

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 865 176

21) N° d'enregistrement national : 04 00423

51) Int Cl<sup>7</sup> : B 60 T 8/00, G 05 B 13/02

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 16.01.04.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 22.07.05 Bulletin 05/29.

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) : SOCIETE DE TECHNOLOGIE MICHELIN Société anonyme — FR, MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE SA — CH et ROBERT BOSCH GMBH — DE.

72) Inventeur(s) :

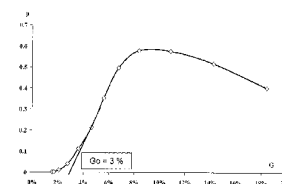
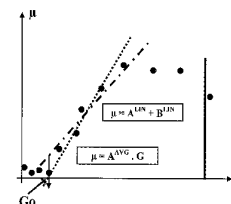
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN.

54) SYSTEME DE CONTROLE DE LA STABILITE D'UN VEHICULE UTILISANT UN ALGORITHME COMPARANT DES PENTES MOYENNES DE VARIATION D'UN PARAMETRE EN FONCTION D'UN AUTRE.

57) Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule, le système comportant des moyens pour imprimer au pneu un effort longitudinal et des moyens pour calculer le paramètre glissement  $G^{Opt}$  lors de chaque activation des moyens pour imprimer au pneu un effort longitudinal de la façon suivante: déterminer des coefficients  $A_{[avg/p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(\mu_i, G_i)$ , de façon à modéliser une première courbe de variation  $\mu_i = f(G_i, A_{[avg/p]})$  incluant obligatoirement par convention l'origine, et la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro, déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_1$  de ladite première courbe de variation, déterminer des coefficients  $B_{[avg/p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(\mu_i, G_i)$ , de façon à modéliser une deuxième courbe de variation, libre de ne pas passer par l'origine,  $\mu_i = f(G_i, B_{[avg/p]})$  incluant la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro, déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_2$  de la deuxième courbe de variation, tant que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est inférieure à un seuil de pente prédéterminé, reprendre les opérations précédentes pour chaque nouvelle acquisition de paire de valeurs  $(G_i, \mu_i)$ , dès que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  dépasse le seuil de pente

prédéterminé, déterminer un glissement cible  $G^{Cavg}$  en utilisant au moins la dernière paire de valeurs  $(G_i, \mu_i)$ .



FR 2 865 176 - A1



## DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention se rapporte aux systèmes de pilotage de stabilité d'un véhicule. Dans  
5 une application particulière, l'invention se rapporte aux systèmes visant à éviter le blocage  
des roues lors de freinages appuyés, popularisée sous la désignation « ABS ». Plus  
généralement, l'invention concerne tous les systèmes visant à maintenir le véhicule sur une  
trajectoire stable en agissant automatiquement sur des actionneurs comme ceux déterminant un  
10 couple aux roues, ou ceux déterminant le braquage d'une ou de plusieurs roues, ou même  
ceux concernant la suspension, dont on sait que cela a aussi avoir un effet sur le contrôle de la  
trajectoire (par exemple antiroulis actif). Dans l'application particulière évoquée ci-dessus,  
les actionneurs sont les freins d'une roue ou l'organe imposant un couple moteur à une roue.

## 15 ETAT DE LA TECHNIQUE

Pour rappel, le coefficient d'adhérence longitudinale  $\mu$  du pneumatique est le quotient de la  
force longitudinale divisée par la force verticale appliquée, c'est à dire la charge appliquée  
sur le pneumatique (dans le cas simplifié d'un effort de freinage pur et l'homme du métier  
20 saura facilement généraliser) ; le glissement  $G$  du pneumatique vaut  $G = 0\%$  lorsqu'il n'y a  
pas de glissement entre la vitesse du pneumatique et la vitesse du véhicule, c'est à dire si le  
pneu roule librement, et  $G = 100\%$  si le pneu est bloqué en rotation. Typiquement, en  
fonction de l'environnement (nature du sol (asphalte, béton), sec ou mouillé (hauteur d'eau),  
température et niveau d'usure du pneumatique), la valeur de  $\mu$  en fonction du glissement  $G$   
25 peut varier énormément ( $\mu$  vaut environ 0.15 sur de la glace et environ 1.2 sur un sol sec).

On sait que le freinage d'un véhicule sera d'autant plus efficace que l'on parviendra à faire  
fonctionner la bande de roulement à un glissement  $G$  correspondant à la valeur maximale du  
coefficient d'adhérence (parfois aussi appelé coefficient de frottement). On appelle  $\mu_{\max}$  la  
30 valeur maximale du coefficient d'adhérence. Mais le conducteur moyen n'est pas capable de  
doser le freinage de façon à satisfaire à cette condition.

- 2 -

C'est la raison pour laquelle ont été développés des systèmes de contrôle de la stabilité d'un véhicule modulant automatiquement la force de freinage de façon à viser une cible de glissement prédéterminée, censée correspondre au maximum du coefficient d'adhérence.

5

En particulier, la demande de brevet EP 1371534 publiée le 17 décembre 2003 propose un procédé de régulation du glissement utilisant une grandeur appelée « Invariant » que les recherches des inventeurs ont permis de découvrir, cette grandeur étant ainsi appelée parce qu'elle est sensiblement constante quel que soit le pneu considéré et quelle que soit l'adhérence du sol sur lequel le pneu roule.

10

Si ce procédé permet de déterminer une cible de glissement pour lequel on est effectivement bien plus proche du coefficient d'adhérence maximal réel du pneu dans les circonstances de roulage réelles, il existe cependant des cas où l'on peut déterminer une cible meilleure encore pour améliorer l'efficacité du freinage (ou de l'accélération).

15

#### BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

20 L'invention propose un algorithme appelé « Moyen » permettant de prédire une cible idéale pour un paramètre dont on assure le pilotage dans un système de contrôle de la stabilité d'un véhicule.

Dans une formulation générale, l'invention propose un système de contrôle de la stabilité d'un véhicule dans lequel un paramètre caractéristique Q du fonctionnement d'un pneumatique du véhicule destiné à rouler sur un sol varie en fonction d'un paramètre P selon une certaine loi, une valeur optimale dudit paramètre P étant imposée par un contrôleur de manière directe ou indirecte de façon à agir sur au moins l'un des éléments choisis dans le groupe comportant le couple de rotation appliqué au pneumatique, l'angle de braquage du pneumatique, l'angle de carrossage du pneumatique et la force verticale appliquée au pneumatique, dans lequel le contrôleur comporte des moyens pour :

30

- 3 -

- Déterminer des coefficients  $A_{[avg / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(P_i, Q_i)$ , de façon à modéliser une première courbe de variation  $Q_i = f(P_i, A_{[avg / p]})$  incluant obligatoirement par convention l'origine, et la ou les paires  $(Q_i, P_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
- 5 • Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_1$  de ladite première courbe de variation,
- Déterminer des coefficients  $B_{[avg / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(Q_i, P_i)$ , de façon à modéliser une deuxième courbe de variation  $Q_i = f(P_i, B_{[avg / p]})$  incluant la ou les paires  $(Q_i, P_i)$ , dans lesquelles  $Q_i$  est différent de zéro,
- 10 • Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_2$  de la deuxième courbe de variation,
- Tant que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est inférieure à un seuil de pente prédéterminé, reprendre les opérations précédentes pour chaque nouvelle acquisition de paire de valeurs  $(P_i, Q_i)$ ,
- Dès que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  dépasse le seuil de pente prédéterminé, déterminer un glissement cible  $P^{Cavg}$  en utilisant au moins la dernière paire de valeurs  $(P_i, Q_i)$ .
- 15

Le résultat recherché est de maintenir la valeur d'un paramètre  $Q$  à une valeur choisie comme étant idéale dans la situation du véhicule du moment. Dans le présent mémoire, on décrit en détails une application au contrôle du glissement d'un pneu, typiquement pendant une manœuvre de freinage ou pendant une manœuvre agissant sur le lacet d'un véhicule (fonction connue sous le nom d'ABS dans le premier cas ou fonction connue sous le nom d'ESP dans le second cas). Enfin, on évoque une application visant au contrôle de la trajectoire en utilisant des actionneurs autres que ceux agissant sur le couple aux roues.

25 Dans une première application, l'invention propose donc un système de contrôle de la stabilité d'un véhicule dans lequel le paramètre  $P$  est le glissement  $G$  du pneumatique et le paramètre caractéristique  $Q$  est le coefficient d'adhérence  $\mu$  du pneumatique, le système comportant des moyens pour imprimer au pneu un effort longitudinal, des moyens de modulation de l'effort longitudinal et des moyens pour calculer le paramètre glissement  $G^{Opt}$

30 lors de chaque activation des moyens pour imprimer au pneu un effort longitudinal de la façon suivante :

- 4 -

- Déterminer des coefficients  $A_{[avg / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(\mu_i, G_i)$ , de façon à modéliser une première courbe de variation  $\mu_i = f(G_i, A_{[avg / p]})$  incluant obligatoirement par convention l'origine, et la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
- 5 • Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_1$  de ladite première courbe de variation,
- Déterminer des coefficients  $B_{[avg / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(\mu_i, G_i)$ , de façon à modéliser une deuxième courbe de variation  $\mu_i = f(G_i, B_{[avg / p]})$  incluant la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
- 10 • Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_2$  de la deuxième courbe de variation,
- Tant que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est inférieure à un seuil de pente prédéterminé, reprendre les opérations précédentes pour chaque nouvelle acquisition de paire de valeurs  $(G_i, \mu_i)$ ,
- Dès que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  dépasse le seuil de pente prédéterminé, déterminer un
- 15 glissement cible  $G^{Cavg}$  en utilisant au moins la dernière paire de valeurs  $(G_i, \mu_i)$ .

L'application de choix de la présente invention réside dans le pilotage du glissement d'une roue en freinage, dans le but de faire fonctionner le pneu au niveau où le coefficient d'adhérence est maximal. Toute la description suivante concerne dans ce cas un dispositif de

20 modulation de l'effort longitudinal qui agit sur la commande de freinage. Indiquons une fois pour toutes que dans ce cas, on initialise ( $i=0$ ) les opérations indiquées ci-dessus, et plus en détails ci-dessous, à chaque début de manœuvre de freinage. Mais si l'on décide d'appliquer la présente invention au pilotage du glissement d'une roue en accélération, le dispositif de modulation de l'effort longitudinal agit sur le couple moteur aux roues et on initialise ( $i=0$ )

25 les opérations indiquées à chaque demande de variation du couple moteur supérieure à un seuil de couple prédéterminé.

Notons aussi que, dans le contexte de la présente invention, peu importe que la bande de roulement dont on traite la caractéristique d'adhérence soit celle d'un pneumatique ou d'un

30 bandage élastique non pneumatique ou encore d'une chenille. Les termes « bande de roulement », « pneu » ou « pneumatique », « bandage », « bandage élastique », « chenille » ou

- 5 -

même « roue » doivent être interprétés comme équivalents. Remarquons aussi que la détermination des valeurs du coefficient d'adhérence  $\mu_i$ , pour chaque glissement  $G_i$  peut se faire par mesure directe ou par estimation à partir d'autres mesures ou de l'estimation d'autres grandeurs comme l'effort dans le plan du sol et la charge verticale.

5

#### BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

Les figures suivantes montrent :

- 10 La figure 1 illustre l'algorithme Moyen ;  
La figure 2 illustre un traitement particulier des premières acquisitions de mesures ou d'estimations ;  
La figure 3 illustre plus en détails ledit traitement particulier ;  
La figure 4 illustre un autre traitement particulier des acquisitions de mesures ou  
15 d'estimations.

#### DESCRIPTION DU MEILLEUR MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

- 20 L'algorithme « Moyen » consiste à détecter le changement dans la courbure de la courbe  $\mu(G)$ . On comprend en effet qu'un tel changement est révélateur de la proximité du maximum d'adhérence. Pour cela, on traite les mesures ou les estimations des valeurs de glissement et de coefficient d'adhérence associée à deux régressions dont l'une vise à modéliser une courbe de variation qui passe obligatoirement par l'origine et dont l'autre vise à modéliser une  
25 courbe de variation qui ne passe pas obligatoirement par l'origine, c'est à dire dont le premier point est laissé libre.

- De préférence, on ajoute une deuxième condition provoquant la détermination du glissement cible en utilisant au moins la dernière paire de valeurs  $(G_i, \mu_i)$ , la deuxième condition étant  
30 dès que  $G_i$  dépasse un seuil prédéterminé, par exemple 15%.

- 6 -

Il est tout particulièrement indiqué d'utiliser des régressions linéaires. Dans ce cas, on regarde la différence entre deux régressions linéaires, comme illustré à la figure 1. Dans ce cas,

- La première courbe de variation, représentée par un trait pointillé à la figure 1, est une première droite  $\mu_i = A_{avg} \cdot G_i$ , incluant par convention l'origine (à une correction  $G_0$  près, correction qui sera expliqué plus loin) et la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , obtenue par une première régression linéaire calculant un premier coefficient  $A_{avg}$ ,
- La deuxième courbe de variation, représentée par un trait d'axe à la figure 1 (courbe moins verticale), est une deuxième droite  $\mu_i = A_{lin} \cdot G_i + B_{lin}$  incluant la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , que l'on laisse libre de ne pas passer par l'origine, et est obtenue par une deuxième régression linéaire calculant des coefficients  $A_{lin}$  et  $B_{lin}$  (ce qui n'exclut pas une correction  $G_0$  qui sera expliqué plus loin).

Bien entendu, s'agissant de régressions linéaires, les indicateurs sont directement les pentes respectives  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  de chacune des droites.

Il a été déterminé expérimentalement que, dans le cas de modélisation par des droites (régressions linéaires), le seuil de pente prédéterminé pour la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est de préférence de l'ordre de 30%.

Au final, le glissement cible  $G^{Cavg}$  retenu peut être tout simplement égal à la dernière valeur  $G_i$ . En alternative et d'une façon plus précise, on détermine le glissement cible

$$G^{Cavg} = \beta \cdot \frac{\mu^{MAX}}{A^{AVG}}$$

avec  $\beta$  un paramètre de mise au point. Quand on parle dans le présent mémoire d'un paramètre de mise au point, cela signifie que, même s'il existe pour ce paramètre une valeur ou une plage de valeurs représentatives d'une réalité physique, on peut en pratique utiliser arbitrairement ce paramètre comme un bouton de réglage fin du fonctionnement pratique du système de contrôle de la stabilité d'un véhicule. Ajoutons simplement que le paramètre  $\beta$  présente une analogie avec l'Invariant, ce qui se traduit pour  $\beta$  par une valeur d'environ 1,04 à rapprocher de la valeur 0,58 pour l'Invariant.

- 7 -

Il est proposé ci-dessous quelques corrections aux valeurs faibles de glissement et coefficient d'adhérence obtenues au tout début d'une manœuvre de freinage. Au début des freinages, il a été constaté que la courbe  $\mu(G)$  peut présenter un comportement étrange. Le but de cette première partie de l'algorithme est de corriger ce comportement. Aux figures 2 et 3, on peut  
5 voir que sur un sol mouillé, le pied de la courbe  $\mu(G)$  ne semble pas linéaire et que pour un  $\mu$  nul, le glissement ne l'est pas. Ceci est probablement dû aux erreurs dans la valeur du glissement mesuré. Cela n'est à l'évidence pas représentatif des phénomènes physiques dans le contact de la bande de roulement sur le sol. Cela est gênant pour les algorithmes de calcul du glissement cible qui sont basés sur l'étude de la pente de la courbe  $\mu(G)$ . Bien entendu,  
10 cela est très dépendant des moyens technologiques concrets mis en œuvre sur le véhicule pour acquérir ces informations. Dès lors, les indications fournies dans ce contexte sont de simples suggestions qu'il est utile d'appliquer si l'on fait face à ce problème, mais qui ne sont pas limitatives. Plus généralement, il est utile de corriger autoritairement la forme du pied de la courbe de variation du coefficient d'adhérence en fonction du glissement si elle présente une  
15 allure fort peu plausible.

La première partie du traitement des données va donc constituer à calculer la valeur du glissement à partir de laquelle on peut utiliser les données pour calculer de façon fiable un glissement cible ou le glissement optimal. Convenons d'appeler ce glissement  $G_0$ . La figure 2  
20 montre que ce glissement  $G_0$  vaut environ 3%. On obtient une allure plus plausible de la courbe  $\mu(G)$  en reliant  $G_0$  à la partie sensiblement linéaire de la partie croissante de la courbe.

Dès lors, de préférence, le système de contrôle de la stabilité d'un véhicule est tel que l'on procède, avant toutes les opérations exploitant la courbe de variation de  $\mu_i$  en fonction de  $G_i$ , à  
25 une correction du départ de ladite courbe en éliminant les premières paires réelles  $(\mu_i, G_i)$  tant que la variation de  $\mu_i$  en fonction de  $G_i$  n'est pas sensiblement constante et en recherchant le glissement  $G_0$  associé à un coefficient d'adhérence nul (ceci n'étant bien entendu pas limitatif) tel que la paire  $(0, G_0)$  et les paires non éliminées  $(\mu_i, G_i)$  sont sensiblement alignées, et utilisant une courbe partant de  $(0, G_0)$  et rejoignant les paires non éliminées  $(\mu_i, G_i)$ , de sorte  
30 que, pour toute valeur de  $G_i$  plus grande que  $G_0$ ,  $G_i$  est remplacée par  $G_i - G_0$ .

- 8 -

Pour cela, par exemple, on utilise un algorithme qui comporte les étapes suivantes:

- éliminer systématiquement toutes les valeurs du glissement associées à un coefficient d'adhérence inférieur à 0,01 ;
- Calculer de façon continue des régressions de  $\mu$  et  $G$  en fonction du temps, de préférence des régressions exponentielles vu l'allure du pied de la courbe dans l'exemple illustré au moyen de la figure 2 et de la figure 3 :

$$\mu = e^{A^\mu \cdot (t - T^{Start}) + B^\mu}, \quad G = e^{A^G \cdot (t - T^{Start}) + B^G}$$

On peut considérer que les valeurs acquises sont représentatives de la réalité lorsque le coefficient d'adhérence estimé ou mesuré est supérieur à 0,1 ou lorsque le glissement dépasse 4%.

La figure 3 illustre la façon de déterminer  $G_0$  à partir des courbes donnant les valeurs acquises respectivement pour le coefficient d'adhérence en fonction du temps et pour le glissement en fonction du temps. On cherche la valeur du temps pour laquelle la régression sur la courbe de  $\mu$  vaut une certaine valeur, par exemple 0,05 (voir le segment horizontal entre une abscisse nulle et une ordonnée valant 0,05 et la courbe en pointillés). La valeur de  $G_0$  sera la valeur de la régression sur la courbe du glissement à cet instant (voir le segment vertical entre le point précédemment obtenu et un point sur la courbe en trait continu, donnant la valeur du glissement  $G_0$ ).

On procède donc, avant toutes les opérations exploitant la courbe de variation de  $\mu_i$  en fonction de  $G_i$ , à une correction du départ de ladite courbe en éliminant les premières paires réelles  $(\mu_i, G_i)$  tant que la variation de  $\mu_i$  en fonction de  $G_i$  n'est pas sensiblement constante et en recherchant le glissement  $G_0$  associé à un coefficient d'adhérence nul tel que la paire  $(0, G_0)$  et les paires non éliminées  $(\mu_i, G_i)$  sont sensiblement alignées, et utilisant une courbe partant de  $(0, G_0)$  et rejoignant les paires non éliminées  $(\mu_i, G_i)$ . Ensuite, dans tous les algorithmes utilisés, pour toute valeur de  $G_i$  plus grande que  $G_0$ ,  $G_i$  est remplacée par  $G_i - G_0$ .

On a jusqu'à présent supposé calculées ou estimées des valeurs de  $\mu$ . Cependant, dans certains cas, le mode d'obtention du coefficient d'adhérence (à partir de l'effort de freinage lui-même estimé sur la base de la pression de freinage compte tenu des caractéristiques particulières chaque véhicule et à partir de la vitesse de roue) ne donne pas de résultat satisfaisant (la courbe  $\mu(G)$  calculée est trop plate ou continûment ascendante). On sait que cela n'est pas réaliste. Pour corriger ce problème, une correction numérique du  $\mu$  calculé peut être mise en place. Cette correction est basée sur la vitesse d'évolution du glissement en fonction du temps. En effet, si la vitesse de la roue (et donc le glissement) s'emballé de façon rapide, c'est que l'on se trouve dans la zone instable de la courbe  $\mu(G)$ . Donc la courbe  $\mu(G)$  devrait décroître, ce que l'on met à profit de la façon suivante :

$$\mu^{Corr} = \mu^{acquis} \cdot \left[ \text{Max} \left( \frac{dG}{dt}; 1 \right) \right]^{-ACorr}$$

où « Acorr » est un coefficient de mise au point et peut être spécifique à chaque algorithme. Par exemple, une bonne valeur pratique s'est avérée être 0.2 pour l'algorithme «Moyen ». La figure 4 illustre cette correction. Grâce à cette correction, la courbe  $\mu(G)$  retrouve une forme certainement plus conforme à la réalité physique, ce qui permet aux algorithmes de produire des cibles fiables.

Remarquons que, si la valeur du  $\mu_{max}$  est en elle-même modifiée par cette correction, tous les algorithmes utilisés se basent sur la forme de la courbe et non sur ses valeurs. Le lecteur est également renvoyé à la demande de brevet précitée où l'on a fait ressortir que l'algorithme « Invariant » permet de calculer une cible de glissement sans même calculer le coefficient d'adhérence associé, celui-ci étant inutile au bon fonctionnement de l'asservissement en glissement d'une la roue de véhicule.

Dans la demande de brevet précitée, on a démontré la possibilité d'autres applications de l'algorithme « Invariant », par exemple à l'analyse de la poussée de dérive développée par un pneumatique ou bandage élastique dans une zone de fonctionnement proche de la saturation de la poussée de dérive. C'est en raison de la similarité des lois de variation de ces phénomènes physique. De la même façon, la présente invention a des applications plus larges que le contrôle du glissement dans un système de contrôle de la stabilité d'un véhicule. Pour

clure le sujet, citons simplement (sans que même cette addition ne soit limitative comme on l'aura compris) que l'invention s'applique aussi à un système de contrôle de la stabilité d'un véhicule visant à prédire la valeur de l'angle de dérive  $\delta$  d'un pneumatique où la force latérale (dite aussi « poussée de dérive ») est maximale.

5

Dans ce cas, le paramètre P est l'angle de dérive  $\delta$  du pneumatique et le paramètre caractéristique Q est la poussée de dérive  $F^{\text{det}}$  du pneumatique. Il s'agit de prévoir quand le pneu atteindra son maximum et donc ne sera plus capable de répondre à sa fonction première qui est de permettre au véhicule de tourner, afin de pouvoir maintenir le fonctionnement du pneumatique à une valeur prédéterminée de la poussée de dérive  $F_{\text{det}}$ , ou pour prévenir le conducteur. Pour maintenir le fonctionnement du pneumatique à une valeur cible prédéterminée, on peut procéder, éventuellement automatiquement, à des interventions préventives de réduction de la vitesse du véhicule pour éviter des situations de conduite critiques (si le véhicule ne tourne pas comme le souhaite le conducteur, il peut en résulter un accident). Pour procéder à bon escient à ces actions, il est là aussi utile d'estimer une cible par un algorithme « Moyen ».

Dans ce cas, l'invention concerne un système de contrôle de la stabilité d'un véhicule dans lequel le paramètre P est l'angle de dérive  $\delta$  du pneumatique et le paramètre caractéristique Q est la poussée de dérive  $F^{\text{det}}$  du pneumatique, le système comportant des moyens pour contrôler un paramètre «  $\xi$  » en fonction des ordres imprimés par le conducteur du véhicule sur son moyen de commande et en fonction des ordres délivrés par un contrôleur de trajectoire, des moyens de modulation du paramètre «  $\xi$  » et des moyens pour calculer le paramètre angle de dérive  $\delta^{\text{Opt}}$  lors de chaque activation des moyens pour imprimer le paramètre «  $\xi$  » de la façon suivante :

- lors de chaque activation du système de commande de variation de  $\xi$ , pour des niveaux « i » différents d'angle de dérive, relever différentes valeurs de  $F_{Yi}$ , et l'angle de dérive associé  $\delta_i$  obtenue par estimation ou mesure directe,
- Déterminer des coefficients  $A_{[\text{avg} / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(F_i, \delta_i)$ , de façon à modéliser une première courbe

30

- 11 -

de variation  $F_i = f(\delta_i, A_{[avg / p]})$  incluant obligatoirement par convention l'origine, et la ou les paires  $(F_i, \delta_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,

- Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_1$  de ladite première courbe de variation,
- Déterminer des coefficients  $B_{[avg / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à  
5 partir d'un nombre suffisant de paires  $(F_i, \delta_i)$ , de façon à modéliser une deuxième courbe de variation  $F_i = f(\delta_i, B_{[avg / p]})$  incluant la ou les paires  $(F_i, \delta_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
- Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_2$  de la deuxième courbe de variation,
- Tant que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est inférieure à un seuil de pente prédéterminé,  
10 reprendre les opérations précédentes pour chaque nouvelle acquisition de paire de valeurs  $(\delta_i, F_i)$ ,
- Dès que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  dépasse le seuil de pente prédéterminé, déterminer un glissement cible  $G^{Cavg}$  en utilisant au moins la dernière paire de valeurs  $(\delta_i, F_i)$ .

## REVENDECATIONS

1. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule, dans lequel un paramètre caractéristique Q du fonctionnement d'un pneumatique du véhicule destiné à rouler sur un sol varie en
- 5 fonction d'un paramètre P selon une certaine loi, une valeur optimale dudit paramètre P étant imposée par un contrôleur de manière directe ou indirecte de façon à agir sur au moins l'un des éléments choisis dans le groupe comportant le couple de rotation appliqué au pneumatique, l'angle de braquage du pneumatique, l'angle de carrossage du pneumatique et la force verticale appliquée au pneumatique, dans lequel le contrôleur
- 10 comporte des moyens pour :
- Déterminer des coefficients  $A_{[avg / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(P_i, Q_i)$ , de façon à modéliser une première
  - 15 courbe de variation  $Q_i = f(P_i, A_{[avg / p]})$  incluant obligatoirement par convention l'origine, et la ou les paires  $(Q_i, P_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
  - Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_1$  de ladite première courbe de variation,
  - Déterminer des coefficients  $B_{[avg / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(Q_i, P_i)$ , de façon à modéliser une deuxième
  - 20 courbe de variation  $Q_i = f(P_i, B_{[avg / p]})$  incluant la ou les paires  $(Q_i, P_i)$ , dans lesquelles  $Q_i$  est différent de zéro,
  - Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_2$  de la deuxième courbe de variation,
  - Tant que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est inférieure à un seuil de pente prédéterminé, reprendre les opérations précédentes pour chaque nouvelle acquisition de paire de
  - 25 valeurs  $(P_i, Q_i)$ ,
  - Dès que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  dépasse le seuil de pente prédéterminé, déterminer un glissement cible  $P^{Cavg}$  en utilisant au moins la dernière paire de
  - 30 valeurs  $(P_i, Q_i)$ .
2. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon la revendication 1, dans lequel le paramètre P est le glissement G du pneumatique et le paramètre caractéristique Q est le
- coefficient d'adhérence  $\mu$  du pneumatique, le système comportant des moyens pour

- 13 -

imprimer au pneu un effort longitudinal, des moyens de modulation de l'effort longitudinal et des moyens pour calculer le paramètre glissement  $G^{Opt}$  lors de chaque activation des moyens pour imprimer au pneu un effort longitudinal de la façon suivante :

- 5
    - Déterminer des coefficients  $A_{[avg/p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(\mu_i, G_i)$ , de façon à modéliser une première courbe de variation  $\mu_i = f(G_i, A_{[avg/p]})$  incluant obligatoirement par convention l'origine, et la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
    - Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_1$  de ladite première courbe de variation,
  - 10
    - Déterminer des coefficients  $B_{[avg/p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(\mu_i, G_i)$ , de façon à modéliser une deuxième courbe de variation  $\mu_i = f(G_i, B_{[avg/p]})$  incluant la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
    - Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_2$  de la deuxième courbe de variation,
  - 15
    - Tant que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est inférieure à un seuil de pente prédéterminé, reprendre les opérations précédentes pour chaque nouvelle acquisition de paire de valeurs  $(G_i, \mu_i)$ ,
    - Dès que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  dépasse le seuil de pente prédéterminé, déterminer un glissement cible  $G^{Cavg}$  en utilisant au moins la dernière paire de
  - 20
    - valeurs  $(G_i, \mu_i)$ .
3. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon la revendication 2 dans lequel, dès que le glissement  $G_i$  dépasse un seuil prédéterminé, on détermine le glissement cible  $G^{Cavg}$  en utilisant au moins la dernière paire de valeurs  $(G_i, \mu_i)$ .
- 25
4. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon la revendication 2 ou 3 dans lequel :
- La première courbe de variation est une première droite  $\mu_i = A_{avg} \cdot G_i$ , incluant par convention l'origine, et la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , obtenue par une première régression
- 30
- linéaire calculant un premier coefficient  $A_{avg}$ .

- 14 -

- La deuxième courbe de variation est une deuxième droite  $\mu_i = A_{lin} \cdot G_i + B_{lin}$  incluant la ou les paires  $(\mu_i, G_i)$ , obtenue par une deuxième régression linéaire calculant des coefficients  $A_{lin}$  et  $B_{lin}$ .
- 5 5. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel on détermine le glissement cible  $G^{Cavg}$  comme étant égal à la dernière valeur  $G_i$ .
  6. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel on détermine le glissement cible  $G^{Cavg} = \beta \cdot \frac{\mu^{MAX}}{A^{AVG}}$  avec  $\beta$  un paramètre de mise au point.
  - 10
  7. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon la revendication 6 dans lequel  $\beta$  vaut environ 1,04.
  - 15
  8. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon la revendication 6, dans lequel  $\beta$  est un paramètre de mise au point utilisé dans la mise au point du système.
  9. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon l'une des revendications 2 à 4 dans lequel le seuil de pente prédéterminé pour la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est de l'ordre de 30%.
  - 20
  10. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon l'une des revendications 2 à 9, dans lequel le dispositif de modulation de l'effort longitudinal agit sur la commande de freinage et on initialise ( $i=0$ ) les opérations indiquées à chaque début de manœuvre de freinage.
  - 25
  11. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon l'une des revendication 2 à 9, dans lequel le dispositif de modulation de l'effort longitudinal agit sur le couple moteur aux

roues et on initialise ( $i=0$ ) les opérations indiquées à chaque demande de variation du couple moteur supérieure à un seuil de couple prédéterminé.

12. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon l'une des revendications 2 à 11,  
 5 dans lequel on procède, avant toutes les opérations exploitant la courbe de variation de  $\mu_i$   
 en fonction de  $G_i$ , à une correction du départ de ladite courbe en éliminant les premières  
 paires réelles ( $\mu_i, G_i$ ) tant que la variation de  $\mu_i$  en fonction de  $G_i$  n'est pas sensiblement  
 constante et en recherchant le glissement  $G_0$  associé à un coefficient d'adhérence nul tel  
 10 que la paire  $(0, G_0)$  et les paires non éliminées ( $\mu_i, G_i$ ) sont sensiblement alignées, et  
 utilisant une courbe partant de  $(0, G_0)$  et rejoignant les paires non éliminées ( $\mu_i, G_i$ ), de  
 sorte que, pour toute valeur de  $G_i$  plus grande que  $G_0$ ,  $G_i$  est remplacée par  $G_i - G_0$ .

13. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon l'une des revendications 2 à 12  
 dans lequel, lorsque la variation par rapport au temps du glissement devient supérieure à  
 15 un seuil de variation prédéterminé, on procède, avant toutes les opérations exploitant la  
 courbe de variation de  $\mu_i$  en fonction de  $G_i$ , à une correction de la fin de ladite courbe en  
 remplaçant les valeurs de  $\mu_i$  correspondant à des glissements amenant la variation par  
 rapport au temps du glissement au-delà dudit seuil de variation prédéterminé, par des  
 valeurs corrigées comme suit :

$$20 \quad \mu_i^{Corr} = \mu_i \cdot \left[ \text{Max} \left( \frac{dG}{dt}; 1 \right) \right]^{-A_{Corr}} \quad \text{où « Acorr » est un paramètre prédéterminé.}$$

14. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon la revendication 13, dans lequel  
 « Acorr » vaut environ 0,2.

25 15. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon la revendication 13 dans lequel  
 « Acorr » est utilisé comme paramètre de mise au point.

16. Système de contrôle de la stabilité d'un véhicule selon la revendication 1, dans lequel le  
 paramètre P est l'angle de dérive  $\delta$  du pneumatique et le paramètre caractéristique Q est  
 30 la poussée de dérive  $F^{det}$  du pneumatique, le système comportant des moyens pour

- 16 -

contrôler un paramètre «  $\xi$  » en fonction des ordres imprimés par le conducteur du véhicule sur son moyen de commande et en fonction des ordres délivrés par un contrôleur de trajectoire, des moyens de modulation du paramètre «  $\xi$  » et des moyens pour calculer le paramètre angle de dérive  $\delta^{\text{Opt}}$  lors de chaque activation des moyens pour imprimer le paramètre «  $\xi$  » de la façon suivante :

- 5
- lors de chaque activation du système de commande de variation de  $\xi$ , pour des niveaux «  $i$  » différents d'angle de dérive, relever différentes valeurs de  $F_{Y_i}$ , et l'angle de dérive associé  $\delta_i$  obtenue par estimation ou mesure directe,
- 10
- Déterminer des coefficients  $A_{[\text{avg} / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(F_i, \delta_i)$ , de façon à modéliser une première courbe de variation  $F_i = f(\delta_i, A_{[\text{avg} / p]})$  incluant obligatoirement par convention l'origine, et la ou les paires  $(F_i, \delta_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
  - Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_1$  de ladite première courbe de variation,
- 15
- Déterminer des coefficients  $B_{[\text{avg} / p]}$  par calcul direct ou par une régression appropriée, à partir d'un nombre suffisant de paires  $(F_i, \delta_i)$ , de façon à modéliser une deuxième courbe de variation  $F_i = f(\delta_i, B_{[\text{avg} / p]})$  incluant la ou les paires  $(F_i, \delta_i)$ , dans lesquelles  $\mu_i$  est différent de zéro,
  - Déterminer un indicateur de la pente moyenne  $\alpha_2$  de la deuxième courbe de variation,
- 20
- Tant que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  est inférieure à un seuil de pente prédéterminé, reprendre les opérations précédentes pour chaque nouvelle acquisition de paire de valeurs  $(\delta_i, F_i)$ ,
  - Dès que la différence entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  dépasse le seuil de pente prédéterminé, déterminer un glissement cible  $G^{\text{Cavg}}$  en utilisant au moins la dernière paire de
- 25
- valeurs  $(\delta_i, F_i)$ .

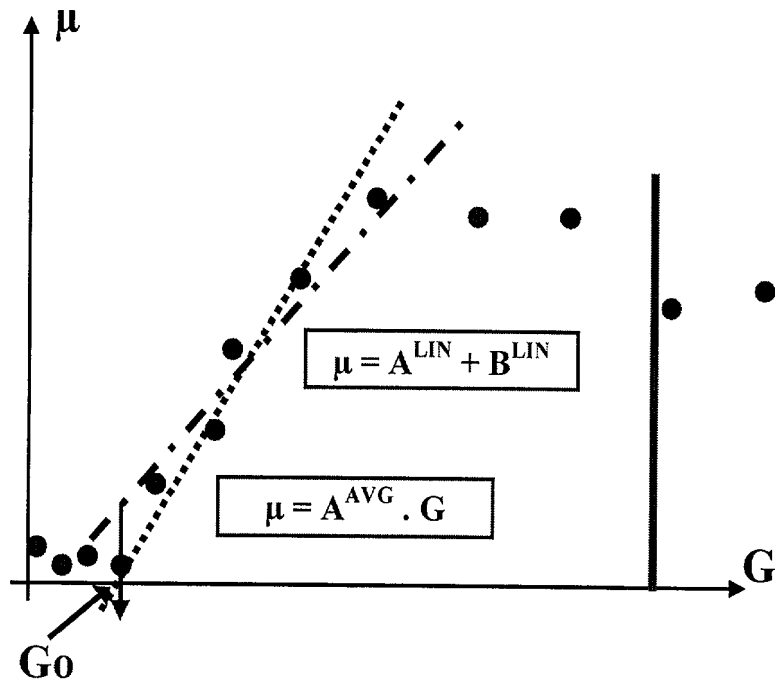


Figure 1

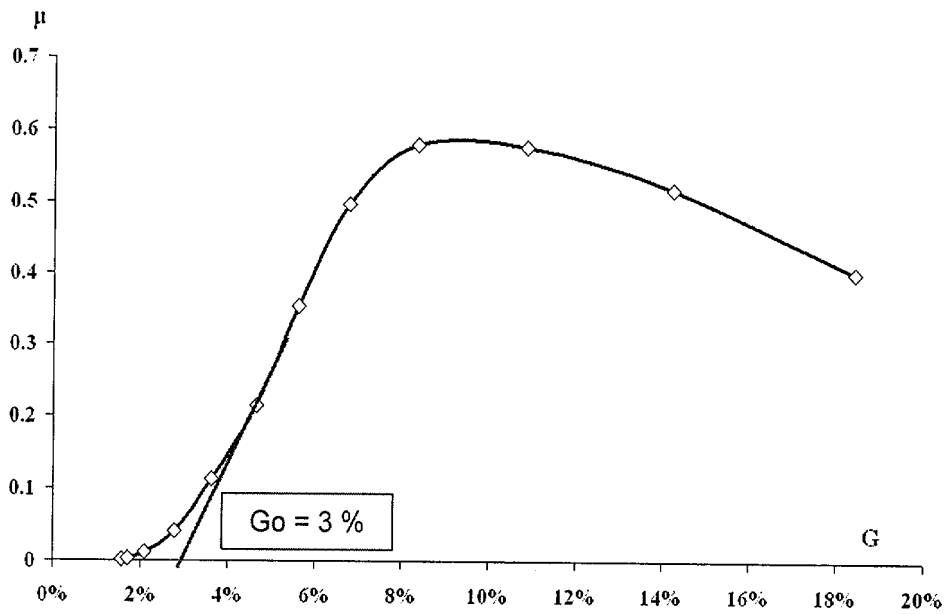


Figure 2

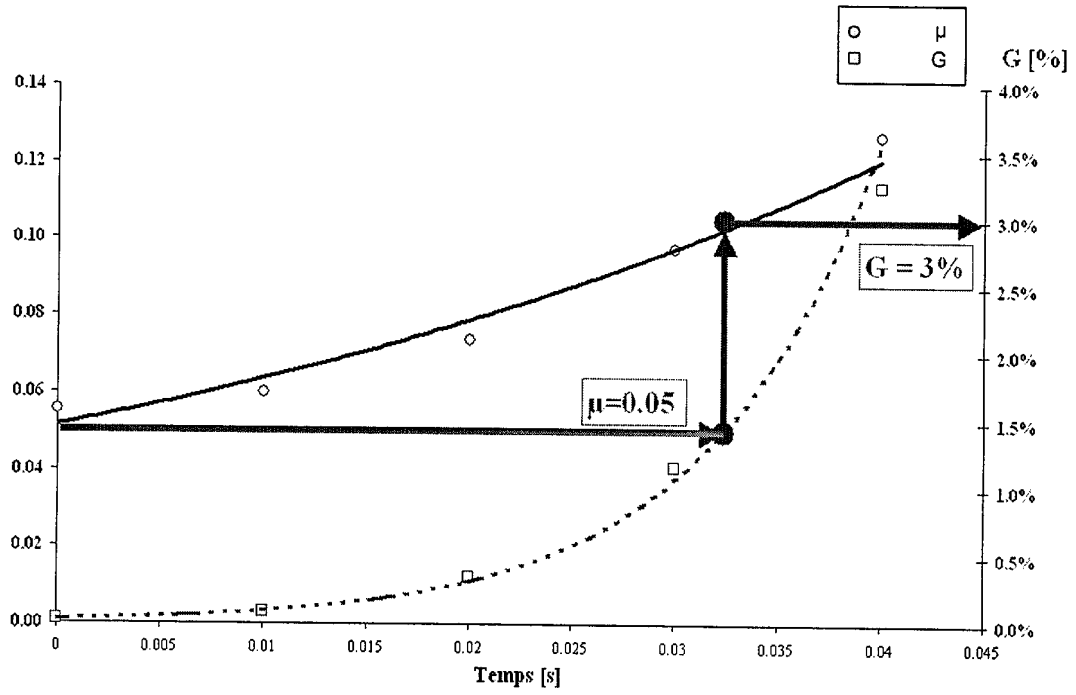


Figure 3

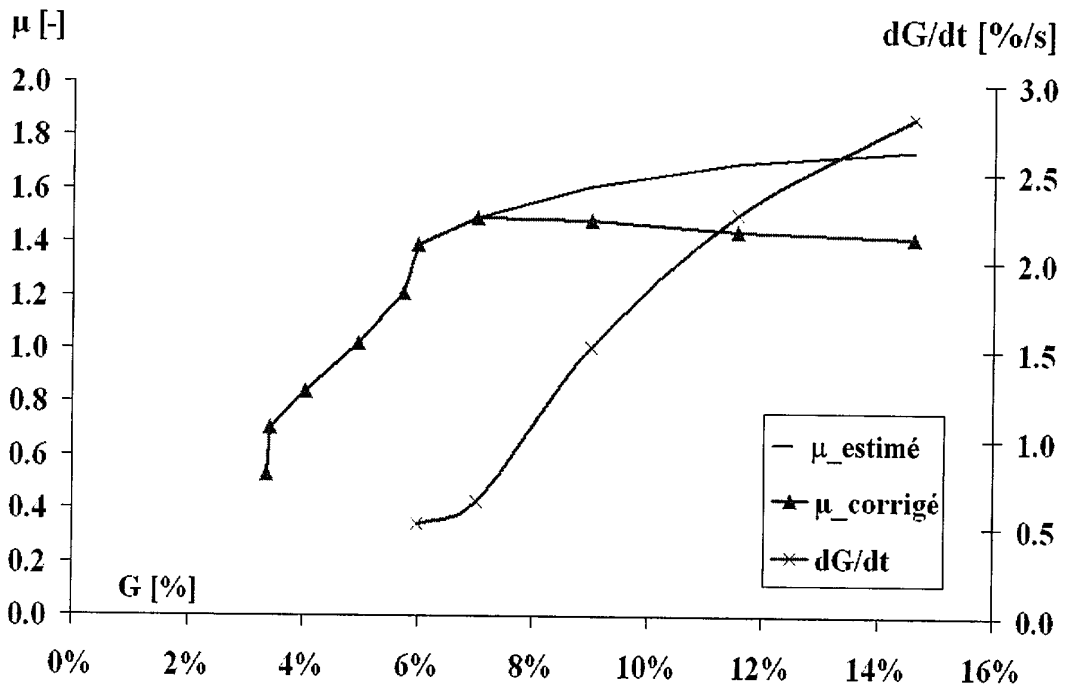


Figure 4



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 646631  
FR 0400423

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		
D,A	EP 1 371 534 A (MICHELIN RECH TECH ; BOSCH GMBH ROBERT (DE); MICHELIN SOC TECH (FR)) 17 décembre 2003 (2003-12-17) * revendications 1,5 *	1,2,10, 11,16	B60T8/00 G05B13/02
A	EP 1 372 049 A (MICHELIN RECH TECH ; MICHELIN SOC TECH (FR)) 17 décembre 2003 (2003-12-17) * abrégé *	1,2	
A	US 6 015 192 A (FUKUMURA TOMOHIRO) 18 janvier 2000 (2000-01-18) * revendications 1-4 *	1,2	
A	US 5 814 718 A (RADO ZOLTAN ET AL) 29 septembre 1998 (1998-09-29) * abrégé *	1,2	
A	US 5 513 907 A (DAISS ARMIN ET AL) 7 mai 1996 (1996-05-07) * revendications 1-4 *	1,2	
A	US 6 233 505 B1 (DUIS HOLGER ET AL) 15 mai 2001 (2001-05-15) * revendication 1 *	16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			B60T G05B
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		23 juillet 2004	Colonna, M
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0400423 FA 646631**

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 23-07-2004

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 1371534	A	17-12-2003	FR 2840867 A1	19-12-2003
			FR 2842778 A1	30-01-2004
			CN 1468765 A	21-01-2004
			EP 1371534 A1	17-12-2003
			US 2004032165 A1	19-02-2004
-----				
EP 1372049	A	17-12-2003	FR 2841006 A1	19-12-2003
			FR 2842910 A1	30-01-2004
			CN 1477005 A	25-02-2004
			EP 1372049 A1	17-12-2003
			US 2004024514 A1	05-02-2004
-----				
US 6015192	A	18-01-2000	JP 10035443 A	10-02-1998
-----				
US 5814718	A	29-09-1998	NO 944227 A	06-05-1996
			AU 3883795 A	31-05-1996
			DE 69531635 D1	02-10-2003
			DE 69531635 T2	09-06-2004
			EP 0871859 A1	21-10-1998
			JP 10509513 T	14-09-1998
			WO 9614564 A1	17-05-1996
-----				
US 5513907	A	07-05-1996	EP 0630786 A1	28-12-1994
			DE 59304134 D1	14-11-1996
-----				
US 6233505	B1	15-05-2001	DE 19617590 A1	06-11-1997
			AU 2775197 A	26-11-1997
			DE 59708268 D1	24-10-2002
			WO 9742066 A1	13-11-1997
			EP 0897359 A1	24-02-1999
			JP 2000509349 T	25-07-2000
			KR 2000010685 A	25-02-2000
-----				