

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 28.03.12.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 04.10.13 Bulletin 13/40.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

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

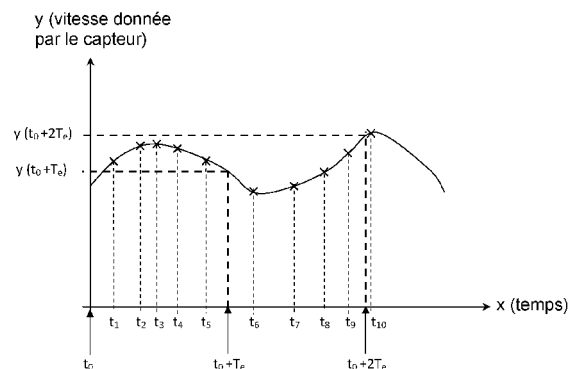
72 Inventeur(s) : EL TANNOURY CHARBEL et PITAGIL GUILLERMO.

73 Titulaire(s) : RENAULT S.A.S. Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : RENAULT SAS.

54 METHODE D'INTERPOLATION DE SIGNAL EVENEMENTIEL.

57 La présente invention est relative à une Méthode d'estimation d'une valeur  $y_i(x_j)$  d'un signal  $y_i(x_i)$  asynchrone issu d'un capteur à l'instant  $x_j$ , à partir de la connaissance des couples  $y_i(x_i)$  et  $y_{i+1}(x_{i+1})$  respectivement immédiatement antérieur et postérieur à  $x_j$ , les différentes valeurs de  $x_i$  n'étant pas régulièrement espacées, les différentes valeurs de  $x_j$  correspondent à un signal synchrone à pas  $T_e$ , correspondant à une fréquence d'échantillonnage prédéterminée, à l'aide de la méthode des moindres carrés récursive appliquée aux valeurs  $y_i(x_i)$  et  $y_{i+1}(x_{i+1})$ .



**METHODE D'INTERPOLATION DE SIGNAL EVENEMENTIEL**

La présente invention se rapporte au domaine technique de la mesure du signal et trouve son application préférentiellement dans le domaine des capteurs de vitesse de rotation de roues, notamment d'un  
5 véhicule automobile.

En effet de tels capteurs sont composés d'une roue dite d'impulsion, ou cible, reliée au moyeu de roue, et d'un élément fixe disposé en vis-à-vis d'éléments spécifiques de la roue d'impulsion. La roue d'impulsion peut se présenter sous la forme d'un anneau  
10 multipolaire présentant une succession d'aimants orientés en sens opposé, le capteur disposant alors, par son élément fixe, de moyens de détection de la variation du champ magnétique, se traduisant par un signal sinusoïdal qui peut être transformé en signal carré par l'électronique du capteur.

Un autre capteur peut être une roue d'impulsion crantée disposée à faible distance d'un élément fixe, ce dernier présentant un enroulement et des aimants, de sorte que le crantage de la roue modifie le champ magnétique qui induit alors une tension alternative dans l'enroulement. De même, ce signal peut être transformé en un  
15 signal carré.  
20

D'autres capteurs, de type optique, sont également concernés par la présente invention.

La figure 1 présente ainsi de tels capteurs. Pour des soucis de clarté, le crantage représenté illustre une dent de la roue, qui peut  
25 être, selon le type de capteur utilisé, une dent physique ou un dipôle orienté dans un sens précis (un pôle nord par exemple).

Ainsi, lorsqu'une dent 1 d'une roue 2 liée au moyeu d'une roue de véhicule (non représenté) passe devant un capteur 4, ce dernier délivre, après traitement, un signal carré, de période  $N \cdot T$ , où  $N$  est le

- 2 -

nombre de dents écartées les unes des autres d'un angle  $\alpha$ , et T la durée entre deux fronts montants du signal. La fréquence  $\Omega$  de rotation de la roue est liée à la fréquence du signal par la formule :  $\Omega = 2\pi/(N*T)$ . Sur la figure 1 sont représentés deux signaux correspondant à deux vitesses de rotation  $\Omega_1$  et  $\Omega_2$ . Cette figure montre bien que la période, représentée par  $T_1$  pour la vitesse  $\Omega_1$  et  $T_2$  pour la vitesse  $\Omega_2$  est variable selon la vitesse de rotation de la roue. On dit alors que le signal de vitesse, tel qu'issu du capteur par l'information T, est à pas variable.

10 De tels capteurs sont donc dits « événementiels », puisque les signaux sont générés lorsqu'un événement se produit, à savoir le passage de la dent devant le capteur. Le pas d'échantillonnage est alors variable.

15 Toutefois, l'utilisation de tels signaux se heurte à une difficulté lorsqu'ils doivent être traités et analysés par un ordinateur qui opère sur des signaux échantillonnés régulièrement. Il y a alors la nécessité d'effectuer un ré-échantillonnage des signaux événementiels vers des signaux à pas fixe.

20 La présente invention s'inscrit donc dans ce contexte et vise ainsi à présenter une méthode permettant le passage d'un signal événementiel, notamment un signal de vitesse angulaire d'une roue, et plus particulièrement d'une roue d'un véhicule, à un signal régulièrement échantillonné.

25 Il est connu d'utiliser des méthodes d'interpolation d'un graphe  $y(x)$ , où la connaissance d'un certain nombre de valeurs  $y_1(x_1)$  entre deux bornes  $x_m$  et  $x_M$ , permet d'élaborer une fonction la plus représentative des couples  $y(x)$  pour calculer une valeur de y pour une valeur de x comprise entre  $x_m$  et  $x_M$  et différente des couples  $y(x)$  disponibles. La fonction d'interpolation peut être linéaire ou  
30 polynomiale, les paramètres du polynôme pouvant être ajustés à chaque réception d'un échantillon, ou par blocs. La méthode des

moindres carrés récursive peut être utilisée pour déterminer les paramètres du polynôme.

Il est également connu des méthodes d'extrapolation, qui permettent de déterminer des couples  $y(x)$  pour des valeurs de  $x$  qui sont en dehors de l'intervalle  $[x_m$  et  $x_M]$ . Ces méthodes sont généralement utilisées pour déterminer des couples  $y(x)$  où  $x$  est supérieur à la valeur  $x_M$ , en admettant la validité de la tendance au-delà de  $x_M$ , tendance définie par la courbe d'ajustement, qui peut être basée sur des méthodes similaires aux méthodes d'interpolation.

Ces méthodes d'interpolation ou d'extrapolation présentent toutefois des imprécisions liées à la loi utilisée, et une certaine détérioration dans certaines conditions, et peuvent également être confrontées au phénomène de Runge, où la fonction polynomiale n'est pas stable et l'est d'autant moins que le nombre de points de mesures augmente.

Par ailleurs, si ces méthodes s'avèrent plutôt bien adaptées à la connaissance de couples  $y(x)$  où les différentes valeurs de  $x$  sont régulières, lorsque l'espacement entre ces valeurs fluctue, ces méthodes sont plus difficiles à mettre en œuvre.

La présente invention vise ainsi à proposer une estimation d'une valeur  $y_j(x_j)$  d'un signal  $y$  d'un capteur à l'instant  $x_j$ , à partir de la connaissance des couples  $y_i(x_i)$  antérieurs et postérieurs à  $x_j$ , les différentes valeurs de  $x_i$  n'étant pas régulièrement espacées.

La présente invention est plus particulièrement dédiée à un capteur de vitesse de rotation d'une roue d'un véhicule automobile, qui délivre des impulsions dont la fréquence dépend de la vitesse du véhicule, et pour lequel il est souhaité d'avoir une estimation de la vitesse à une fréquence fixe, en adéquation avec les contraintes du calculateur du véhicule.

La présente invention est atteinte à l'aide Méthode d'estimation d'une valeur  $y_j(x_j)$  d'un signal  $y_i(x_i)$  asynchrone issu d'un capteur à l'instant  $x_j$ , à partir de la connaissance des couples  $y_i(x_i)$  et  $y_{i+1}(x_{i+1})$  respectivement immédiatement antérieur et postérieur à  $x_j$ , les  
5 différentes valeurs de  $x_i$  n'étant pas régulièrement espacées, les différentes valeurs de  $x_j$  correspondent à un signal synchrone à pas  $T_e$ , correspondant à une fréquence d'échantillonnage prédéterminée, à l'aide de la méthode des moindres carrés récursive appliquée aux valeurs  $y_i(x_i)$  et  $y_{i+1}(x_{i+1})$ .

10 La présente invention trouve son application dans les signaux issus d'un capteur de vitesse de roue d'un véhicule.

La présente invention vise également un dispositif de transformation d'un signal asynchrone issu d'un capteur en un signal synchrone, caractérisé en ce qu'il utilise une méthode d'estimation  
15 selon l'une des caractéristiques précédentes.

Selon une mise en œuvre préférée de l'invention, le signal est issu d'un capteur de vitesse monté sur une roue, ledit capteur comportant une partie mobile liée à la roue, se présentant sous la forme d'une roue d'impulsions comportant des éléments spécifiques  
20 régulièrement répartis, ainsi qu'une partie fixe disposée en vis-à-vis desdits éléments spécifiques, ladite partie fixe délivrant un signal au passage des éléments spécifiques.

La présente invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, en référence aux figures annexées, parmi  
25 lesquelles :

la figure 1 est une vue schématisée d'un capteur de vitesse de roue,

la figure 2 illustre la mise en œuvre de l'invention sur un signal donné.

Selon un exemple de mise en œuvre de l'invention, les capteurs de vitesse sont issus du dispositif ABS (pour « Anti-lock Braking System ») équipant les roues, ou certaines des roues, d'un véhicule automobile. Ces capteurs comportent une roue d'impulsion à 48 dents, ainsi qu'un élément fixe sensible, non représenté. Tout autre nombre de dents peut être envisagé dans le cadre de la présente invention.

Comme il a été précisé précédemment, les signaux issus de tels capteurs présentent une période d'échantillonnage dépendant de la vitesse instantanée de rotation des roues, qui est donc très fluctuante en situation de roulage du véhicule. On observe donc une variation de la période d'échantillonnage.

De tels signaux étant acheminés vers un calculateur d'un microprocesseur, la présente invention se propose de transformer les données correspondant à un échantillonnage événementiel en des données correspondant à un échantillonnage temporel selon un pas fixe d'échantillonnage  $T_e$ . Le système étant supposé être implanté dans un microprocesseur automobile, l'usage de la mémoire sera limité autant que possible, tout comme la complexité informatique.

Des compteurs ayant une période d'horloge  $T_h$  assez faible, de l'ordre de 0,1 ms s'incrémentent périodiquement pour donner le temps qui s'est écoulé entre deux fronts montants. Les différents temps  $\Delta t_k$  écoulés entre deux fronts successifs, à l'instant  $k$  et à l'instant  $k+1$  sont enregistrés. La vitesse est déduite à partir des  $\Delta t_k$ .

La figure 2 illustre ces considérations. Elle représente le signal  $y$  de la vitesse aux différents instants  $t_k$ , les  $\Delta t_k$  permettant d'estimer la vitesse instantanée. La courbe  $y$  représentée est la courbe réelle, pour faciliter la compréhension de l'invention.

Par exemple  $\Delta t_3 = t_3 - t_2$ . Le graphe montre bien qu'un  $\Delta t_k$  faible correspond à une vitesse élevée, et que ces  $\Delta t_k$  sont irréguliers et ne correspondent pas à une fréquence régulière d'échantillonnage selon

- 6 -

un pas  $T_e$ . Ces  $\Delta t_k$  ont été volontairement exagérés pour la compréhension de l'invention.

Les  $\Delta t_k$  arrivant à une fréquence très élevée et variable, il faut donc essayer de réduire la complexité en utilisant une fréquence d'échantillonnage  $T_e$  fixe et réduite. L'objectif est de trouver une routine d'interpolation efficace du point de vue calcul et qui répond à certaines spécifications particulières en termes de fréquence d'échantillonnage, de récursivité des calculs et de précision.

L'idée consiste à écrire la vitesse aux instants  $k$  et  $k+1$  selon :

$$\begin{aligned} \Omega_k &= \theta_1 + \theta_2, \\ \Omega_{k+1} &= \Omega_k + (t_{k+1} - t_k)\theta_1 = \theta_1(1 + \Delta t_{k+1}) + \theta_2. \end{aligned}$$

Soit, en écriture matricielle :

$$\begin{bmatrix} \Omega_k \\ \Omega_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 + \Delta t_{k+1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \end{bmatrix}.$$

En considérant le pas fixe  $T_e$  de la fréquence d'échantillonnage souhaitée, on cherche à déduire la valeur de la vitesse à un instant  $nT_e$  ( $n$  étant entier), en connaissant les vitesses  $\Omega_k$  et  $\Omega_{k+1}$ , qui sont les valeurs encadrant temporellement la valeur de  $nT_e$ . Concrètement, sur la figure 2, on cherche à déduire la valeur de vitesse à l'instant  $t_0 + T_e$ , en connaissant  $t_5$  et  $t_6$ , puis à déduire la valeur de vitesse à l'instant  $t_0 + 2T_e$ , en connaissant  $t_9$  et  $t_{10}$ .

Soit  $\varphi = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 + \Delta t_{k+1} & 1 \end{bmatrix}$ , alors d'après la méthode d'inversion par

les moindres carrés, on peut écrire :

$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \end{bmatrix} = (\varphi\varphi^T)^{-1}\varphi^T \begin{bmatrix} \Omega_k \\ \Omega_{k+1} \end{bmatrix}.$$

L'écriture de  $\theta_1$  et  $\theta_2$  étant déterminée, on calcule alors la vitesse  $\Omega_{nT_e}$  à l'instant  $nT_e$  par la formule :

- 7 -

$$\Omega_{nT_e} = \theta_1[1 + (nT_e - t_k)] + \theta_2.$$

Ainsi, la détermination de la vitesse à un instant  $nT_e$  nécessite d'attendre une valeur obtenue immédiatement après cet instant, pour estimer la vitesse à un instant donc antérieur. Ce léger décalage temporel n'est toutefois pas significatif dans l'utilisation qui est faite de cette valeur de vitesse, et n'entraîne pas de conséquences pour les différentes lois de commande ou de contrôle du véhicule.

Cette solution offre une meilleure robustesse que les méthodes d'interpolation, tout en restant moins complexe.

Par extension, cette méthode pourrait être appliquée à toute chaîne d'estimation d'un signal à période fixe et constante, à partir d'un signal asynchrone.

**REVENDEICATIONS**

1. Méthode d'estimation d'une valeur  $y_j(x_j)$  d'un signal  $y_i(x_i)$  asynchrone issu d'un capteur à l'instant  $x_j$ , à partir de la  
5 connaissance des couples  $y_i(x_i)$  et  $y_{i+1}(x_{i+1})$  respectivement  
immédiatement antérieur et postérieur à  $x_j$ , les différentes valeurs  
de  $x_i$  n'étant pas régulièrement espacées, les différentes valeurs de  
 $x_j$  correspondent à un signal synchrone à pas  $T_e$ , correspondant à  
une fréquence d'échantillonnage prédéterminée, à l'aide de la  
10 méthode des moindres carrés récursive appliquée aux valeurs  $y_i(x_i)$  et  
 $y_{i+1}(x_{i+1})$ .
2. Méthode d'estimation selon la revendication précédente, caractérisé  
en ce que le signal est issu d'un capteur de vitesse de roue d'un  
véhicule.
- 15 3. Dispositif de transformation d'un signal asynchrone issu d'un capteur  
en un signal synchrone, caractérisé en ce qu'il utilise une méthode  
d'estimation selon l'une des revendications 1 ou 2.
4. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le  
signal est issu d'un capteur de vitesse monté sur une roue, ledit  
20 capteur comportant une partie mobile liée à la roue, se présentant  
sous la forme d'une roue d'impulsions (2) comportant des éléments  
spécifiques (1) régulièrement répartis, ainsi qu'une partie fixe (4)  
disposée en vis-à-vis desdits éléments spécifiques, ladite partie fixe  
(4) délivrant un signal au passage des éléments spécifiques (1).

1/1

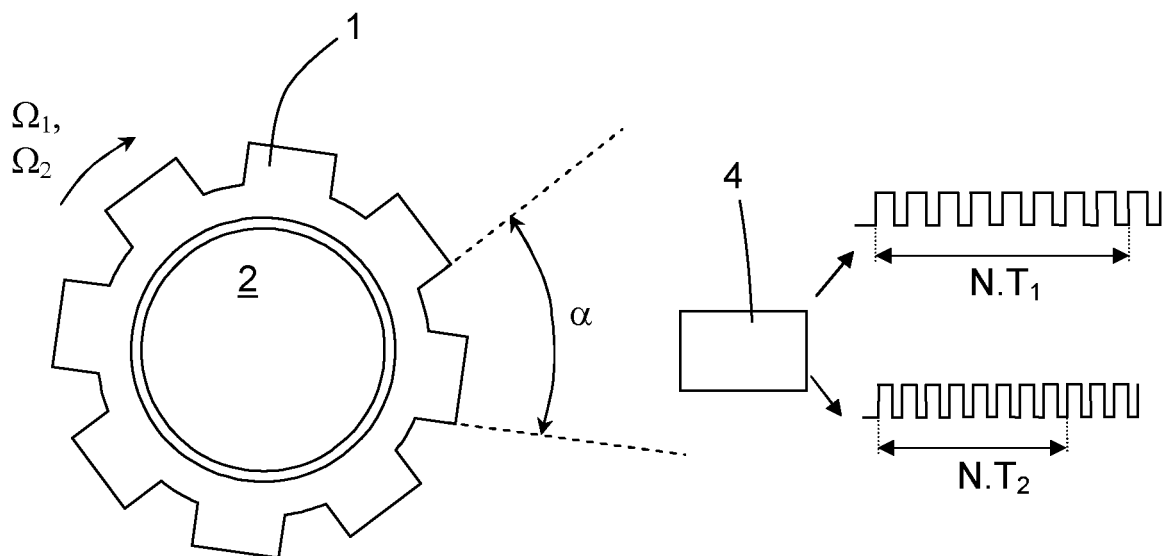
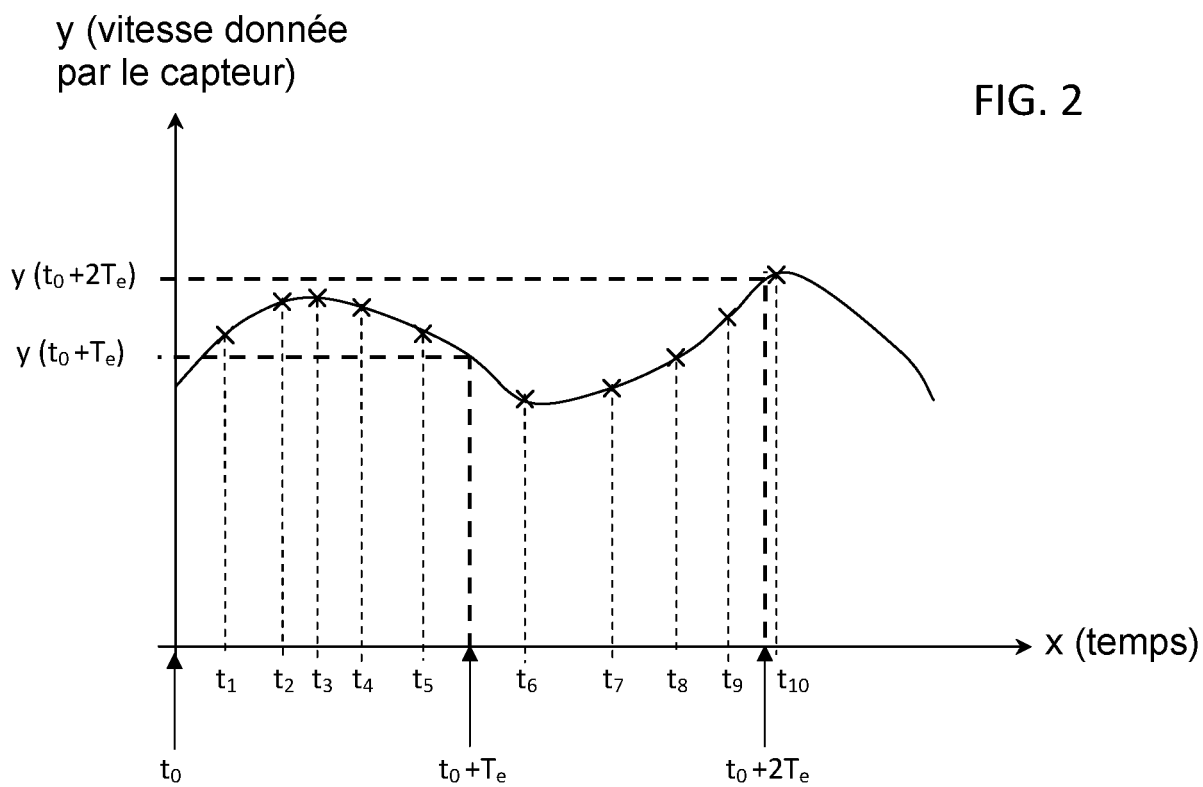


FIG. 1





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 762859  
FR 1252801

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2003/172728 A1 (GUSTAFSSON FREDRIK [SE] ET AL) 18 septembre 2003 (2003-09-18) * alinéa [0081]; figure 4 * * alinéa [0110] - alinéa [0115]; figure 17B *	1-4	G01D1/00 G01D3/00 G01D5/00 G01P5/00
A	US 2010/217542 A1 (FUJITA HAJIME [JP] ET AL) 26 août 2010 (2010-08-26) * alinéa [0057]; figure 5 *	1-3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01D G01P B60C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 novembre 2012		Jakob, Clemens	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1252801 FA 762859**

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 **20-11-2012**

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
US 2003172728 A1	18-09-2003	AT 459490 T	15-03-2010
		AT 512008 T	15-06-2011
		AU 4897601 A	26-11-2001
		EP 1272365 A1	08-01-2003
		EP 2202101 A1	30-06-2010
		ES 2342256 T3	05-07-2010
		US 2003172728 A1	18-09-2003
US 2010217542 A1	26-08-2010	EP 2224250 A1	01-09-2010
		JP 2010197238 A	09-09-2010
		US 2010217542 A1	26-08-2010