



HAL
open science

Détection de dysfonctionnement d'un système amortisseur de véhicule automobile

José Ragot, Didier Maquin, Olivier Adrot, Armand Boatas, Didier Jampi

► **To cite this version:**

José Ragot, Didier Maquin, Olivier Adrot, Armand Boatas, Didier Jampi. Détection de dysfonctionnement d'un système amortisseur de véhicule automobile. 5ème Congrès International Pluridisciplinaire Qualité et Sûreté de Fonctionnement, Qualita 2003, Mar 2003, Nancy, France. pp.CDROM. hal-00991199

HAL Id: hal-00991199

<https://hal.science/hal-00991199>

Submitted on 16 May 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DETECTION DE DYSFONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME AMORTISSEUR DE VEHICULE AUTOMOBILE

RAGOT José¹, MAQUIN Didier¹, ADROT Olivier¹, BOATAS Armand², JAMPI Didier²

¹ *Centre de Recherche en Automatique de Nancy – CNRS UMR 7039*
2, Avenue de la Forêt de Haye. 54 516 Vandoeuvre les Nancy
{jragot,dmaquin,oadrot}@cran.inpl-nancy.fr

² *PSA Peugeot-Citroën. Vélizy-Villacoublay*
Route de Gisy. 78 943 Vélizy-Villacoublay Cedex
{armand.boatas, didier.jampi}@mpsa.com

Résumé : Le système d'amortissement d'un véhicule est un organe sensible au vieillissement, à l'usure et à des défauts accidentels ; les conséquences de ces perturbations sur la tenue de route peuvent être critiques et l'on conçoit alors l'intérêt de développer des méthodes de diagnostic capables de renseigner sur l'état de fonctionnement de ce dispositif en fournissant des indicateurs d'alerte de dysfonctionnement. Cette communication apporte quelques éléments méthodologiques et présente quelques résultats obtenus à partir d'un modèle simulé reflétant, dans un certain domaine de fonctionnement, le comportement d'un système réel.

Abstract: Car shock absorber systems are sensitive to ageing, wear and accidental faults occurrence: these perturbations may have critical consequences on the vehicle dynamics. Therefore, one can understand the interest of developing diagnosis methods which are able to give an insight into the operating mode and to provide fault alerts. This paper gives a few methods and a few results based on model simulation, which represent the real system in a certain validity domain.

Mots clés : Détection de dysfonctionnement, diagnostic, redondance, amortisseur

Keywords: Failure detection, diagnosis, redundancy, shock absorber.

1 – Introduction

Depuis une vingtaine d'années, l'accroissement de la demande en matière de sûreté de fonctionnement des véhicules est à l'origine du développement de nombreux travaux. Tous les composants d'un véhicule font l'objet d'études tant en ce qui concerne la conception de systèmes sûrs de fonctionnement que l'exploitation de ces systèmes. C'est ce deuxième point de vue qui est développé ici et l'on s'intéresse en particulier à concevoir une méthode de détection précoce des défaillances du système amortisseur. Il est utile de rappeler que toute méthode de diagnostic de fonctionnement repose sur l'existence et l'utilisation de tests de cohérence entre des mesures et des connaissances a priori sur le bon fonctionnement et / ou le mauvais fonctionnement du système en question.

Le système amortisseur n'échappe pas à cette règle et l'on verra que l'utilisation conjointe de capteurs physiquement admissibles et de modèles cinétiques conduit à appliquer ce principe. Bien évidemment, l'existence de variables exogènes perturbatrices mal connues ou mal modélisées, voire non prises en compte, peut mettre en difficulté l'application de ce principe.

Il y a de nombreuses études sur la commande d'amortisseurs (Roh, 1998), (Hac, 1999) certaines prenant en compte les incertitudes de modélisation (Oya, 1998). La littérature est par contre peu prolixe en ce qui concerne le diagnostic proprement dit bien que les deux problèmes présentent des liens évidents. Le diagnostic repose sur l'estimation de l'état de fonctionnement et, pour des raisons mécaniques bien compréhensibles, les couplages, les phénomènes d'amortissement, de glissement (Muller, 2001), (Gustafsson, 1998), de pression et

de raideur devraient être pris en compte. Ici, essentiellement dans le souci de réduire l'instrumentation utilisable, les modèles de couplage ne sont pas pris en compte.

L'amortisseur étant relié d'une façon mécanique à une roue, les travaux relatifs au pneumatique et en particulier à son état de gonflage présentent un intérêt pour notre étude. Plusieurs références sont à signaler, la plupart faisant appel à la reconstruction du signal de pression (capteur virtuel ou capteur logiciel) plutôt qu'à sa mesure directe.

On peut classer les méthodes d'estimation en deux catégories (Gustafsson, 2001), (Persson, 2002). La première regroupe les méthodes d'analyse des vibrations du pneumatique sur une route, les caractéristiques de ces vibrations étant liées au profil route mais aussi à l'état du pneumatique (pression d'air, usure, raideur). Le second groupe rassemble les techniques basées sur l'influence de la pression sur le rayon de roulement et par conséquent sur la vitesse de rotation instantanée, les vitesses de rotation des différentes roues pouvant alors être comparées. On peut également mentionner les travaux relatifs à la conception de capteurs spécifiques (Cullen 2002). Dans (Umeno, 2000), il a été montré comment un observateur estimant la raideur du pneumatique peut être conçu à partir de mesures simples. La référence (Weispfenning, 1997) montre comment détecter des défauts portant sur l'amortisseur par mesure du débattement et de l'accélération verticale de la caisse, ainsi que des défauts de gonflage en ayant une mesure complémentaire sur le profil route. Dans la suite, notre présentation s'appuiera sur cette procédure, mais sans faire usage de la mesure du profil route qui reste une mesure difficile à obtenir.

Par rapport aux travaux précités, la méthode que nous proposons s'inscrit dans un contexte uniquement temporel. A partir d'un modèle quart de véhicule (Kiencke, 1997), (Mouyon, 1999), l'indicateur de défaillance généré utilise un nombre restreint d'informations : capteur de débattement, capteur d'accélération caisse ou roue, estimation de la force verticale (si elle existe) à partir des accélérations du véhicule. Dans la section 2, on rappelle les expressions du modèle quart de véhicule et on précise les notations utilisées. La section 3 donne le principe d'extraction d'équations de redondance et la section 4 propose d'effectuer le diagnostic du système à partir des paramètres estimés en ligne. Des résultats de simulation sont ensuite fournis.

2 – Modèle de l'amortisseur

Un modèle quart de véhicule a été utilisé. Les notations sont consignées dans le tableau 1.

Variable	Symbole
masse caisse	M_c
masse roue	M_r
raideur ressort nominale	k_{S0}
coefficient de viscosité nominal	k_{A0}
raideur pneu nominale	k_{P0}
raideur ressort	k_S
coefficient de viscosité	k_A
raideur pneu	k_P
force verticale	F_v
profil route	y_s
position caisse	y_c
position roue	y_r

Tableau 1. Notations

En régime dynamique, compte tenu d'une part de la force verticale qui s'exerce sur le système et d'autre part des conditions d'équilibre, on a :

$$M_c \ddot{y}_c + M_c g \left(1 - \frac{k_S}{k_{S0}} \right) + k_S (y_c - y_r) + k_A (\dot{y}_c - \dot{y}_r) - F_v = 0 \quad (1a)$$

$$M_r \ddot{y}_r + M_c g \left(\frac{k_S}{k_{S0}} - \frac{k_P}{k_{P0}} \right) + M_r g \left(1 - \frac{k_P}{k_{P0}} \right) - k_S (y_c - y_r) - k_A (\dot{y}_c - \dot{y}_r) + k_P (y_r - y_s) = 0 \quad (1b)$$

avec $(k_S, k_A, k_P) = (k_{S0}, k_{A0}, k_{P0})$ et $(k_S, k_A, k_P) \neq (k_{S0}, k_{A0}, k_{P0})$ respectivement en situations normale et anormale. Ces modèles, aux conditions initiales près, sont ceux largement justifiés et utilisés dans le domaine (Kiencke, 1997), (Mouyon, 1999), (Maisch, 2000).

En situation normale (absence de défaut sur les trois paramètres), le système (3) se réduit à :

$$M_c \ddot{y}_c + k_{S0} (y_c - y_r) + k_{A0} (\dot{y}_c - \dot{y}_r) - F_v = 0 \quad (2a)$$

$$M_r \ddot{y}_r - k_{S0} (y_c - y_r) - k_{A0} (\dot{y}_c - \dot{y}_r) + k_{P0} (y_r - y_s) = 0 \quad (2b)$$

Pour conclure sur cette représentation, on peut donc dire que (1) représente le modèle de mauvais fonctionnement (MF) éventuel alors que (2) représente le modèle de bon fonctionnement (BF). En fait, le modèle MF est inutilisable sous sa forme indiquée qui fait appel aux paramètres inconnus (k_S, k_A, k_P) . Par contre, si l'amplitude des défauts à détecter était connue, alors les paramètres de MF seraient connus, par exemple (k_{S1}, k_{A1}, k_{P1}) , et dans ce cas le modèle MF serait parfaitement déterminé. Dans ce cas la stratégie de diagnostic pourrait consister à tester l'adéquation du modèle MF ou du modèle BF aux mesures collectées afin de déterminer dans quelle situation on se trouve.

3 – Diagnostic par redondance

Les techniques de diagnostic de fonctionnement basées sur l'utilisation de modèles utilisent comme principes : l'extraction de redondances, l'analyse de ces redondances pour générer des indicateurs de défaillance. L'extraction de redondance procède soit par élimination directe des variables non mesurées des équations du système, soit par synthèse d'un observateur de sortie permettant de comparer la sortie ainsi reconstruite à la sortie mesurée du système. Dans le cas des systèmes linéaires, on sait que les deux approches fournissent des équations de redondance liées. Il n'a donc, a priori, aucun intérêt particulier à utiliser un observateur reconstruteur de sortie (hormis pour ses propriétés de filtrage des bruits de mesure).

Ceci nous motive à extraire, directement des équations du système, l'ensemble des équations de redondance. Tout d'abord, du modèle (2), on déduit, dans le domaine de Laplace :

$$\begin{pmatrix} G_1(s) & -G(s) \\ -G(s) & G_2(s) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_c(s) \\ y_r(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ k_{P0} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_s(s) \\ F_v(s) \end{pmatrix} \quad (3)$$

où s est la variable de Laplace et où :

$$G(s) = k_{S0} + s k_{A0}$$

$$G_1(s) = M_c s^2 + s k_{A0} + k_{S0}$$

$$G_2(s) = M_r s^2 + s k_{A0} + k_{P0} + k_{S0}$$

Les mesures susceptibles d'être acquises sur un véhicule sont : l'accélération caisse $z_1 = \ddot{y}_c$, l'accélération roue $z_2 = \ddot{y}_r$, le débattement $z_3 = y_c - y_r$, la force verticale $z_4 = F_v$ le profil route $z_5 = y_s$. On notera cependant que la mesure de profil route reste délicate mais peut faire l'objet d'estimation (Imine, 2002).

Sous forme vectorielle le vecteur des mesures est défini, en transformée de Laplace, par :

$$z(s) = \begin{pmatrix} s^2 y_c(s) \\ s^2 y_r(s) \\ y_c(s) - y_r(s) \\ F_v(s) \\ y_s(s) \end{pmatrix} \quad (4)$$

On peut alors agréger les équations de l'amortisseur (3) et celles du système de mesure (4) ; cela permet d'obtenir le modèle de l'ensemble du système, ce modèle faisant intervenir les variables d'état, les entrées et les mesures z_i du système :

$$A(s) \begin{pmatrix} y_c(s) \\ y_r(s) \\ y_s(s) \\ F_v(s) \end{pmatrix} = b(s) \quad A(s) = \begin{pmatrix} G_1(s) & -G(s) & 0 & -1 \\ -G(s) & G_2(s) & -k_{P0} & 0 \\ s^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s^2 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad b(s) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ z_1(s) \\ z_2(s) \\ z_3(s) \\ z_4(s) \\ z_5(s) \end{pmatrix} \quad (5)$$

La forme (5) est particulièrement propice à l'analyse des redondances. Ces dernières s'obtiennent par simple élimination des grandeurs inconnues (les variables d'état en particulier), de façon à conserver des relations ne dépendant que des mesures z_i . Il suffit pour cela de chercher la matrice $\Omega(s)$ orthogonale à $A(s)$; comme $A(s)$ est une matrice de polynômes, cette recherche peut être faite de façon analytique et les outils de calcul formel en sont une traduction aisée. On obtient :

$$\Omega(s) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -M_c & 0 & -G(s) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & s^2 & 0 & 0 \\ 0 & s^2 & -(M_r s^2 + k_{P0}) & 0 & s^2 G_2(s) & 0 & s^2 k_{P0} \end{pmatrix} \quad (6)$$

On en déduit l'expression des relations de redondance en multipliant (5) à gauche par $\Omega(s)$. Cela permet de définir le vecteur résidu des relations de redondance (qui est nul en fonctionnement normal) :

$$r(s) = \begin{pmatrix} M_c z_1(s) + (k_{A0}s + k_{S0})z_3(s) - z_4(s) \\ -z_1(s) + z_2(s) + s^2 z_3(s) \\ -(M_r s^2 + k_{P0})z_1(s) + s^2 G_2(s)z_3(s) + s^2 k_{P0} z_5(s) \end{pmatrix} \quad (7)$$

Dans le domaine temporel, on a aussi :

$$r(t) = \begin{pmatrix} -M_c z_1(t) - (k_{A0}\dot{z}_3(t) + k_{S0} z_3(t)) - z_4(t) \\ -z_1(t) + z_2(t) + s\ddot{z}_3(t) \\ -M_r \ddot{z}_1(t) - k_{P0} z_1(t) + M_r z_3^{(4)}(t) + k_{A0} z_3^{(3)}(t) + (k_{P0} + k_{S0})\ddot{z}_3(t) + k_{P0} \ddot{z}_5(t) \end{pmatrix} \quad (8)$$

L'expression de ces trois résidus était tout à fait prévisible compte tenu de l'équation (2) du système et des mesures utilisées. Cependant, la technique d'élimination utilisée est issue d'un principe général qui peut être reconduit de façon systématique pour tout autre configuration du système de mesure.

Le tableau 2 indique les occurrences des paramètres à surveiller et des variables dans l'ensemble des équations de redondance quand on dispose de toutes les mesures de ces variables. La lecture de ce tableau renseigne immédiatement sur les défauts qui seront détectables à partir d'un résidu donné. Ainsi le résidu $r_1(t)$ est sensible aux défauts sur k_A et k_S mais insensible aux défauts sur k_P . Il faut aussi noter, qu'en régime permanent :

$$r_\infty = \begin{pmatrix} k_{S0} z_{3e} - z_{4e} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

et que la sensibilité des résidus aux défauts est alors très limitée. De façon plus générale, on pourrait étudier la sensibilité des résidus aux défauts en fonction des excitations (force verticale et profil route).

	Par. à surveiller			Variables				
	k_A	k_S	k_P	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5
				\ddot{y}_c	\ddot{y}_r	y_{cr}	F_v	y_s
r_1	×	×	.	×	.	×	×	.
r_2	.	.	.	×	×	×	.	.
r_3	×	×	×	×	.	×	.	×

Tableau 2. Occurrence des variables et des paramètres

Dans le souci de réduire le nombre de capteurs, nous imposons de n'utiliser qu'un capteur de déplacement et qu'un capteur d'accélération ; de plus, compte tenu de la difficulté de la mesure du profil route, cette information ne sera pas utilisée. Compte tenu de ces contraintes sur le système de mesure, le résidu utilisable est donc celui défini par r_1 :

$$r_1 = M_c z_1(t) + (k_{A0} \dot{z}_3(t) + k_{S0} z_3(t)) - z_4(t)$$

ou de façon plus explicite :

$$r_1 = M_c \ddot{y}_c(t) + k_{A0} (\dot{y}_c(t) - \dot{y}_r(t)) + k_{S0} (y_c(t) - y_r(t)) - F_v(t) \quad (9)$$

On peut noter une autre façon de générer un indicateur de défaut consistant, à partir du modèle, à directement estimer le paramètre à surveiller. Par exemple pour k_A , on obtient l'estimation (10), que l'on peut comparer à la valeur nominale k_{S0} pour générer un résidu $\bar{r}_1(t)$ (11) :

$$k_A(t) = - \frac{M_c \ddot{y}_c(t) + k_{S0} (y_c(t) - y_r(t)) - F_v(t)}{\dot{y}_c(t) - \dot{y}_r(t)} \quad (10)$$

$$\bar{r}_1(t) = k_{A0} - k_A(t) = k_{A0} + \frac{M_c \ddot{y}_c(t) + k_{S0} (y_c(t) - y_r(t)) - F_v(t)}{\dot{y}_c(t) - \dot{y}_r(t)} \quad (11)$$

Un examen attentif du résidu (11) montre qu'il est fonction de celui exprimé en (9).

4 – Diagnostic par estimation paramétrique

Pour surveiller l'évolution des paramètres, une deuxième solution consiste à les estimer et à analyser leurs variations au cours du temps. Le principe retenu est le suivant : à partir du modèle sain du système et des mesures disponibles, on estime à chaque instant, au moyen d'un filtre de Kalman calé à partir du modèle de bon fonctionnement (2), les paramètres à surveiller. Trois stratégies complémentaires peuvent être appliquées :

- estimation de k_A seul en supposant k_S fixé à sa valeur nominale k_{S0}
- estimation de k_S seul en supposant k_A fixé à sa valeur nominale k_{A0}
- estimation simultanée de k_A et de k_S .

La mise en oeuvre d'un tel filtre est classique, les détails de calcul sont volontairement omis ; dans une version simplifiée, nous avons également testé un filtre à gain constant, les résultats obtenus étant tout aussi probants. Les différentes estimations sont ensuite analysées au cours du temps et leurs variations interprétées en termes de défauts éventuels. Les résultats de cette estimation sont donnés au cours du paragraphe suivant et comparés à ceux obtenus par redondance analytique directe.

5 – Résultats

La figure 1 visualise les excitations de synthèse utilisées. Elles sont suffisamment riches pour exciter, dans le domaine de fonctionnement utile, tous les modes du système. Les amplitudes des excitations sont représentatives d'une situation réelle.

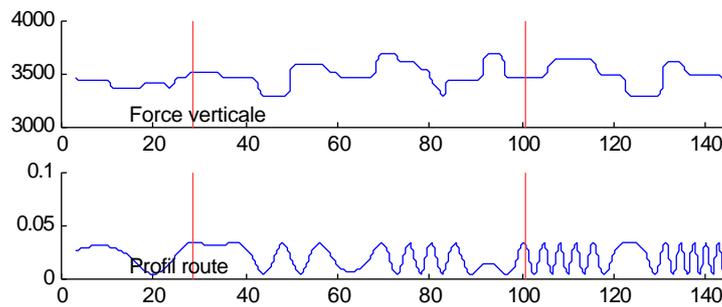


Figure 1. Excitations

La figure 2a montre les résultats de détection lorsqu'un défaut sur k_A affecte le système (entre les instants 30 et 100 repérés par les traits verticaux en tiretés). Les constatations suivantes peuvent être faites :

- la sous-figure 2a1 présente l'évolution de l'estimation du paramètre k_A (obtenue directement à partir du modèle) lorsque k_S est fixée à sa valeur nominale k_{S0} . Les sauts sur cette estimation apparaissent clairement aux instants où le défaut apparaît et disparaît.
- la sous-figure 2a2 présente l'évolution de l'estimation du paramètre k_S (obtenue directement à partir du modèle) lorsque k_A est fixée à sa valeur nominale k_{A0} . L'estimation est "légèrement" sensibilisée par ce défaut.
- la sous-figure 2a3 visualise le résidu brut. Ce signal met assez bien en évidence le défaut si l'on considère les variations de variance au cours du temps. On peut accroître de façon très significative la lisibilité du défaut en calculant la variance de ce signal sur une fenêtre glissante de largeur fixe.
- les sous-figures 2a4 et 2a5 visualisent l'évolution des paramètres k_A et k_S estimés ensemble par une méthode de moindres carrés récurrente (procédure du paragraphe 4). Les résultats sont en accord et confirment ceux des figures 2a1 et 2a2 et montrent l'aptitude du filtre estimateur à poursuivre les paramètres.
- les sous-figures 2a6 et 2a7 rappellent l'évolution des profils de force verticale et du sol. On voit notamment que le profil sol est à fréquence variable et que cela influe sur le résidu (figure 2a3). On peut établir, à partir des fonctions de transfert du résidu vis-à-vis des défauts que la sensibilité de détection du résidu est directement liée à la fréquence du profil sol. En particulier, un profil sol plat est inadapté à la détection de défaut de k_A ce qui peut être justifié simplement en considérant le régime permanent de l'équation (1a). Il y a donc nécessité de valider le diagnostic uniquement en présence d'excitation persistante.

La figure 2b est relative à la présence de défaut sur k_S . Le lecteur pourra émettre des conclusions similaires à celles faites à propos de la figure 2a. Toutefois, on peut noter qu'en régime permanent (profil route constant), la détection du défaut reste possible.

Ces conclusions ont été confirmées de deux façons différentes. Tout d'abord, nous avons constitué une bibliothèque de profils de force verticale et de sol ; les tests de détection réalisés se sont révélés concluants sur l'ensemble des essais ainsi réalisés. Puis, une étude théorique d'analyse du résidu vis-à-vis des défauts a été effectuée pour déterminer les coefficients de sensibilité du résidu ; l'analyse de ces sensibilités a confirmé les résultats expérimentaux.

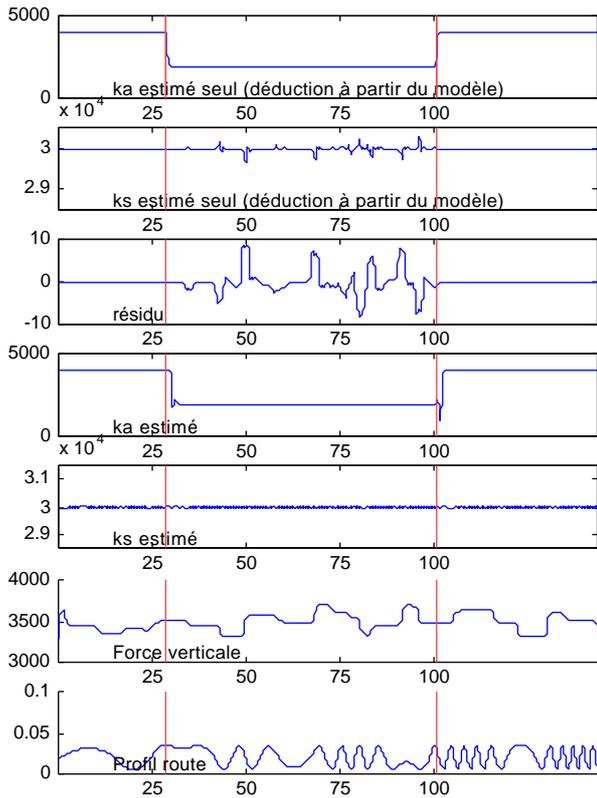


Figure 2a. Détection de défaut sur k_A

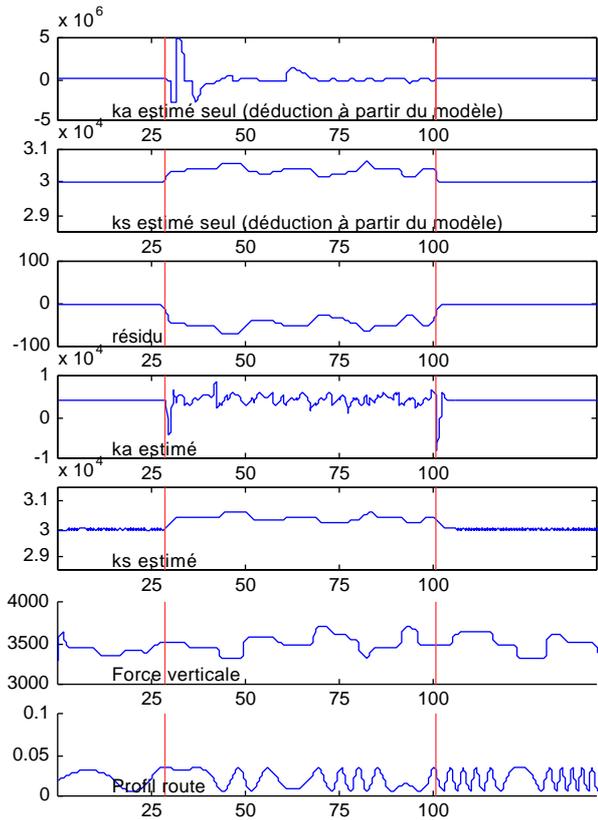


Figure 2b. Détection de défauts sur k_S

6 – Conclusion

Les résultats obtenus en simulation sont tout à fait convaincants. On a généré des résidus qui permettent de détecter les deux défauts envisagés sur les paramètres de l'amortisseur.

Ces résidus sont calculés uniquement à partir des capteurs qui avaient été définis dans le cahier des charges : capteurs d'accélération caisse et roue, capteur de débattement, capteur de force verticale.

Les autres grandeurs (en particulier le profil sol, les positions et vitesses caisse et roue) n'étant pas mesurées, les résidus ont été structurés de telle manière à s'en affranchir. La procédure proposée est donc celle qui correspond au minimum de capteurs utilisés.

La détection, de notre point de vue et avec les hypothèses utilisées, est pertinente. Elle a été testée sur plusieurs jeux de données différents par le profil route utilisé et le profil de force. Il resterait à tester de façon plus exhaustive la technique à partir de nombreux profils, définis toutefois parmi les profils admissibles physiquement.

Le choix des filtres utilisés, pour la mise en évidence des défauts dans les résidus, est important. Dans certaines situations (bruits de mesure, erreurs de paramètres), l'analyse du résidu brut s'avère inefficace. La nécessité de traiter ces résidus est alors impérieuse. Nous avons choisi des filtres dérivateurs, passe-bande, de moyenne mobile et de variance mobile ; il y aurait sans doute des améliorations possibles et substantielles à envisager sur la conception de ces filtres.

Plusieurs extensions à ce travail peuvent être envisagées. La première concerne la détermination précise des conditions opératoires nécessaires au diagnostic ; on a noté en effet que le diagnostic ne peut être possible que si l'on dispose d'excitation suffisante (profil route et force verticale). Ainsi il serait intéressant de déterminer la bande de fréquence de ces excitations offrant un diagnostic le plus sensible possible. Une deuxième extension

concerne l'isolabilité des fautes. Avec l'instrumentation utilisée, cela n'est pas possible mais on pourrait se poser le problème du choix du nombre de capteurs supplémentaires permettant cette isolation.

Remerciements

Les résultats présentés dans cet article ont été obtenus dans le cadre d'une étude proposée par PSA Peugeot Citroën. Nous remercions PSA Peugeot Citroën d'autoriser la publication de ces travaux.

Références

- (Cullen, 2002) Cullen J.D., Arvantis N., Lucas J., Al-Shamma'a A.I. *In-field trials of a tyre pressure monitoring system based on segmented capacitance rings*. Measurement, (32), 3, p. 163-227, 2002.
- (Gustafsson, 1998) Gustafsson F. *Estimation and change detection of tire-road friction using the wheel slip*. IEEE Control System Magazine, 18 (4), p.42-49, 1998.
- (Gustafsson, 2001) Gustafsson F., Drevö M., Forssell U., Löfgren M., Persson N., Quicklund H. *Virtual sensors of tyre pressure and road friction*. Society of Automotive Engineers, technical paper series, 2001.
- (Hac, 1999) Hac A., Fratini A. *Elimination of limit cycles due to signal estimation in semi-active suspensions*. Society of Automotive Engineers, technical paper series, 1999.
- (Imine 2002) Imine H., M'Sirdi K., Laval L., Delavanne Y. *Observateurs à entrées inconnues par mode glissant appliqués à l'estimation du profil route*. Conférence Internationale Francophone d'Automatique, CIFA'2002, p. 883-888, Nantes, France, 8-10 juillet 2002.
- (Kiencke, 1997) Kiencke U., Eger R., Mayer H. *Model based tyre pressure diagnosis*. IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes, SAFEPROCESS'97, p. 800-805, Hull, UK, August 26-28, 1997.
- (Oya, 1998) Oya M., Araki Y., Harada H. *Robust control of active automotive suspensions with model uncertainties*. Advances in Vehicle Control and Safety, Amiens, July 1-3, 1998.
- (Maisch, 2000) Maisch A., Kiencke U. *Model based tyre pressure diagnosis*. 4th IFAC Symposium On Fault Detection Supervision and Safety for Technical Processes, SAFEPROCESS'00, Budapest, June 14-16, 2000.
- (Mouyon, 1999) Mouyon Ph., Didierjean L. *Nonlinear observers applied to car suspension fault detection*. European Control Conference, ECC'99, Karlsruhe, Germany, August 31, September 3, 1999.
- (Müller, 2001) Müller S., Uchanski M., Hedrick K. *Slip-based tire-road friction estimation during braking*. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, IMECE'01, 2001.
- (Persson, 2002) Persson N., Gustafsson F, Drevö M. *Indirect tyre pressure monitoring using sensor fusion*. Society of Automotive Engineers, technical paper series, 2002.
- (Roh, 1999) Roh H.S., Park Y. *Stochastic optimal preview control of an active vehicle suspension*. Journal of Sound and Vibration, 220 (3), p. 313-330, 1999.
- (Umeno, 2000) Umeno T., Asano K., Ohashi H., Yonetani M., Naitou T., Taguchi T. *Observer based estimation of parameter variations and its application to tyre pressure diagnosis*. Control Engineering Practice, 9, p. 639-645, 2000.
- (Weispfenning, 1997) Weispfenning T., Isermann R. *Fault detection of vehicle suspension*. IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes, SAFEPROCESS'97, p. 806-811, Hull, UK, August 26-28, 1997.