment d'inertie de rotation des roues et des arbres jusqu'à la sortie de la boîte de vitesses et des masses en rotation de la boîte de vitesses à la sortie de celle-ci.  
20

La grandeur  $f_{fw,est}$  obtenue pendant la coupure de la force de traction est tout d'abord retenue pendant l'embrayage et sert à estimer le couple  $md_{ka,est}$ . Tout  
25 d'abord, pendant la phase d'établissement du couple, on définit une force de traction estimée  $f_{zug,est}$  suivant la prescription de calcul suivante :

$$f_{zug,est} = f_{fw,est} + a_l \cdot (m_{fzg} + c \cdot \Theta)$$

30

Puis, on définit le couple de sortie d'embrayage estimé  $md_{k,est}$  par la règle de calcul suivante :

$$md_{k,est} = f_{zug,est} \cdot \frac{r_{dyn}}{\mu_{diff} \cdot \mu_g}.$$

Dans cette formule,  $r_{dyn}$  est le rayon dynamique de roue et  $\mu_{diff}$  est l'amplification de couple de la transmission différentielle ;  $\mu_g$  est l'amplification de couple de la boîte de vitesses.

5 La trajectoire de couple  $md_{ka,ref}$  est prédéfinie pour qu'à la fin de la commutation de la boîte de vitesses, à l'instant  $t_{targ}$ , on soit à la puissance motrice  $pw_{an,cons}$ .

La partie supérieure de la figure 1 schématise une opération pour déterminer la valeur de consigne  $md_{m,cons}$  du moteur 10. Cette valeur de consigne se compose de nouveau d'une composante de régulation  $md_{m,r}$  et d'une composante de commande  $md_{m,s}$ . La composante de régulation  $md_{m,r}$  se définit à partir de la déviation de régulation d'une vitesse de rotation  $n_{m,ref}$  (trajectoire de la vitesse de rotation) par rapport à une vitesse de rotation de moteur (régime moteur)  $n_m$  dans un régulateur 24. A l'aide d'une commande prédictive de moteur 26, on détermine la composante de commande  $md_{m,s}$  d'une façon qui sera décrite ultérieurement.

La courbe de régime  $n_{m,ref}$  peut être fixée au début de la commutation en fonction du souhait du conducteur, du type de conduite, d'une différence  $s_{id}$  de rapport de vitesse avant et après la commutation, d'une situation de conduite, de la puissance motrice de consigne  $pw_{an,cons}$  à la fin de la commutation et d'une différence  $n_{\delta,ini}$  d'un régime moteur  $n_{m,ini}$  ainsi que d'une vitesse d'entrée de boîte de vitesses  $n_{ge,ini}$  au début de la commutation. On extrait tout d'abord une durée de référence  $t_{ek,ref}$  d'un champ de caractéristiques en utilisant les grandeurs d'entrée telles que le souhait du conducteur, le type de conduite, la différence  $s_{id}$ , la situation de conduite et la puissance motrice de consigne  $pw_{an,cons}$ .

Dans la commande prédictive d'un moteur 26, les grandeurs d'entrée sont la trajectoire de régime  $n_{m,ref}$ , une courbe future du régime  $n_{m,ref}$  et la trajectoire de couple  $md_{ka,ref}$  ainsi qu'un historique des grandeurs de réglage du moteur 10 du véhicule. De plus, on peut tenir compte de la vitesse d'entrée de la boîte de vitesses de référence  $n_{ge,ref}$ . Celle-ci s'obtient par la multiplication de la vi-

tesse de sortie actuelle de la boîte de vitesses  $n_{ga}$  et d'une démultiplication  $u_{targ}$  pour un rapport de vitesse souhaité :

$$n_{ge,ref} = n_{ga} \cdot u_{targ} .$$

5 Pour expliciter la procédure suivante, pour déterminer la commande prédictive de moteur 26, la figure 2 montre une courbe du régime (vitesse de rotation) de l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses, du moteur 10 du véhicule et de la trajectoire de vitesse de rotation  $n_{m,ref}$ . Au début de  
10 commutation, à l'instant  $t_0$ , l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses et le moteur 10 du véhicule tournent à des vitesses très différentes (points 1 et 5) qui doivent s'égaliser à l'instant  $t_{targ}$  (point 6). Partant du point 1, comme cela a déjà été décrit, on définit et on prédétermine la trajectoire  
15 de vitesse de rotation  $n_{m,ref}$  et on détermine la vitesse de rotation effective  $n_m$ , par exemple à l'aide d'un capteur de vitesse de rotation. A l'instant ( $t$ ), il y a une différence entre la valeur de consigne de la vitesse de rotation et sa valeur réelle (points 2 et 3). La compensation de la valeur  
20 réelle de la vitesse de rotation  $n_m$  à la trajectoire de régime  $n_{m,ref}$  se fait entre autres pour définir une position future du régime  $n_m$  après un intervalle de temps  $T_{pred}$ . Cela fait partie essentiellement de la commande prédictive de moteur 26.

25 Il est intéressant pour la commande prédictive du moteur 26 d'intégrer également le comportement en temps mort entre la demande de couple et le couple obtenu. On utilise la formule suivante :

$$md_m(t) = md_{m,cons}(t - T_t),$$

30

$T_t$  est le temps mort effectif du moteur 10 pour générer le couple. Un tracé futur de la trajectoire de couple  $md_{ka,ref}$  arrive dans l'intervalle de temps  $T_{pred}$ . Par approximation, on peut supposer que le couple de sortie d'embrayage

$md_{ka}(t)$  à l'instant  $(t)$  suit la trajectoire de couple  $md_{ka,ref}$ .

A l'aide des grandeurs évoquées ci-dessus, on définit le comportement du moteur 10 du véhicule dans l'intervalle de temps  $T_{pred}$  selon la prescription suivante :

$$\Theta_m \cdot \omega_{dot_m}(t) = md_{m,cons}(t - T_t) - md_{ka}(t)$$

Dans cette formule  $(\delta_m)$  représente le moment d'inertie et  $\omega_{dot_m}(t)$  est la vitesse angulaire du moteur 10 du véhicule à l'instant  $(t)$ . On définit ensuite une prévision de la vitesse angulaire  $\omega_m$  du moteur 10 à l'instant  $(t + T_{pred})$  par la relation suivante :

$$\omega_m(t + T_{pred}) = \frac{1}{\Theta_m} \int_t^{t + T_{pred}} [md_{m,cons}(\tau - T_t) - md_{ka,ref}(\tau)] d\tau$$

15

Cette formule correspond à une intégration discrète. Le résultat de cette dernière étape prévisionnelle est un régime prévisionnel  $n_{m,p}$  du moteur à l'instant  $t + T_{pred}$ . Partant de ce régime moteur prévisionnel  $n_{m,p}$ , on détermine une courbe corrigée de la vitesse de rotation  $n_{m,ref}$  de l'instant  $t + T_{pred}$  jusqu'à l'instant  $t_{targ}$ .

On utilise pour cela les mêmes règles de calcul que celles ayant servi à la détermination de la courbe valable  $n_{m,ref}$ . La nouvelle courbe  $m_{m,ref}$  ainsi obtenue présente à son début à l'instant  $t + T_{pred}$ , un gradient  $\omega_{dot_{m,ps}}$  de la vitesse angulaire à l'aide duquel, en appliquant la règle de calcul suivante :

$$md_{m,s} = \Theta_m \cdot \omega_{dot_{m,ps}} + md_{ka,ref}(t + T_{pred})$$

30

On détermine finalement une grandeur de réglage  $md_{m,s}$  de l'actionneur du moteur 10 du véhicule.

R E V E N D I C A T I O N S

1°) Procédé pour coordonner la commande d'un moteur et d'un embrayage de véhicule à l'aide d'une commande de ligne de transmission pendant un changement de rapport de vitesses, au moins un actionneur étant associé au moteur et à l'embrayage, pour régler une valeur de consigne du couple moteur ou du couple d'embrayage (établissement du couple) par la commande de la ligne de transmission, caractérisé en ce que,

- 10 a) on fixe la valeur de consigne du couple d'embrayage ( $md_{k,cons}$ ), à l'instant (t) en fonction d'un couple de sortie d'embrayage de référence ( $md_{ka,ref}$ ) (trajectoire du couple), et
- 15 b) on fixe la valeur de consigne du couple moteur ( $md_{m,cons}$ ) à l'instant (t) composée d'une composante de régulation ( $md_{m,r}$ ) et d'une composante de commande ( $md_{m,s}$ ), la composante de régulation ( $md_{m,r}$ ) résultant de la déviation entre le régime moteur ( $n_m$ ) par rapport à un régime moteur de référence ( $n_{m,ref}$ ) (trajectoire de régime) à
- 20 l'instant (t), et la composante de commande ( $md_{m,s}$ ) résultant de la trajectoire de régime ( $n_{m,ref}$ ) à l'instant (t), d'un tracé futur de la trajectoire de régime ( $n_{m,ref}$ ), de la trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ) ainsi que
- 25 d'une courbe précédente des grandeurs de réglage du moteur du véhicule (commande prédictive du moteur).

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que

- 30 la trajectoire de régime ( $n_{m,ref}$ ) est fixée en fonction d'un souhait de conducteur, d'un type de conduite, d'une différence ( $s_{id}$ ) des rapports de vitesse avant et après la commutation, d'une situation de conduite, d'une puissance motrice de consigne ( $pw_{an,cons}$ ) à la fin de la commutation et d'une
- 35 différence ( $n_{\delta,ini}$ ) d'un régime moteur ( $n_{m,ini}$ ) et d'une vitesse de rotation d'entrée de boîte de vitesses ( $n_{ge,ini}$ ) au début de la commutation.

3°) Procédé selon l'une des revendications 1 et 2,

caractérisé en ce que

le couple ( $md_{k,cons}$ ) à l'instant ( $t$ ) comprend une composante de régulation ( $md_{k,r}$ ) et une composante de commande ( $md_{k,s}$ ), la composante de régulation ( $md_{k,r}$ ) résultant de la différence entre la trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ) et le couple de sortie d'embrayage ( $md_{ka,est}$ ) estimé à l'instant ( $t$ ), et la composante de commande ( $md_{k,s}$ ) étant fixée en fonction de la trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ).

10 4°) Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu' on définit le couple de sortie d'embrayage estimé ( $md_{ka,est}$ ) en fonction d'une résistance de roulement.

15 5°) Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que pour déterminer le couple de sortie d'embrayage estimé ( $md_{ka,est}$ ) pendant la phase de coupure de la force de traction,

20 - on définit tout d'abord une résistance de roulement ( $f_{fw,est}$ ) selon la prescription de calcul

$$f_{fw,est} = a_{l,zu} \cdot (m_{fzg} + c \cdot \Theta),$$

25 dans laquelle ( $m_{fzg}$ ) est la masse du véhicule, ( $a_{l,zu}$ ) est une accélération longitudinale du véhicule dont on fait la moyenne pendant la phase d'interruption de la force de traction et  $\Theta$  est la valeur du moment d'inertie de rotation des roues et des arbres jusqu'à la sortie de la boîte de vitesses et des masses en rotation de la boîte de vitesses à la sortie de celle-ci,

30 - pendant la phase d'établissement du couple, on détermine une force de traction ( $f_{zug,est}$ ) selon la prescription de calcul

$$f_{zug,est} = f_{fw,est} + a_l \cdot (m_{fzg} + c \cdot \Theta)$$

35 - ensuite, on calcule le couple de sortie d'embrayage estimé ( $md_{k,est}$ ) selon la relation

$$md_{k,est} = f_{zug,est} \cdot \frac{r_{dyn}}{\mu_{diff} \cdot \mu_g}$$

dans laquelle ( $r_{dyn}$ ) est un rayon dynamique de roue et ( $\mu_{diff}$ ) est l'amplification de couple par la transmission différentielle et ( $\mu_g$ ) est l'amplification de couple de la  
5 boîte de vitesses.

6°) Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
caractérisé en ce que  
10 la trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ) est prédéfinie pour obtenir la puissance motrice ( $pw_{an,cons}$ ) à la fin du changement de vitesse à un instant ( $t_{targ}$ ).

7°) Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 6,  
15 caractérisé en ce que  
pour la commande prédictive du moteur, on définit une vitesse d'entrée de boîte de vitesses de référence ( $n_{ge,ref}$ ) selon la prescription de calcul  
20

$$n_{ge,ref} = n_{ga} \cdot u_{targ}$$

dans laquelle ( $n_{ga}$ ) représente la vitesse de sortie actuelle de la boîte de vitesses et ( $u_{targ}$ ) représente une démultiplication de la boîte de vitesses après la commutation.  
25

8°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que  
pour la commande prédictive du moteur, on tient compte du comportement de temps mort pour une demande de couple et le  
30 couple ( $md_m(t)$ ) transmis à l'instant ( $t$ ), est donné par la relation

$$md_m(t) = md_{m,cons}(t - T_t),$$

dans laquelle ( $T_t$ ) représente un temps mort du moteur du véhicule.

9°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que  
 5 pour la commande prédictive du moteur, on tient compte d'une trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ) dans un intervalle de temps ( $T_{pred}$ ) (horizon prévisionnel), et on obtient un couple de sortie d'embrayage ( $md_{ka}(t)$ ) à l'instant ( $t$ ) en suivant ap-  
 10 proximativement la trajectoire de couple ( $md_{ka,ref}$ ).

10°) Procédé selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisé en ce que  
 pour la commande prédictive du moteur, on définit un compor-  
 15 tement du moteur dans l'intervalle de temps ( $T_{pred}$ ) selon la prescription de calcul

$$\Theta_m \cdot \omega_{dot_m}(t) = md_{m,cons}(t - T_t) - md_{ka}(t)$$

dans laquelle ( $\Theta_m$ ) représente le moment d'inertie et  
 20 ( $\omega_{dot_m}(t)$ ) représente la dérivée en fonction du temps de la vitesse angulaire du moteur du véhicule à l'instant ( $t$ ).

11°) Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'  
 25 on définit la vitesse angulaire ( $\omega_m(t+T_{pred})$ ) à l'instant ( $t+T_{pred}$ ) selon la prescription de calcul

$$\omega_m(t + T_{pred}) = \frac{1}{\Theta_m} \int_t^{t+T_{pred}} [md_{m,cons}(\tau - T_t) - md_{ka,ref}(\tau)] d\tau$$

12°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 5  
 30 à 11, caractérisé en ce qu'  
 la commande prédictive du moteur fournit un régime prévisible ( $n_{m,p}$ ) à l'instant ( $t+T_{pred}$ ), et avec le régime moteur ( $n_{m,p}$ )

on détermine une courbe corrigée de la trajectoire de régime ( $n_{m,ref}$ ) de l'instant ( $t+T_{pred}$ ) jusqu'à l'instant ( $t_{targ}$ ), la trajectoire de régime ( $n_{m,ref}$ ) ainsi obtenue ayant à l'instant ( $t+T_{pred}$ ) un gradient ( $\omega_{dot_{m,ps}}$ ).

5

13°) Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'

on définit une grandeur de réglage ( $md_{m,s}$ ) du couple du moteur du véhicule selon la prescription de calcul.

10

$$md_{m,s} = \Theta_m \cdot \omega_{dot_{m,ps}} + md_{ka,ref}(t + T_{pred})$$

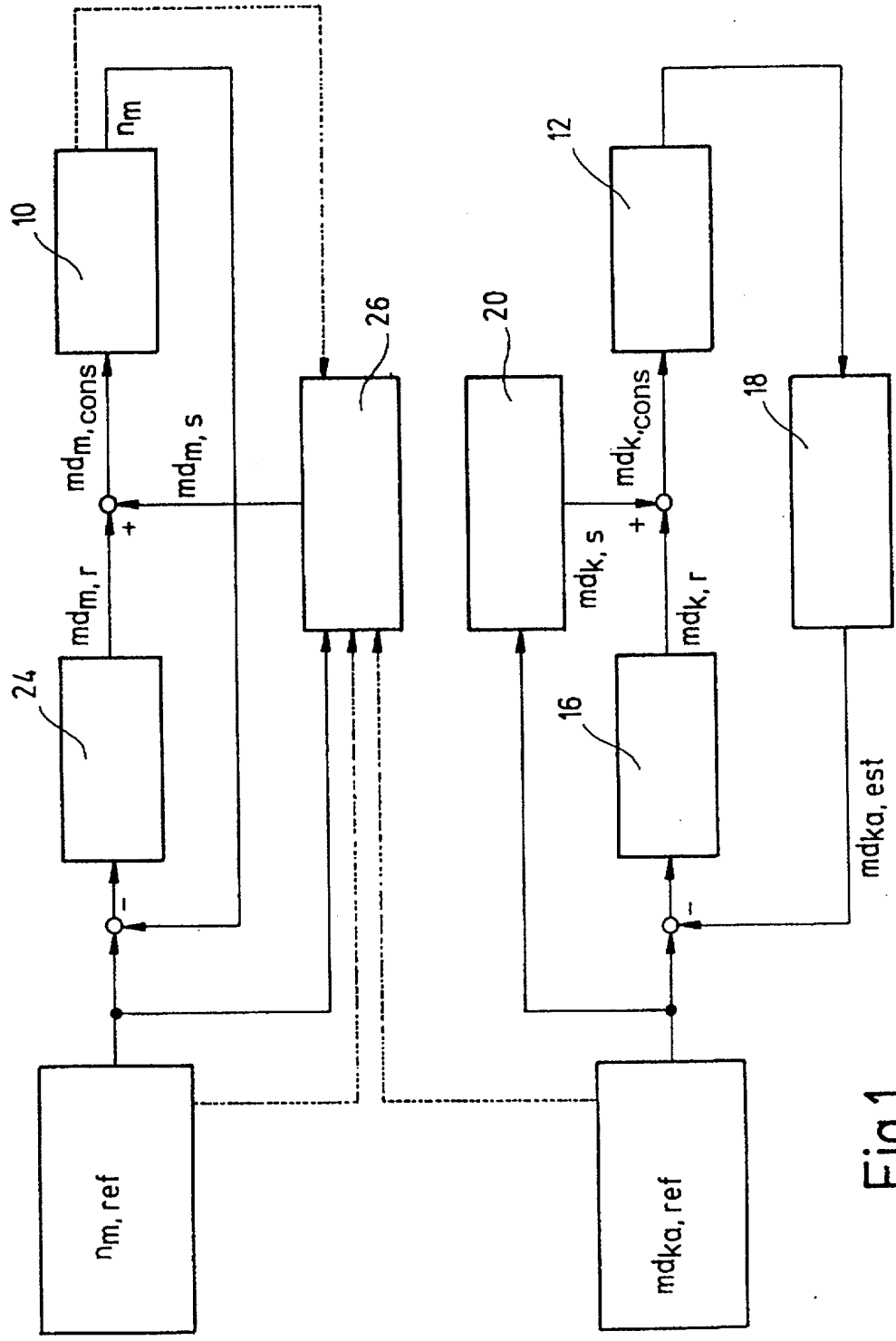


Fig.1

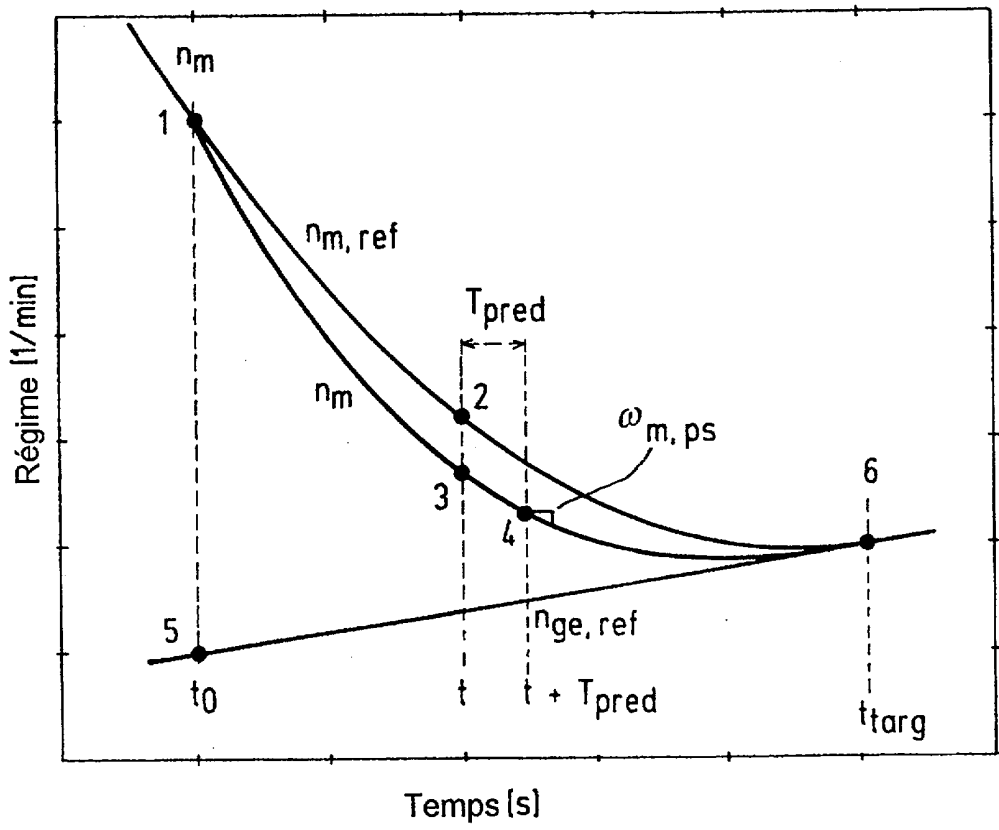


Fig.2