

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 954 256

21 N° d'enregistrement national : 09 59529

51 Int Cl⁸ : B 60 W 40/00 (2006.01), B 60 W 40/06, 40/08, 40/10,
B 62 D 5/04, 6/00, 15/02, 111/00, 117/00, 119/00, 121/00,
G 01 M 17/02, 17/06

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 23.12.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 24.06.11 Bulletin 11/25.

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) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : NOUILLANT CEDRIC, GERVASONI
LAURENT et PENGOV MARCO.

73 Titulaire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA Société anonyme.

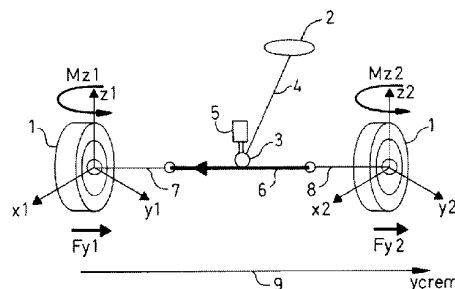
74 Mandataire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA.

54 PROCÉDE D'IDENTIFICATION D'UNE PHASE DE PERTE D'ADHÉRENCE DES ROUES DIRECTRICE D'UN
VEHICULE.

57 La présente invention concerne un procédé d'identification d'une phase de perte d'adhérence des roues directrices (1) d'un véhicule routier comportant un volant de direction (2) et un dispositif de direction assistée couplé au volant (2) comportant une crémaillère de direction (6) commandant le braquage des roues directrices (1) et des moyens de détermination de la vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant (2), ledit véhicule comportant aussi des moyens de calcul d'un effort latéral $F_{yav}(t)$ appliqué par le sol sur les roues directrices (1) et d'un effort crémaillère $F_{crem}(t)$ appliqué par la crémaillère de direction (6) sur les roues directrices (1), tel qu'on calcule un résidu $r(t)$ fonction du temps, à intervalles réguliers, à partir de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ et de l'effort latéral $F_{yav}(t)$ selon la relation suivante:

$$r(t) = p \cdot F_{yav}(t) - F_{crem}(t) - r_0$$

où p est le paramètre de pente linéaire de la courbe caractéristique (31, 32, 33) de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ en fonction de l'effort latéral $F_{yav}(t)$ dans sa zone linéaire et r_0 une constante prédéfinie.



FR 2 954 256 - A1



PROCEDE D'IDENTIFICATION D'UNE PHASE DE PERTE D'ADHERENCE DES ROUES DIRECTRICE D'UN VEHICULE

La présente invention se rapporte à un procédé d'identification d'une
5 phase de perte d'adhérence des roues directrices d'un véhicule routier.

Elle concerne principalement un véhicule comportant deux roues directrices, un volant de direction, un dispositif de direction assistée comportant des moyens de détermination de la vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant (2), et des moyens de calcul de l'effort latéral appliqué par le sol sur les
10 roues directrices du train $F_{yav}(t)$ et de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$.

De récentes études portant sur les causes d'accidents de la route montrent que souvent un accident se produit avec un seul véhicule où l'événement initiateur de l'accident est une erreur de trajectoire due à la faute du conducteur. Les systèmes de sécurité active tentent de corriger ces
15 éventuelles erreurs de conduite propres au conducteur. C'est notamment le cas du système ABS qui évite le blocage des roues dans un freinage appuyé améliorant ainsi la distance de freinage et la maîtrise de la trajectoire du véhicule. Cela est également le cas du système ESP qui corrige la trajectoire par action de freinage différentielle en comparant les actions du conducteur,
20 sur le volant et la pédale, au comportement du véhicule, au niveau de la vitesse de lacet et de l'accélération latérale.

Dans le cas d'un système ESP, on déduit une trajectoire désirée par le conducteur en se basant sur une mesure de la position du volant. Or il arrive dans bien des cas de panique, en situation accidentogène, que le conducteur
25 exécute des actions au volant disproportionnées vis-à-vis du potentiel physique de son véhicule. Ainsi, il se peut que la trajectoire interprétée par ces actions au volant ne soit définitivement plus une référence adéquate à poursuivre.

Le document EP1908665 propose cependant une réponse partielle à
30 ce problème en détectant une condition de sur-braquage et en freinant la rotation du volant de direction dans le cas où le conducteur, par une action de

rotation rapide du volant, accentue encore cette situation de sur-braquage, dégradant encore d'avantage l'adhérence du train directionnel.

Mais un tel dispositif de freinage de la rotation de la colonne de direction implique de laisser le conducteur détériorer en partie la situation. De plus, un tel système ne permet pas de prévenir le conducteur de la perte d'adhérence pour de faibles vitesses de rotation du volant.

Le but de l'invention est d'identifier, de façon robuste, une phase de perte d'adhérence du véhicule, cette phase de perte d'adhérence devant être indépendante de la vitesse de rotation du volant et suffisamment stable pour éviter une succession de phases d'activations et de désactivations, risquant d'être incomprise par le conducteur.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'identification d'une phase de perte d'adhérence des roues directrices d'un véhicule routier comportant un volant de direction et un dispositif de direction assistée couplé au volant. Le dispositif de direction assistée comporte une crémaillère de direction commandant le braquage des roues directrices et des moyens de détermination de la vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant. Le véhicule comporte aussi des moyens de calcul d'un effort latéral $F_{yav}(t)$ appliqué par le sol sur les roues directrices et d'un effort crémaillère $F_{crem}(t)$ appliqué par la crémaillère de direction sur les roues directrices, de telle sorte qu'on calcule un résidu $r(t)$ fonction du temps, à intervalles réguliers, à partir de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ et de l'effort latéral $F_{yav}(t)$ selon la relation suivante :

$$r(t) = p.F_{yav}(t) - F_{crem}(t) - r_0$$

où p est le paramètre de pente linéaire de la courbe caractéristique de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ en fonction de l'effort latéral $F_{yav}(t)$ dans sa zone linéaire et r_0 une constante prédéfinie.

L'identification du début de la phase de perte d'adhérence est donnée par la valeur du résidu, lorsque celle-ci est supérieure à zéro sur une durée Δt , la dernière valeur mesurée de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ étant mémorisée et définissant une constante d'effort crémaillère limite F_{crem}^0 .

L'identification de la fin de la phase de perte d'adhérence est donnée :

- soit lorsque la valeur du résidu $r(t)$ est supérieure à une valeur seuil, suivant la relation :

$$r(t) > - \text{gain}_{\text{résidu_reprise}} \times |F_{\text{crem}}^0|,$$

- soit lorsque le sens de rotation du volant correspond au sens de
5 débraquage des roues directrices du véhicule; la valeur absolue de la vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant étant supérieure à une valeur seuil Ω_0 ,

où le $\text{gain}_{\text{résidu_reprise}}$ est une première constante paramétrable prédéfinie inférieure à zéro et Ω_0 est une seconde constante prédéfinie supérieure à zéro.

10 Pour permettre un tel procédé d'identification d'une phase de perte d'adhérence des roues directrices d'un véhicule routier, il faut préférentiellement que le dispositif de direction assistée comporte un capteur de couple volant $C_{\text{volant}}(t)$ mesurant le couple appliqué par le conducteur sur la crémaillère de direction, un estimateur de couple d'assistance $C_{\text{assistance}}(t)$
15 donnant le couple appliqué par l'assistance de direction sur la crémaillère de direction et un estimateur de la vitesse de braquage des roues directrices, estimant l'effort crémaillère $F_{\text{crem}}(t)$ en fonction de la valeur du couple volant $C_{\text{volant}}(t)$, du couple assistance $C_{\text{assistance}}(t)$ et de la vitesse de braquage des roues directrices.

20 Suivant un mode de réalisation, le dispositif de direction assistée comporte une machine électrique d'assistance permettant à partir de moyens de mesure du courant induit par le moteur électrique et de la vitesse de rotation moteur électrique de déterminer le couple volant $C_{\text{volant}}(t)$, le couple d'assistance $C_{\text{assistance}}(t)$ et la vitesse de braquage des roues directrices.

25 Un tel dispositif comporte en outre des moyens de mesure d'une accélération transversale et d'une vitesse de lacet, l'effort latéral $F_{y_{av}}(t)$ étant estimé en fonction de ces deux mesures.

L'objet de l'invention concerne aussi un dispositif d'alerte du conducteur suite à l'identification d'une perte d'adhérence des roues
30 directrices par le procédé précédent, comportant un moteur électrique et des moyens pour le piloter en couple afin de limiter le braquage du volant dans le

sens de la perte d'adhérence. Ainsi, pour une vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant supérieur à une valeur seuil prédéterminée, l'assistance de direction est progressivement diminuée. Pour une vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant inférieur à la valeur seuil prédéterminée, l'assistance de direction vient
5 s'opposer, jusqu'à une certaine valeur de couple prédéterminé, à l'action du conducteur, formant une butée virtuelle franchissable.

L'objet de l'invention concerne enfin un dispositif d'alerte du conducteur suite à l'identification d'une perte d'adhérence des roues directrices par le procédé comportant au moins une des caractéristiques précédentes,
10 comportant des moyens d'affichage d'un signal lumineux dans le champ visuel du conducteur ou un signal sensitif envoyé dans la pédale d'accélérateur ou dans le volant de direction du véhicule.

D'autres avantages et caractéristiques techniques de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui suit en
15 référence aux figures des dessins annexés parmi lesquelles :

- la figure 1 qui représente, par un schéma simplifié, les éléments constitutifs d'une direction assistée reliant un volant aux roues directrices d'un véhicule ;
- la figure 2 qui représente des courbes représentatives du couple d'auto-alignement et de l'effort latéral s'exerçant sur les
20 pneumatiques des roues directrices ;
- la figure 3 qui représente des courbes caractéristiques donnant l'effort exercé sur la crémaillère de la direction assistée en fonction de l'effort latéral ; et
- la figure 4 qui représente des les différentes zones de perte et de
25 reprises d'adhérence en fonction l'effort exercé sur la crémaillère de la direction assistée et de l'effort latéral.

Les mêmes éléments apparaissant sur différentes figures auront, sauf précision contraire, conservé les mêmes références.

30 La figure 1 illustre, par un schéma, une direction assistée électrique

équipant un véhicule automobile. Ce véhicule automobile comprend des roues avant 1, plus généralement des roues directrices, munies de pneumatiques et un système de direction assistée électriquement reliant un volant 2 à ces roues 1. Le volant 2 transmet à un pignon 3 son mouvement de rotation par l'intermédiaire d'une colonne 4. Le pignon 3 est par ailleurs activé en rotation par un moteur électrique 5 pour la direction assistée. Le pignon 3 coopère avec une crémaillère 6 pour lui transmettre un mouvement linéaire selon un axe 9. Une biellette 7, 8 relie chaque roue 1 à une extrémité de la crémaillère pour permettre la transformation de son mouvement linéaire en un mouvement de rotation appliqué aux roues autour d'un axe de pivot vertical z_1, z_2 . Le système de direction comprend un dispositif d'assistance électrique dont seul le moteur 5 est représenté. Ce dispositif d'assistance comporte par exemple un capteur pour mesurer le couple exercé sur le volant, un calculateur recevant notamment le couple mesuré par le capteur de couple. Le calculateur commande, via des interfaces appropriées, le moteur 5 qui applique ainsi un couple d'assistance sur le pignon 3.

La figure 2 illustre, par une première courbe 21, le couple d'auto-alignement d'un pneumatique d'une roue 1. Plus précisément, la courbe 21 présente le couple d'auto-alignement en fonction d'un l'angle β de dérive pneumatique. Cet angle β représente plus précisément l'angle que fait le pneu avec le vecteur vitesse au point de contact du pneu sur le sol. Il traduit le fait que le pneu n'est pas complètement dirigé dans sa direction de déplacement, représentée par le vecteur vitesse précité. Ce phénomène permet de déformer la gomme du pneu et de créer des efforts entre le pneu et le sol, ces efforts déplaçant alors le véhicule. Pratiquement, c'est le braquage des roues, donc le braquage au volant, qui permet de piloter cette dérive.

Ces efforts ne sont pas uniformément répartis. Il se crée alors un couple résultant M_{z1}, M_{z2} autour de l'axe z_1, z_2 de pivot vertical du pneumatique comme l'illustre la figure 1. La plupart du temps, ce couple a tendance à faire revenir de manière élastique le pneu dans une zone de non-déformation, d'angle β de dérive nul. C'est la raison pour laquelle ce couple peut être appelé couple d'auto-alignement. En d'autres termes, il s'agit du

couple autour de l'axe z_1, z_2 généré par le pneu lui-même sous déformation.

Une deuxième courbe 22 illustre l'effort pneumatique latéral en fonction de l'angle β . Cet effort est la somme des efforts exercés sur la bande de roulement suivant l'axe y_1, y_2 du repère du pneu. La figure 1 illustre ce repère pour les deux roues 1 équipées de leur pneu. L'axe y_1, y_2 est parallèle à l'axe de la roue, il passe par son centre. Le repère x_1, y_1, z_1 associé à la première roue forme un repère orthogonal direct. Il en est de même pour le repère x_2, y_2, z_2 associé à la deuxième roue. Cet effort latéral F_{y1}, F_{y2} permet au véhicule de tourner. L'effort F_x suivant l'axe x_1, x_2 permet au véhicule d'accélérer ou de freiner.

Les courbes 21, 22, représentative du couple d'auto-alignement et de l'effort latéral, traversent trois zones 201, 202, 203. Une première zone 201 montre que l'effort latéral F_{y1}, F_{y2} et le couple d'auto-alignement M_{z1}, M_{z2} croissent à peu près linéairement en fonction de l'angle de dérive β . Cela signifie que plus le conducteur braque, plus l'effort F_{y1}, F_{y2} est important et plus le couple M_{z1}, M_{z2} est important. Dans une deuxième zone 202, l'effort F_{y1}, F_{y2} continue à augmenter alors que le couple M_{z1}, M_{z2} décroît. Dans cette zone le véhicule peut encore tourner de manière plus importante car la valeur maximum de F_{y1}, F_{y2} n'est pas encore atteinte. Cependant, le ressenti au volant dans la direction chute avec le couple M_{z1}, M_{z2} . Un conducteur expérimenté peut sentir au volant que le couple chute alors qu'il essaie de braquer et donc il peut arrêter de braquer davantage.

Dans une troisième zone 203, l'effort F_{y1}, F_{y2} et le couple M_{z1}, M_{z2} décroissent ensemble. Le potentiel du véhicule est alors dépassé, un effort latéral F_{y1}, F_{y2} supplémentaire n'est pas atteignable, la zone 203 étant une zone de perte d'adhérence, et tout braquage supplémentaire dégrade l'effort F_{y1}, F_{y2} . Il faut toujours tenter de rester en dehors de cette zone 203. Avantageusement, l'invention permet à un conducteur non expert de rester en dehors de cette zone.

Pour prévenir tout risque de sur-braquage au volant de la part du conducteur, il est nécessaire de vérifier en temps réel si le véhicule est proche de sa limite physique d'adhérence ; c'est-à-dire proche du passage à la

troisième zone 203 précédente. Cette limite peut être estimée à l'aide de capteurs disponibles à bord du véhicule. A l'instar d'un pilote expert, l'invention exploite la chute du couple ressentie au volant lors de la limite d'adhérence du train avant formé des deux roues 1. Plus particulièrement, l'invention exploite les courbes de la figure 2 où l'on voit que lors d'une dérive importante, le couple d'auto-alignement 21 d'un pneumatique chute après être passé par un maximum, et en notant que cette chute se produit pour un angle de dérive β inférieure à celle faisant chuter l'effort latéral 22 responsable de la capacité de se diriger du véhicule. En pratique, un pilote expert peut ressentir au volant la limite d'adhérence des pneumatiques par la chute du couple d'auto-alignement avant que le véhicule ne soit effectivement à la limite de son potentiel physique.

Dans toute direction assistée, électrique ou autre, un bilan des efforts exercés sur la crémaillère de direction 6 peut être donné par la relation suivante :

$$m_{eq} \frac{d^2 y_{crem}(t)}{dt^2} = F_{volant}(t) + F_{assistance}(t) - F_{crem}(t) \quad (1)$$

où :

- $y_{crem}(t)$ représente le déplacement de la crémaillère le long de l'axe 9 ;
- $F_{volant}(t)$ l'effort volant venant du couple au volant, $C_{volant}(t)$, imposé par le conducteur ;
- $F_{assistance}(t)$ l'effort d'assistance venant du couple d'assistance, $C_{assistance}(t)$, délivré par le moteur 5 ;
- F_{crem} les efforts agissant sur la crémaillère, pour majeure partie les efforts F_{y1} , F_{y2} et couples M_{z1} , M_{z2} sur les pneumatiques transmis par le train avant ;
- m_{eq} la masse équivalente de la crémaillère ramenée sur le pignon 3, correspondant à la somme de la masse de la crémaillère et

de l'inertie du moteur 5 ramené au pignon dans le cadre de la direction assistée.

En régime stabilisé, c'est-à-dire en virage à vitesse constante, la relation (1) peut être simplifiée en considérant que :

$$5 \quad F_{\text{volant}}(t) + F_{\text{assistance}}(t) = F_{\text{crem}}(t) \quad (2)$$

Ainsi, en connaissant l'effort volant $F_{\text{volant}}(t)$ et l'effort d'assistance $F_{\text{assistance}}(t)$ délivré par le moteur, on peut estimer l'effort $F_{\text{crem}}(t)$ dû principalement à la somme des couples d'auto-alignement $Mz1$, $Mz2$ des deux pneumatiques équipant les roues avant 1 qui coopèrent avec les
10 biellettes de direction 7, 8.

Néanmoins, l'équation (2) reste une simplification des phénomènes réels et il est avantageux de synthétiser un observateur dynamique prenant en compte les phénomènes dynamiques et non-linéaires intervenant dans le système de direction. Ainsi, pour obtenir l'effort $F_{\text{crem}}(t)$ subit par la crémaillère,
15 il est aussi possible d'utiliser une méthode d'observation à partir de variables connues comme la consigne d'une boucle d'asservissement où la commande de cette boucle est la variable observée. Cette boucle reçoit par exemple en entrée :

- la vitesse de rotation du moteur électrique 5 mesurée par
20 le système de direction assistée électrique ;
- la vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant 2 mesurée par un capteur d'angle du volant, présent par exemple dans un système ESP ;
- le couple volant $C_{\text{volant}}(t)$ mesuré par le dispositif de direction assistée ;
- 25 - le couple du moteur électrique 5 estimé par son dispositif de commande à l'intérieur du système de direction assistée.

La connaissance seule de l'effort $F_{\text{crem}}(t)$ et donc principalement des couples $Mz1$, $Mz2$ ne permet pas à elle seule de quantifier le niveau d'adhérence disponible et donc la limite physique du véhicule. Il est ainsi
30 nécessaire de connaître également les efforts latéraux $Fy1$, $Fy2$ du véhicule.

L'effort latéral avant $F_{yav}(t)$ qui est la somme des efforts latéraux F_{y1} , F_{y2} peut être obtenu par une méthode d'observation. Cette méthode utilise par exemple en entrée :

- l'accélération latérale du véhicule mesurée par un capteur, présent par exemple dans un système ESP ;
- la vitesse de lacet du véhicule mesurée par un capteur, présent par exemple dans un système ESP.

Les grandeurs $F_{crem}(t)$ et $F_{yav}(t)$ peuvent être obtenues par d'autres méthodes ou mesures. Elles sont toujours déterminées en fonction du temps t , par exemple à partir de mesures ou d'observations échantillonnées. Grâce à ces deux grandeurs, il est alors possible de prédire la limite physique du potentiel du train avant.

La figure 3 illustre l'évolution de l'effort sur la crémaillère $F_{crem}(t)$ en fonction de l'effort latéral $F_{yav}(t) = F_{y1} + F_{y2}$ pour plusieurs conditions d'adhérence. Les grandeurs sont données en newtons. L'évolution de l'effort est illustrée par plusieurs courbes 31, 32, 33 (respectivement basse, moyenne et haute adhérence) représentative de la fonction $F_{crem}(t) = f(F_{yav}(t))$, la fonction f étant par ailleurs paramétrée par les conditions d'adhérence. Comme le montre cette figure, l'effort crémaillère F_{crem} croît linéairement en fonction de l'effort latéral au voisinage de l'origine avec une pente sensiblement identique quelque soit les conditions d'adhérence, puis décroît lorsque la limite physique est atteinte. Cette limite dépend des conditions d'adhérence. Les grandeurs $F_{crem}(t)$ et $F_{yav}(t)$ décrivent donc bien le comportement du pneumatique décrit par la figure 2.

Une variable de résidu $r(t)$ fonction du temps peut être définie. Cette variable traduit la déviation entre la partie linéaire des courbes 31, 32, 33, correspondant à la zone stable, et la partie non linéaire, correspondant à la zone non stable. Les grandeurs $F_{crem}(t)$ et $F_{yav}(t)$ étant par ailleurs fonction du temps, $r(t)$ est définie par la relation suivante :

$$r(t) = p.F_{yav}(t) - F_{crem}(t) - r_0 \quad (3)$$

où :

- p est le paramètre de pente linéaire identique pour les courbes 31, 32, 33 dans sa zone linéaire, c'est-à-dire que dans cette zone linéaire F_{crem} est sensiblement égal à $p.Fy_{av}(t)$;
- 5 - r_0 est une constante dépendante du véhicule visé donnant l'ordonnée à l'origine, pour $Fy_{av}(t) = 0$. r_0 peut être recalculé lorsque les conditions de roulage du véhicule sont appropriées permettant de prendre en compte le bruit des capteurs et d'éventuelles dérive des mesures de ces capteurs ; et
- 10 - p est aussi choisi conformément au véhicule visé.

Ce résidu $r(t)$ est alors une information pertinente sur la proximité de la limite d'adhérence du train avant. Cette information est active quand le résidu $r(t)$ est supérieur à zéro. Ce seuil définit la limite physique du train avant. En effet, il est atteint lorsqu'une courbe 31, 32, 33 entre dans sa zone non stable.

15 Avantageusement, il est indépendant des conditions d'adhérence entre les roues et le sol, la zone linéaire étant identique pour l'ensemble des conditions d'adhérence.

Cette information revient à donner les relations suivantes :

$$20 \quad \begin{cases} F_{crem}(t) < F_{crem}^0(t) \text{ si } Fy_{av}(t) > 0 \\ F_{crem}(t) > F_{crem}^0(t) \text{ si } Fy_{av}(t) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

où :

- $F_{crem}^0(t)$ représente les efforts agissant sur la crémaillère, pour majeure partie les efforts $Fy1$, $Fy2$ et couples $Mz1$, $Mz2$ sur les pneumatiques transmis par le train avant pour $r(t) = 0$.
- 25 Le signe de $Fy_{av}(t)$ provient du sens de braquage des roues avant du véhicule et donc les formules présentées pour un sens de braquage donné, par exemple pour $Fy_{av}(t) > 0$ restent valables et identiques pour $Fy_{av}(t) < 0$.

Donc pour la suite $Fy_{av}(t)$ est toujours pris supérieur à 0.

Le début de la phase de perte d'adhérence est donc identifié par un critère reposant sur la valeur du résidu $r(t)$ qui doit être supérieure à zéro.

Cette condition devant être au moins maintenu pendant un temps Δt prédéterminé, évitant qu'une chute ponctuelle de l'adhérence avec une
5 reprise rapide d'un niveau d'adhérence n'alerte inutilement le conducteur

Une fois le début de la phase de perte d'adhérence identifié, la dernière valeur mesurée de $F_{\text{crem}}(t)$ est mémorisée à cet instant, définissant respectivement la constante F_{crem}^0 , gardée en mémoire tant que ladite phase est observée. Durant cette phase les mesures visant à limiter la perte
10 d'adhérence sont alors mises en action, comme présentées ultérieurement.

Deux critères d'inhibition de cette phase sont alors utilisés :

- un premier critère basé sur le calcul du résidu $r(t)$ permettant de détecter une reprise d'adhérence ; ou
- un second critère basé sur la correction, par le
15 conducteur, du sur-braquage.

Le premier critère d'inhibition compare la valeur du résidu $r(t)$ par rapport à une constante prédéterminée inférieure à zéro. Ce critère est décalé par rapport au critère de détection d'une phase de perte d'adhérence, évitant une activation et une désactivation erratique des mesures de limitation de la
20 perte d'adhérence.

Le premier critère d'inhibition est donc donné suivant la relation suivante :

$$r(t) < \text{gain}_{\text{résidu_reprise}} \times | F_{\text{crem}}^0 | \quad (5)$$

avec le $\text{gain}_{\text{résidu_reprise}} < 0$

25 où le $\text{gain}_{\text{résidu_reprise}}$ est une valeur paramétrable prédéterminée permettant de créer le décalage entre la condition d'activation et la condition d'inhibition des mesures visant à limiter la perte d'adhérence. Par exemple, un $\text{gain}_{\text{résidu_reprise}}$ aillant comme valeur -0,2 correspond à un décalage de 20% de la condition d'inhibition.

30 Ce qui revient à donner la relation suivante :

$$|F_{\text{crem}}(t)| > (1 - \text{gain}_{\text{résidu_reprise}}) \times |F_{\text{crem}}^0| > |F_{\text{crem}}^0| \quad (6)$$

La figure 4 illustre l'évolution des valeurs du résidu $r(t)$ en fonction de l'effort sur la crémaillère $F_{\text{crem}}(t)$ et en fonction de l'effort latéral $F_{y_{\text{av}}}(t)$. Les grandeurs sont données en newtons. Cette figure délimite trois zones ; une zone de perte d'adhérence P, une zone de reprise d'adhérence R et une zone intermédiaire I positionnée entre ces deux zones et dépendante du critère de $\text{gain}_{\text{résidu_reprise}}$.

la zone de perte d'adhérence P est délimitée par la relation suivante :

$$F_{\text{crem}}(t) < p \times F_{y_{\text{av}}}(t) - r_0 \quad (7)$$

10 Avec la courbe 42 correspondant à la condition limite :

$$F_{\text{crem}}(t) = p \times F_{y_{\text{av}}}(t) - r_0 \quad (8)$$

la zone de reprise d'adhérence R est délimitée par la relation suivante :

$$F_{\text{crem}}(t) > (1 - \text{gain}_{\text{résidu_reprise}}) \times (p \times F_{y_{\text{av}}}(t) - r_0) \quad (9)$$

Pour un $\text{gain}_{\text{résidu_reprise}} < 0$

15 Avec la courbe 41 correspondant à la condition limite :

$$F_{\text{crem}}(t) = (1 - \text{gain}_{\text{résidu_reprise}}) \times (p \times F_{y_{\text{av}}}(t) - r_0) \quad (10)$$

La zone intermédiaire I correspondant à la zone délimitée par les deux courbes 41 et 42 suivant les deux relations :

$$20 \quad \begin{cases} F_{\text{crem}}(t) > p \times F_{y_{\text{av}}}(t) - r_0 \\ F_{\text{crem}}(t) < (1 - \text{gain}_{\text{résidu_reprise}}) \times (p \times F_{y_{\text{av}}}(t) - r_0) \end{cases} \quad (11)$$

Pour un $\text{gain}_{\text{résidu_reprise}} < 0$

Le second critère d'inhibition est basé sur une correction suffisante, par le conducteur, du sur-braquage.

25 La détermination de la correction suffisante de sur-braquage est basée sur le calcul de $\Omega(t)$ correspondant à la dérivée en fonction du temps de la valeur absolue de angle de braquage $w(t)$ du volant 2, avec $\Omega(t) < 0$ correspondant à une diminution de l'angle de braquage $w(t)$ du volant (2), soit au débraquage du volant (2).

Mais cette indication seule ne permet pas de conclure de façon satisfaisante à une correction suffisante du sur-braquage. Il faut aussi vérifier que la valeur absolue de $\Omega(t)$ est supérieur à une constante prédéterminée Ω_0 correspondant à une vitesse seuil minimum de débraquage.

5 Le second critère d'inhibition est donc donné selon la relation :

$$\begin{cases} \Omega(t) = \frac{d|w(t)|}{dt} \\ -\Omega(t) > \Omega_0 \end{cases} \quad (12)$$

Avec Ω_0 une constante prédéterminée supérieure à 0.

Une autre façon de détermination de la correction suffisante de sur-braquage est basée sur le calcul de $\Omega'(t)$ correspondant à la dérivée en
 10 fonction du temps de l'angle de braquage $w(t)$ du volant 2, avec $w(t) > 0$ pour un premier sens de rotation du volant 2 et $w(t) < 0$ pour le second sens de rotation du volant. Lors de l'identification du début de la phase de perte d'adhérence, le signe de $\Omega'(t)$ aillant été préalablement mémorisé, La correction du sur-braquage correspond au changement de signe de $\Omega'(t)$ avec
 15 comme condition de suffisance $|\Omega'(t)| > \Omega_0$.

Suite à la détection d'une phase de perte d'adhérence, des mesures sont mises en œuvre permettant de prévenir le conducteur et/ou de guider les actions du conducteurs de manière à éviter une dégradation de la situation.

Plusieurs stratégies peuvent alors être envisagées :

20 - le conducteur peut être prévenu par un signal d'alerte, par exemple sonore ou lumineux, lui l'incitant à modifier son comportement ; et/ou

- le conducteur peut être prévenu par une action sur un organe de commande du véhicule, comme par exemple :

25 ○ par une action sur la direction pour l'inciter à ne pas sur-braquer de façon intempestive son volant, cette action est appliquée par exemple par le moteur électrique 5; et/ou

- par une action sur la pédale d'accélérateur pour inviter le conducteur à diminuer sa vitesse.

A titre d'exemple, les stratégies agissant sur la direction sont détaillées par la suite.

- 5 En pratique l'action sur la direction permet d'inciter le conducteur à ne pas sur-braquer en lui faisant ressentir un léger effort permettant de caler le volant 2 au maximum d'adhérence en virage. Pour ne pas brider le comportement du conducteur, cet effort supplémentaire est saturé à une valeur lui permettant de facilement continuer à braquer malgré tout, lui
- 10 permettant de rester toujours maître de son véhicule. Un tel effort supplémentaire crée généralement un couple offrant une résistance à la rotation du volant 2 qui reste inférieur à 2 Nm.

- Dans l'exemple pris, le système de direction assistée est du type à assistance électrique, permettant au calculateur de modifier le couple
- 15 d'assistance du moteur électrique. La stratégie est alors de freiner le volant par pilotage de ce moteur électrique 5 d'assistance de manière à diminuer l'amplitude des mouvements du conducteur.

- Le couple d'assistance du moteur électrique 5 répond à une loi monotone fonction de l'angle de braquage du volant pour générer un couple
- 20 freineur dépendant de l'effort du conducteur au volant suivant la formule :

$$C_{assistance}(t) = f(C_{volant}(t)) \quad (13)$$

Dans l'exemple la loi quadratique suivante a été prise :

$$C_{assistance}(t) = C_{volant}(t) \cdot (gain + gain_q C_{volant}(t)) \quad (14)$$

- avec les paramètres gain et gain_q (gain quadratique) négatifs pour
- 25 générer un couple d'assistance C_{assistance}(t) résistif.

Avec comme exemple de calibration :

$$\begin{cases} gain = -40\% \\ gain_q = -1\% \end{cases} \quad (15)$$

La majorité du couple généré est réalisée via le paramètre de gain, mais la valeur de $gain_q$ permet d'avoir une dépendance quadratique intéressante pour mieux prendre en compte le couple au volant dépendant de l'adhérence entre les pneumatiques et la route. Ceci permet donc d'adapter le couple freineur en fonction de l'adhérence entre le pneumatique et la route.

Deux filtres sur le couple de consigne sont aussi introduits : l'un actif à l'activation de la fonction et l'autre à la désactivation. Ceci permet de filtrer l'action au volant lors d'actions répétées de la fonction. Respectivement les filtres du premier ordre ont des constantes de temps de 20ms en entrée et de 100ms en sortie de fonction.

La demande finale est toujours saturée en valeur maximale suivant la stratégie, puis convertie en courant de consigne additionnel (au couple d'assistance) pour le moteur de direction assistée électrique.

Un second mécanisme, non détaillé ici, permet de saturer le couple freineur pour diminuer au maximum l'ensemble du couple d'assistance et donc ne pas proposer de contre-braquage opposé au couple d'assistance.

Fonctionnellement, le couple total de consigne du moteur électrique de la direction assistée électrique est alors :

$$C_{mot}(t) = C_{assistance}(t) + C_{fonction}(t) \quad (16)$$

Le couple freineur de la fonction diminuant effectivement l'assistance de direction.

Il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations qui ont été décrits, mais est susceptible de recevoir de nombreuses modifications qui apparaîtront à l'homme du métier.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'identification d'une phase de perte d'adhérence des roues directrices (1) d'un véhicule routier comportant un volant de direction (2) et un dispositif de direction assistée couplé au volant (2) et comportant une crémaillère de direction (6) commandant le braquage des roues directrices (1) et des moyens de détermination de la vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant (2), ledit véhicule comportant aussi des moyens de calcul d'un effort latéral $F_{yav}(t)$ appliqué par le sol sur les roues directrices (1) et d'un effort crémaillère $F_{crem}(t)$ appliqué par la crémaillère de direction (6) sur les roues directrices (1), caractérisé en ce qu'on calcule un résidu $r(t)$ fonction du temps, à intervalles réguliers, à partir de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ et de l'effort latéral $F_{yav}(t)$ selon la relation suivante :

$$r(t) = p.F_{yav}(t) - F_{crem}(t) - r_0$$

où p est le paramètre de pente linéaire de la courbe caractéristique (31, 32, 33) de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ en fonction de l'effort latéral $F_{yav}(t)$ dans sa zone linéaire et r_0 une constante prédéfinie.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on identifie le début de la phase de perte d'adhérence lorsque la valeur du résidu $r(t)$ est supérieure à zéro sur une durée Δt , la dernière valeur mesurée de l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ étant mémorisée et définissant une constante d'effort crémaillère limite F_{crem}^0 .

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on identifie la fin de la phase de perte d'adhérence :

- soit lorsque la valeur du résidu $r(t)$ est supérieure à une valeur seuil, suivant la relation :

$$r(t) > - \text{gain}_{\text{résidu_reprise}} \times |F_{crem}^0|,$$

- soit lorsque le sens de rotation du volant (2) correspond au sens de débraquage des roues directrices du véhicule (1) ; la valeur absolue de

la vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant (2) étant supérieure à une valeur seuil Ω_0 ,

où le gain $_{résidu_reprise}$ est une première constante paramétrable prédéfinie inférieure à zéro et Ω_0 est une seconde constante prédéfinie supérieure à zéro.

4. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le dispositif de direction assistée comporte un capteur de couple volant $C_{volant}(t)$ mesurant le couple appliqué par le conducteur sur la crémaillère de direction (6), un estimateur de couple d'assistance $C_{assistance}(t)$ donnant le couple appliqué par l'assistance de direction sur la crémaillère de direction (6) et un estimateur de la vitesse de braquage des roues directrices (1), estimant l'effort crémaillère $F_{crem}(t)$ en fonction de la valeur du couple volant $C_{volant}(t)$, du couple assistance $C_{assistance}(t)$ et de la vitesse de braquage des roues directrices (1).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif de direction assistée comporte une machine électrique d'assistance (5) permettant, à partir de moyens de mesure du courant induit par le moteur électrique (5) et de la vitesse de rotation du moteur électrique (5), de déterminer le couple volant $C_{volant}(t)$, le couple d'assistance $C_{assistance}(t)$ et la vitesse de braquage des roues directrices (1).

6. Dispositif selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de mesure d'une accélération transversale et d'une vitesse de lacet, l'effort latéral $F_{yav}(t)$ étant estimé en fonction de ces deux mesures.

7. Dispositif d'alerte du conducteur suite à l'identification d'une perte d'adhérence des roues directrices (2) par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le dispositif de direction assistée comporte un moteur électrique (5) et des moyens pour le piloter en couple afin de limiter le braquage du volant dans le sens de la perte d'adhérence.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que pour une vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant (2) supérieure à une valeur seuil prédéterminée, l'assistance de direction est progressivement diminuée, ou pour une vitesse de rotation $\Omega(t)$ du volant (2) inférieure à une valeur seuil prédéterminée, l'assistance de direction vient s'opposer, jusqu'à une certaine valeur de couple prédéterminé, à l'action du conducteur, formant une butée virtuelle franchissable.

9. Dispositif d'alerte du conducteur suite à l'identification d'une perte d'adhérence des roues directrices (2) par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant des moyens d'affichage délivrant un signal lumineux dans le champ visuel du conducteur ou un signal sensitif envoyé dans la pédale d'accélérateur ou dans le volant de direction (2) du véhicule.

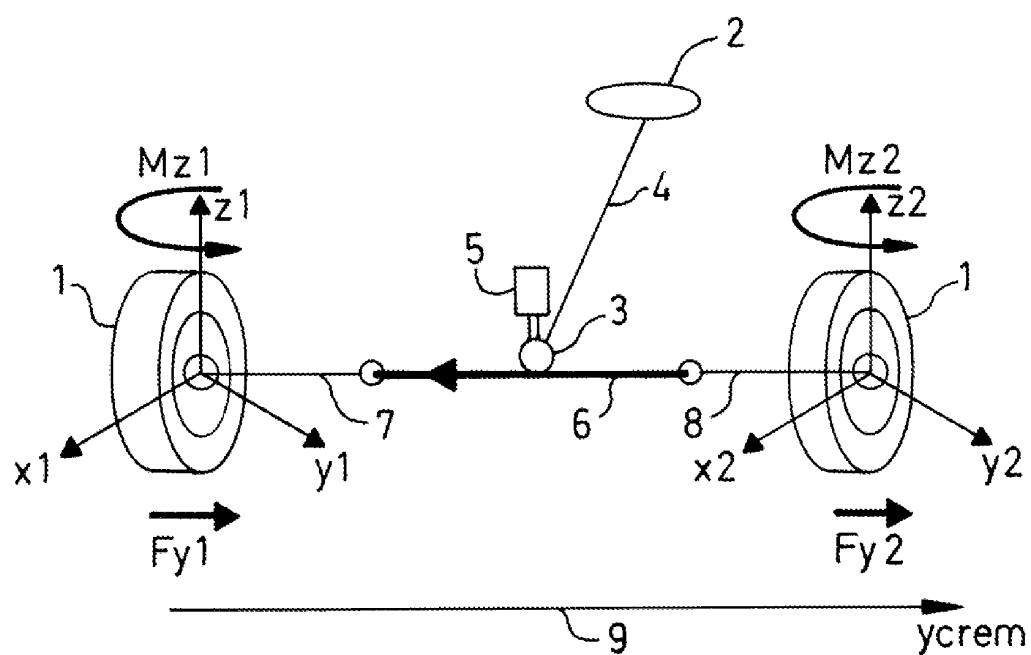


FIG.1

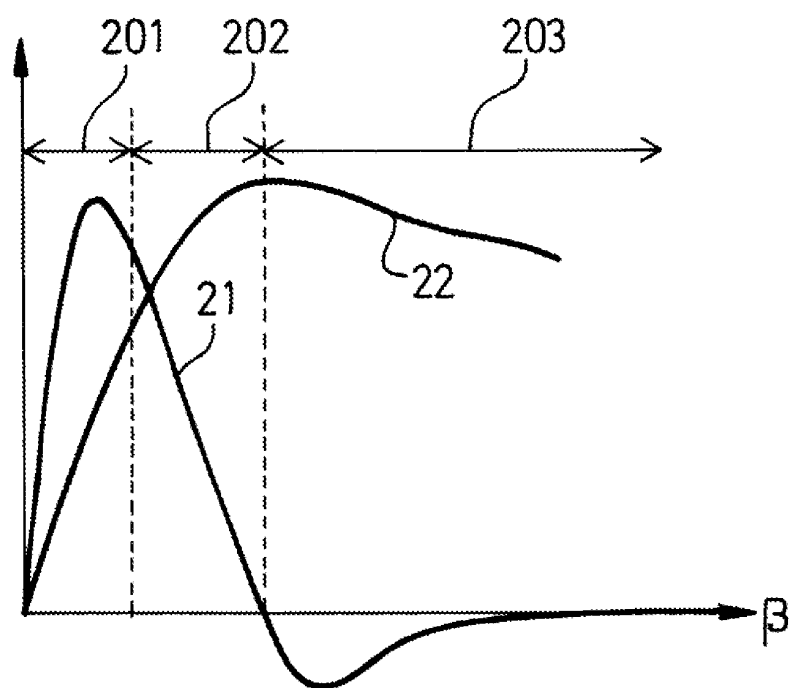
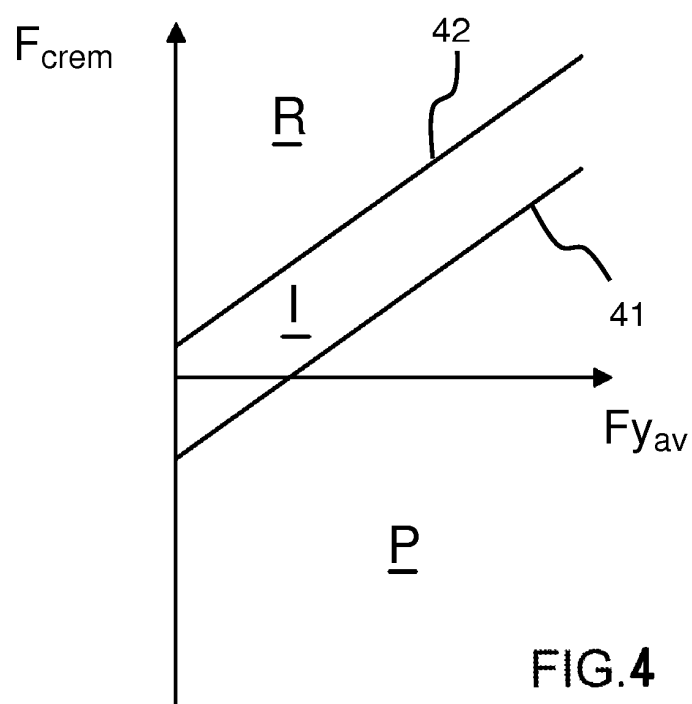
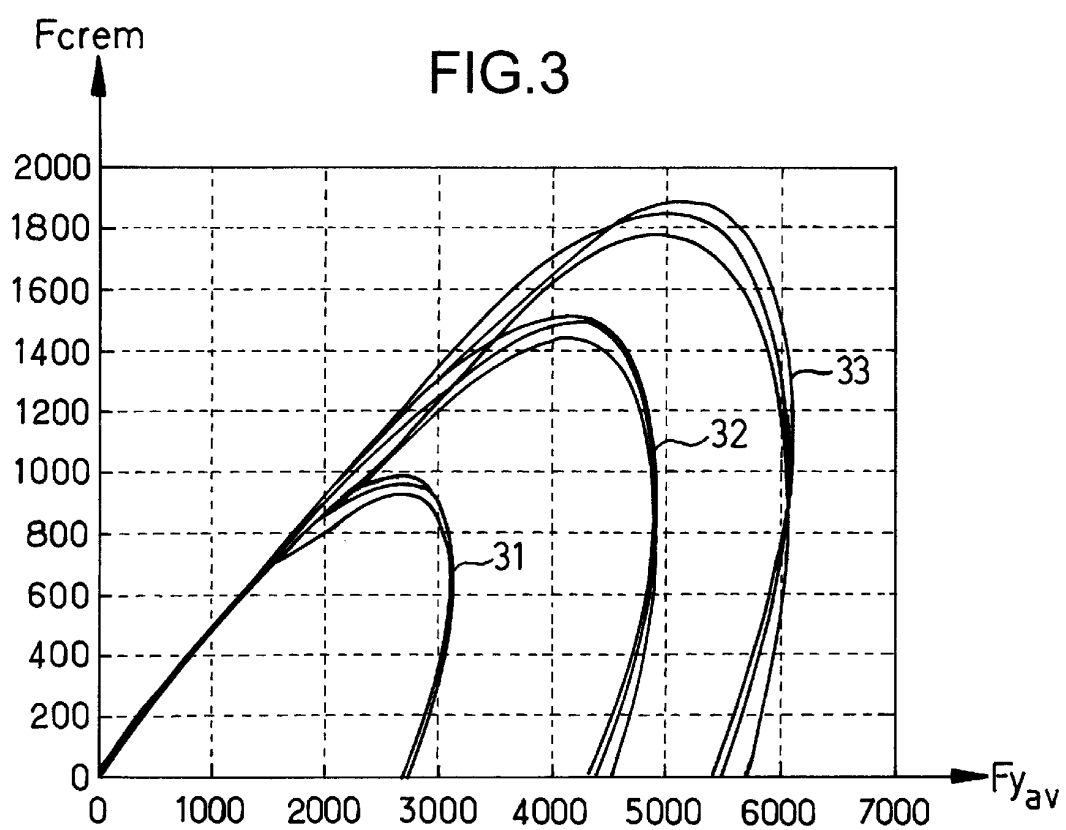


FIG.2





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 730164
FR 0959529

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		
X,D	EP 1 908 665 A2 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 9 avril 2008 (2008-04-09)	1-3,7-9	B60W40/00 B60W40/06 B60W40/08 B60W40/10 B62D5/04 B62D6/00 B62D15/02 G01M17/02 G01M17/06 B62D111/00 B62D117/00 B62D119/00 B62D121/00
A	* le document en entier *	4-6	
A	DE 10 2006 036751 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]) 7 février 2008 (2008-02-07) * alinéas [0005] - [0011] * * alinéas [0017] - [0031] * * figures *	1,2,4-8	
A	DE 10 2008 022552 A1 (PORSCHE AG [DE]) 5 novembre 2009 (2009-11-05) * alinéas [0014] - [0025] * * figures *	1,4,5,7, 9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B62D B60W
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 août 2010		Ionescu, Bogdan	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0959529 FA 730164**

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 **04-08-2010**

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 1908665 A2	09-04-2008	AUCUN	
DE 102006036751 A1	07-02-2008	FR 2904593 A1	08-02-2008
DE 102008022552 A1	05-11-2009	FR 2930752 A1	06-11-2009
		JP 2009269601 A	19-11-2009
		US 2009276123 A1	05-11-2009



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 730164
FR 0959529

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		
X,D	EP 1 908 665 A2 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 9 avril 2008 (2008-04-09)	1-3,7-9	B60W40/00 B60W40/06 B60W40/08 B60W40/10 B62D5/04 B62D6/00 B62D15/02 G01M17/02 G01M17/06 B62D111/00 B62D117/00 B62D119/00 B62D121/00
A	* le document en entier *	4-6	
A	DE 10 2006 036751 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]) 7 février 2008 (2008-02-07) * alinéas [0005] - [0011] * * alinéas [0017] - [0031] * * figures *	1,2,4-8	
A	DE 10 2008 022552 A1 (PORSCHE AG [DE]) 5 novembre 2009 (2009-11-05) * alinéas [0014] - [0025] * * figures *	1,4,5,7, 9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B62D B60W
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 août 2010		Ionescu, Bogdan	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0959529 FA 730164**

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 **04-08-2010**

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 1908665 A2	09-04-2008	AUCUN	
DE 102006036751 A1	07-02-2008	FR 2904593 A1	08-02-2008
DE 102008022552 A1	05-11-2009	FR 2930752 A1	06-11-2009
		JP 2009269601 A	19-11-2009
		US 2009276123 A1	05-11-2009