

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0722245-9 A2



(22) Data de Depósito: 10/12/2007
(43) Data da Publicação: 01/07/2014
(RPI 2269)

(51) Int.Cl.:
B61L 25/02

(54) **Título:** DISPOSITIVO DE MEDIDA DE
DESLOCAMENTO DE UM VEÍCULO AUTO-
ORIENTADO

(57) **Resumo:**

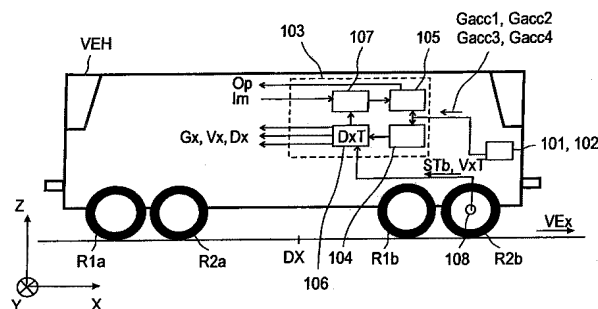
(73) **Titular(es):** Siemens Transportation Systems S.A.S.

(72) **Inventor(es):** Alain Maire, Said El Fassi

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler &
Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT FR2007002031 de
10/12/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2009/074725de
18/06/2009



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**DISPOSITIVO DE MEDIDA DE DESLOCAMENTO DE UM VEÍCULO AUTO-ORIENTADO**".

5 Dispositivo de medida de deslocamento de um veículo auto-orientado.

A presente invenção refere-se a um dispositivo de medida de deslocamento de um veículo auto-orientado, segundo o preâmbulo da reivindicação 1.

Vários métodos ou dispositivos de medida de deslocamento, 10
velocidade ou aceleração de um veículo são atualmente conhecidos, em particular para veículos destinados ao transporte em comum, tais como uma unidade vagão de um trem, de um metropolitano, um trólei, um bonde, um ônibus ou tal como qualquer outro veículo acionado em tração por pelo me-
nos uma pista de rolamento ou um trilho, tal como um trilho de orientação. 15
Em particular, no caso de um veículo auto-orientado por um sistema de tráfego (sinais ferroviários, autocomando a bordo ou/e à distância do veículo, etc.), precauções para assegurar uma auto-orientação segura (contra uma pane) e seguro (para passageiros ou mercadorias) é indispensável, independentemente das propriedades do percurso do veículo. Nesse sentido, é 20
primordial conhecer bem em tempo real a posição, a velocidade (e a aceleração) do veículo, em particular para situações em que o veículo é levado a incorrer perdas de aderência inevitáveis, tais como quando de uma patinação (quando de uma aceleração do veículo) ou de um emperramento (quando de uma frenagem do veículo) de eixo de medida livre ou motor.

25 Quando o veículo orientado dispõe de um eixo livre de qualquer esforço de tração ou de frenagem, o movimento do veículo é diretamente dado pela rotação do eixo (ou de uma das rodas associada a esse eixo).

Todavia, essa solução reduz a potência de tração ou de frenagem, portanto, os desempenhos do veículo, é porque a maior parte dos sis- 30
temas não oferece eixos livres.

Na ausência de eixo livre e para se livrar das consequências ligadas à patinação / emperramento em perda de aderência de uma de suas

rodas, vários dispositivos existem e utilizam:

- seja meios de medida totalmente independentes das rodas, permitindo uma medida de velocidade por via óptica ou ainda por meio de um radar de efeito "Doppler". Esses dispositivos de caráter oneroso utilizam,

5 todavia, mais frequentemente um taquímetro suplementar para o funcionamento a baixa velocidade e à parada do veículo, este permitindo extrair a velocidade angular de uma roda ou o número de rotações de roda por unidade de tempo;
- seja centrais inerciais combinando acelerômetros, girômetros e

10 sistemas de localização terrestre, tais como um GPS. Estes permanecem, todavia, muito onerosos em razão de sua tecnologia de elevado nível, mais frequentemente para aplicações a sistemas aeronáuticos;
- seja, tal como em **EP 0 716 001 B1**, um único taquímetro disposto sobre um eixo e um meio de consideração de uma margem de segurança aos valores medidos sobre uma ou as rodas, a fim de tentar compensar efeitos de uma eventual patinação / emperramento, o que degrada os desempenhos de medida de deslocamento, pois permanece ainda muito aproximativo. Segue-se também um antiemperramento de compensação que pode ser brutal para um veículo e seus passageiros ou mercadorias;

15
- seja, tal como em **US 2005/0137761 A1**, um acelerômetro embarcado no veículo e um taquímetro sobre um eixo, cujos sinais de medida são ligados a uma calculadora central adaptada, mesmo se não explicitamente descrita, a considerar erros introduzidos em presença de perda de aderência e liberando a velocidade e a posição do veículo sobre seu percurso. Em particular, o acelerômetro compreende dois eixos de medidas, a fim de, respectivamente, determinar uma aceleração segundo uma direção de trajetória do veículo, assim como a fim de determinar e, portanto, considerar no cálculo de deslocamento uma inclinação do veículo em relação a um plano horizontal. Valores dos sinais de medida do acelerômetro e do taquímetro

20

25

30 são também comparados a valores limites de velocidade que, se ultrapassarem um limite, permitem indicar uma presença de perda de aderência (patinação / emperramento) do veículo. Embora considerando-se os efeitos de

inclinação sofrida pelo veículo, outros efeitos ligados à trajetória do veículo em dependência do local do acelerômetro (e do posicionamento de seus dois eixos de medida) no veículo são inevitáveis, pois uma unidade de transporte ferroviário tem mais frequentemente uma geometria de caráter longitudinal ao longo do qual um único acelerômetro e um taquímetro instalado a montante do veículo não podem assegurar um meio de medida revelador dos efeitos que agem sobre o conjunto completo do veículo, tais como, por exemplo, efeitos de curvatura ou de aceleração lateral.

Todos esses dispositivos permitem assim calcular o movimento de um veículo orientado, não dispondo de eixos livres de qualquer esforço de frenagem e de tração, circulando sobre uma via de perfil qualquer, todavia com uma precisão bem inferior àquela de um sistema "ideal" com eixo livre, pois eles não podem se livrar completamente das perdas de aderência (patinação e emperramento induzidos pelos esforços de tração / frenagem), assim como erros induzidos por acelerações laterais (curva, declive) até mesmo também verticais (inclinação)

Uma finalidade da presente invenção é de propor um dispositivo de medida de deslocamento de um veículo autoguiado que apresenta uma robustez de medida aumentada, em particular quando de uma perda de aderência e independentemente do perfil do trajeto do veículo em termos de inclinação, de curva e de declive.

Para isso, um dispositivo de medida de deslocamento de um veículo autoguiado, compreendendo em sua borda dois acelerômetros, cada um, munidos de dois eixos de medida e cujos sinais de medida são acoplados a uma calculadora de deslocamentos, é proposto, de acordo com a reivindicação 1.

Como opção, pelo menos um taquímetro pode ser montado sobre um dos eixos do veículo e também ser acoplado com a calculadora de tratamento de dados oriundos assim de todos os captadores (acelerômetros e taquímetros). Os sinais de medida liberados pelo taquímetro podem ser utilizados para melhorar a precisão do dispositivo.

O dispositivo, de acordo com a invenção, libera, a partir dos ace-

leradores medidos sobre os eixos de medidas, dados de velocidade e de deslocamento longitudinal do veículo (por exemplo, ao longo de uma via ferroviária). Pode ser associado a qualquer tipo de dispositivo embarcado capaz de ter necessidade de uma medida precisa e contínua da velocidade e do deslocamento do veículo, independentemente das condições de aderência trilho / roda e independentemente do perfil do trajeto em termos de inclinação, de curva e de declive.

Os acelerômetros e seus eixos de medidas são dispostos de tal modo que permitem, a partir das medidas feitas sobre os diferentes eixos de medida, calcular uma aceleração longitudinal, uma aceleração lateral e uma aceleração de inclinação do veículo, para em seguida determinar por integração em tempo sobre os valores de aceleração, a velocidade e o deslocamento longitudinal do veículo.

O dispositivo, de acordo com a invenção, permite também vantajosamente detectar, de forma segura, uma imobilização do veículo sobre seu trajeto e gerar, para isso, uma informação de velocidade nula a partir das informações liberadas pelos captadores.

O dispositivo comporta um meio de autocalibragem e de autoteste que permite, quando o veículo está imóvel, verificar o bom funcionamento dos captadores e, por conseguinte, garantir com grande segurança dados colocados à disposição por outros sistemas embarcados.

Uma utilização adaptada do dispositivo, de acordo com a invenção, abrange o domínio dos veículos orientados, independentemente de seu tipo de orientação (mecânica ou imaterial, isto é, sem ligação mecânica entre o solo e o veículo), notadamente os trens, metropolitanos, tramway ou ônibus, e independentemente do tipo de rolamento (eixos, bogies) com rodas de ferro ou pneu. Deve, no caso, ser anotado que para essa categoria de veículo com geometria / chassi longilíneo, os efeitos de curvatura e de inclinação não são desprezíveis, segundo a posição (ou o desvio) dos acelerômetros a bordo do veículo). A invenção permite, então, vencer vantajosamente esses efeitos, a fim de determinar o deslocamento do veículo mais precisamente.

O dispositivo, de acordo com a invenção, permite assim calcular o movimento de um veículo orientado, não dispondo de eixos livres de qualquer esforço de frenagem e de tração, circulando sobre uma via de um perfil qualquer, conservando uma precisão equivalente àquela de um sistema de eixo livre, livrando-se das perdas de aderência (patinação e emperramento induzidos por esforços de tração / frenagem) e erros induzidos pelas acelerações lateral (curvatura) e vertical (inclinação).

Um conjunto de sub-reivindicações apresenta também vantagens da invenção.

Exemplos de realização e de aplicação são fornecidos com o auxílio de figuras descritas:

figura 1: um veículo munido de um dispositivo de medida de deslocamento do veículo autoguiado, segundo a invenção;

figura 2: um esquema de definição dos planos ligados ao veículo em deslocamento;

figura 3: um esquema de consideração do efeito de inclinação sobre o dispositivo;

figura 4: um esquema de consideração do efeito de curvatura sobre o dispositivo.

A figura 1 representa um veículo VEH munido de um dispositivo de medida de deslocamento do veículo auto-orientado, segundo a invenção, e pode ser associado à figura 2 vindo clarear como planos ligados ao veículo em deslocamento são definidos em acordo com acelerações sofridas pelo veículo e medidas por dois acelerômetros 101, 102. As figuras 3 e 4 mostram a disposição de eixos de medida Acc1, Acc2, Acc3, Acc4 dos acelerômetros segundo os planos escolhidos em função do tipo de aceleração Gx, Glat, Gpes (deslocamento longitudinal, efeito de curvatura ou/e de inclinação) sofrido pelo veículo em uma marcação ortonormalizada [X, Y, Z] centrada sobre os acelerômetros e cujo eixo X indica a direção de trajetória longitudinal do veículo.

O dispositivo de medida de deslocamento (posição instantânea Dx) do veículo autoguiado VEH compreende em sua borda:

- um acelerômetro 101 munido de dois eixos de medida Acc1, Acc2 em um plano longitudinal Py definido por um primeiro eixo X longitudinal segundo um deslocamento principal VEx suposto retilíneo do veículo e de um segundo eixo Z perpendicular ao piso do veículo;
- 5 - uma calculadora 103 conectada a um sinal de saída S1, S2 associado a cada eixo de medida Acc1, Acc2 na qual cada sinal de saída S1, S2 compreende uma medida em projeção ortogonal Gacc1, Gacc2 de uma resultante de aceleração global do veículo sobre o eixo de medida associado Acc1, Acc2;
- 10 - um segundo acelerômetro 102 sendo munido de pelo menos dois eixos de medida Acc3, Acc4 em um plano horizontal Pz definido pelo primeiro eixo X e um terceiro eixo Y perpendicular aos primeiro e segundo eixos X, Z;
- a calculadora 103 é conectada a um sinal de saída S3, S4 associado a cada eixo de medida Acc3, Acc4, na qual cada sinal de saída S3, S4 compreende uma medida em projeção Gacc3, Gacc4 da resultante de aceleração global do veículo sobre o eixo de medida associado Acc3, Acc4;
- 15 - o conjunto dos eixos de medida Acc1, Acc2; Acc3, Acc4 dos primeiro e segundo acelerômetros 101, 102 apresenta em seu plano respectivo Py, Pz um ângulo relativo A1+A2, A3+A4 sendo ajustável, portanto, ajustado, de forma que a calculadora 103 libera a partir das quatro medidas de projeção Gacc1, Gacc2, Gacc3, Gacc4 pelo menos um valor instantâneo de aceleração longitudinal Gx do veículo a cada ponto de um trajeto que compreende inclinação e curva. Em outros termos, o valor de aceleração longitudinal Gx é um valor exato de aceleração, considerando-se os efeitos de inclinação e de curvatura. Da mesma forma, uma perda de aderência levando a falsificar uma medida de aceleração que seria deduzida da rotação dos eixos, pode ser, no caso idealmente compensada.
- 20 Principalmente, o dispositivo, de acordo com a invenção, utiliza,
- 25 portanto, dois aceleradores 101, 102 bieixos fixados sobre a caixa do veículo e destinados a medir uma aceleração longitudinal e uma aceleração lateral do veículo. O veículo é submetido a três forças que produzem uma acelera-
- 30

ção longitudinal G_x (deslocamento do veículo submetido aos esforços de tração/ frenagem), uma aceleração lateral G_{lat} (a curvatura da trajetória induz uma aceleração centrífuga) e uma aceleração vertical G_{pes} devido ao peso que é exercido em presença de uma inclinação (a inclinação da trajetória). O primeiro acelerômetro 101, cujos dois eixos $Acc1$, $Acc2$ ficam situados no plano vertical P_y e o segundo acelerômetro 102, cujos dois eixos $Acc3$, $Acc4$ ficam situados no plano horizontal P_z vão permitir medir uma resultante das acelerações (longitudinais, laterais, peso) projetada sobre cada um dos quatro eixos de medida. Os ângulos entre os diferentes eixos de medida dos acelerômetros são conhecidos e fixados após ajuste. A calculadora 103 resolve um sistema composto de quatro equações, a fim de determinar quatro inconvenientes na posição D_x do veículo, a saber um ângulo de inclinação A_x de trajetória, um ângulo de aceleração lateral; A_y (resultante da força centrípeta devido à velocidade do veículo e dependente do raio de curvatura R da trajetória, assim como do desvio do acelerômetro em relação ao centro do veículo), um valor da aceleração lateral G_{lat} e o valor da aceleração longitudinal G_x . Por integrações sucessivas sobre a duração do trajeto, a calculadora 103 determina a velocidade longitudinal V_x e o deslocamento longitudinal D_x do veículo VEH sobre seu trajeto para qualquer inclinação e curva COURB.

Se necessário, o dispositivo, de acordo com a invenção, é completado por um taquímetro 108 para melhorar a precisão de medida precedente da velocidade V_x e da distância percorrida D_x . O taquímetro 108 é fixado sobre um dos eixos $R1a$, $R2a$, $R1b$, $R2b$ do veículo VEH e seu(s) sinal(is) de saída STb é(são) transmitido(s) à calculadora 103. A calculadora 103 avalia um deslocamento D_{xT} e uma velocidade V_{xT} a partir do(s) sinal(is) de medida do taquímetro. A calculadora efetua uma comparação entre os resultados de medida de deslocamento oriundos do taquímetro e aqueles oriundos dos acelerômetros. Quando para esses valores medidos, um desvio de medida é inferior a um limite, os valores de medida são reprovados sobre aqueles oriundos do taquímetro. Caso contrário (valor superior a um limite), não há correção dos resultados provenientes de medida dos

acelerômetros.

Tal como representado na figura 1, uma informação de velocidade nula Op pode também ser seguramente liberada pela calculadora 103, a partir de informações IM provenientes de uma aparelhagem do veículo (sinal de imobilização, indicador de velocidade nula, etc.) ou ser determinada pelo próprio dispositivo, de acordo com a invenção. Para essa determinação, a calculadora 103 trata as informações provenientes do taquímetro e dos acelerômetros.

Quando o dispositivo determina uma velocidade nula e, graças às particularidades da montagem proposta dos acelerômetros, o dispositivo tem também a capacidade vantajosa de utilizar uma função de autoteste. Essa função de autoteste permite avaliar correções necessárias a fornecer às medidas dos acelerômetros (após autocalibragem) e identificar defeitos de funcionamento dos acelerômetros. A multiplicidade dos eixos de medida fornece uma redundância muito vantajosa de várias medidas (devido aos dois acelerômetros bieixos) e permite, por uma verificação periódica de confiabilidade dos acelerômetros (por exemplo, a cada parada em estação), garantir medidas de teste (e, portanto, de deslocamento posterior) com uma probabilidade muito pequena de erro, tornando-as compatíveis com as exigências de segurança de um sistema seguro, tal como requerido no domínio ferroviário.

Na sequência dessa descrição, é feita referência às duas figuras 3 e 4.

Considerando-se os eixos de medida Acc1, Acc2 do primeiro acelerômetro 101 (vide a figura 3 na qual por precaução de clareza, a aceleração lateral Glat foi voluntariamente omitida), as componentes das medidas de projeção Gacc1, Gacc2 por adição das projeções das acelerações Gx, Glat, Gpes sobre cada um dos eixos Acc1, Acc2 do acelerômetro 101 são:

- sobre o eixo Acc1

$Gacc = \text{projeção}(Gx) - \text{projeção}(Gpes) - \text{projeção}(Glat)$

(1) $Gacc1 = Gx \cos(Ay) \cos(A1) + Gpes \sin(A1 - Ax) - Glat \sin(Ay) \cos(A1)$

- sobre o eixo Acc2

$G_{acc2} = \text{projecção (Gx)} - \text{projecção (Gpes)} - \text{projecção (Glat)}$

(2) $G_{acc2} = Gx \cos (Ay) \cos (A2) - Gpes \sin (A2+Ax) - Glat \sin (Ay) \cos (A2)$

5 Da mesma forma, considerando-se os eixos de medida Acc3, Acc4 do segundo acelerômetro 102 (vide a figura 4 na qual por precaução de clareza, a aceleração de inclinação Gpes foi voluntariamente omitida), as componentes das medidas de projecção Gacc3, Gacc4 por adição das projeções das acelerações Gx, Glat, Gpes sobre cada um dos eixos Acc3, Acc4
10 do acelerômetro 102 são:

- sobre o eixo Acc3

$G_{acc3} = \text{projecção (Gx)} - \text{projecção (Glat)} - \text{projecção (Gpes)}$

(3) $G_{acc3} = Gx (A3+Ay) - Glat \sin (A3+Ay) - Gpes \sin (Ax) \cos (A3)$

15 - sobre o eixo ACC4

$G_{acc4} = \text{projecção (Gx)} - \text{projecção (Glat)} - \text{projecção (Gpes)}$

(4) $G_{acc4} = Gx \cos (A4-Ay) + Glat \sin (A4-Ay) - Gpes \sin (Ax) \cos (A4)$

Com para as equações (1) a (4):

20 - o ângulo A1 no plano Py entre o eixo X e o eixo Acc1
- o ângulo A2 no plano Py entre o eixo X e o eixo Acc2
- o ângulo A3 no plano Pz entre o eixo X e o eixo Acc3
- o ângulo A4 no plano Pz entre o eixo X e o eixo Acc4
- o ângulo Ax de trajetória do veículo no plano Py (isto é, ângulo
25 entre a horizontal e o eixo X)

- a distância de desvio Dx entre o centro do veículo e o ponto de fixação dos acelerômetros 101, 102 embarcados sobre o veículo

- o ângulo Ay ligado ao raio de curvatura R no plano Py.

O ângulo Ay é calculado por $\text{Arctg} (Lx/R)$, portanto em primeira
30 aproximação Lx/R , visto que o valor do raio de curvatura R é usualmente mais elevado do que a distância de desvio Lx.

A resolução do sistema formado pelas quatro equações (1) a (4)

destaca técnicas matemáticas que não são descritas no caso e cuja finalidade é de calcular as quatro variáveis G_x , G_{lat} , A_x e A_y em função das medidas de valores de aceleração G_{acc1} , G_{acc2} , G_{acc3} , G_{acc4} , dos quais dispões a calculadora 103.

5 Todavia, a resolução do sistema é vantajosamente simplificada em certas hipóteses particulares de disposição dos acelerômetros 101, 102.

Dentre essas hipóteses, podem-se escolher ângulos relativos A_1+A_2 , A_3+A_4 , cada um definindo um ângulo ortogonal, isto é: $A_1+A_2 = 90^\circ$ e $A_3+A_4 = 90^\circ$. Assim, o dispositivo, de acordo com a invenção, pode pre-
10 ver que pelo menos um dos ângulo relativos A_1+A_2 , A_3+A_4 seja ortogonal.

O dispositivo, de acordo com a invenção, é realizado de tal forma que cada ângulo relativo A_1+A_2 , A_3+A_4 é, na realidade, subdividido (ou subdivisível) em primeiro e segundo ângulos A_1 , A_2 e respectivamente A_3 , A_4 correspondendo a ângulos de projeção entre os quatro eixos de medidas
15 Acc_1 , Acc_2 , Acc_3 , Acc_4 dos primeiro e segundo acelerômetro 101, 102 e o primeiro eixo X (eixo longitudinal, segundo um principal deslocamento suposto retilíneo do veículo).

Sob esse aspecto, é também muito vantajoso escolher os ângulos A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , tais como $A_1=A_2$ e $A_3=A_4$ e, em particular, tais como
20 $A_1=A_2=A_3=A_4 = 45^\circ$.

Com referência à escolha dos ângulos A_1 , A_3 , é também possível lhes atribuir valores ajustáveis, permitindo estimar ao máximo os efeitos de inclinação e de curvatura, s em prejudicar a precisão da medida de aceleração longitudinal.

25 A título de exemplo, se for escolhida a opção, para a qual os ângulos de projeção A_1 , A_2 ; A_3 , A_4 de cada acelerômetro são iguais, isto é $A_1=A_2$ e $A_3=A_4$, o sistema de equações precedente se torna:

$$(1) G_{acc1} = G_x \cos(A_y) \cos(A_1) + G_{pes} \sin(A_1 - A_x) - G_{lat} \sin(A_y) \cos(A_1)$$

$$30 (2) G_{acc2} = G_x \cos(A_y) \cos(A_1) - G_{pes} \sin(A_1 - A_x) - G_{lat} \sin(A_y) \cos(A_1)$$

$$(3) G_{acc3} = G_x \cos(A_3 + A_y) G_{lat} \sin(A_3 - A_y) - G_{pes} \sin(A_x) -$$

cos (A3)

$$(4) \text{ Gacc4} = \text{Gx} \cos (\text{A3-Ay}) + \text{Glat} \sin (\text{A3-Ay}) - \text{Gpes} \sin (\text{Ax})$$

cos (A3)

- 5 A resolução desse sistema permite determinar facilmente as quatro incógnitas buscadas e definidas pelas variáveis Gx, Glat, Ax, Ay, depois por integração em uma duração de deslocamento de daí deduzir a velocidade longitudinal Vx e a posição Dx associada sobre o trajeto do veículo:

$$\text{Vx} = \int (\text{Gx} \, dt)$$

$$\text{Dx} = \int (\text{Vx} \, dt)$$

- 10 O dispositivo, de acordo com a invenção, permite, portanto, que a calculadora 103 libere um valor de ângulo de inclinação Ax, de um ângulo Ay de aceleração lateral (isto é, representando a rotação da aceleração lateral (isto é, representando a rotação da aceleração lateral no ponto de fixação da montagem do acelerômetro em relação ao que ela seria no centro do veículo para o raio de curvatura R) em cada ponto do trajeto que compreende inclinação e curva.

Por extensão, a calculadora 103 libera uma velocidade Vx e uma posição Dx em cada ponto do trajeto que compreende inclinação e curva, integrando sucessivamente o valor de aceleração longitudinal Vx do veículo.

- 20 Tal como descrito anteriormente, o dispositivo pode também compreender:

- um taquímetro 104 disposto sobre pelo menos um eixo de veículo e liberando um valor taquímetro de velocidade VxT e posição DxT do veículo;
- 25 - os valores taquimétricos VxT, DxT e os valores de velocidade e de posição Vx, Dx obtidos e respectivamente liberados pela calculadora 103 são fornecidos a um comparador 106 compreendidos na calculadora 103;
- o comparador 106 determina desvios entre categorias de valores de velocidade e posição, e se estas estão abaixo de um limite predefinido,
- 30 do, uma reprovação dos valores de velocidade e de posição Vx, Dx liberadas pela calculadora 103 em cada ponto do trajeto, compreendendo inclinação e curva é feita sobre os valores taquimétricos VxT, DxT. Se os desvios estão

abaixo do limite, a reprovação é inibida.

Essa possibilidade de reprovação apresenta um aumento da precisão de medida de velocidade e de deslocamento baseado em uma simples medida suplementar de velocidade e de deslocamento proporcional ao raio da roda.

O dispositivo, de acordo com a invenção, pode também compreender um meio de detecção de velocidade nula do veículo estando compreendido ou acoplado à calculadora 103 e ao taquímetro 104. Este compreende pelo menos um correlator dos valores de velocidade e de posição V_x , D_x liberados pela calculadora 103 e valores taquimétricos correspondentes V_xT , D_xT .

Dessa forma, uma função de detecção de velocidade nula muito segura é realizada seja:

- considerando-se uma informação externa ao dispositivo colocado à disposição por um dos dispositivos do veículo (por exemplo, por meio de um sinal interno de veículo imobilizado);

- determinando uma parada do veículo por filtragem das informações de velocidade e de deslocamento V_x , D_x liberadas pela calculadora 103. Essa determinação pode assim ser correlacionada com os dados taquimétricos V_xT , D_xT correspondentes;

- em consequência desses tratamentos, se o veículo for realmente assegurado de estar na parada, o dispositivo coloca à disposição uma informação dita de velocidade nula.

Uma função dita de autoteste pode então vantajosamente utilizar a informação dita de velocidade nula. Quando essa informação é validamente fornecida, ela significa que o veículo fica imóvel e, por conseguinte, as acelerações longitudinal e lateral são então nulas.

O teste associado consiste assim em verificar que os valores de medida liberados pelos acelerômetros 101, 102 verificam o sistema de equações (1), (2), (3), (4) anteriormente determinado que se reduz então a:

$$(1) \text{ Gacc1} = \text{Gpes} \text{ sen } (A1-Ax)$$

$$(2) \text{ Gacc2} = - \text{Gpes} \text{ sen } (A2+Ax)$$

$$(3) \text{ Gacc3} = - \text{Gpes} \sin (A_x) - \cos (A_3)$$

$$(4) \text{ Gacc4} = - \text{Gpes} \sin (A_x) \cos (A_4)$$

Um exemplo de resolução desse sistema é dado no caso na hipótese particular de disposição dos acelerômetros, para a qual os ângulos de projeção $A_1, A_2 ; A_3, A_4$ são iguais por par em cada um dos planos P_y, P_z , isto é, que $A_1=A_2$ e $A_3=A_4$.

Das duas últimas equações (3) e (4) as seguintes relações (5) e (6) podem ser deduzidas:

$$(5) \text{ Gacc3} = \text{Gacc4}$$

$$(6) \text{ Se } (A_x) = -\text{Gacc3}/\text{Gpes} \cos(A_3)$$

Em relação ao termo $\text{Sen}(A_x)$ nas equações (1) e (2), é então possível verificar os valores medidos das acelerações projetadas $\text{Gacc1}, \text{Gacc2}$ do primeiro acelerômetro 101 com os resultados de cálculo acima:

as acelerações projetadas $\text{Gacc3}, \text{Gacc4}$ do segundo acelerômetro 102 são verificadas pela equação (5). Em primeira aproximação, é legítimo considerar que o declive tem pouca influência sobre a medida, o que é geralmente o caso, por exemplo, quando dos estacionamentos em garagem ou paradas na estação.

A fim de afinar a verificação das acelerações projetadas $\text{Gacc3}, \text{Gacc4}$ do segundo acelerômetro 102 é, todavia, também possível ler um valor do declive a partir de um banco de dados.

Por essas verificações e selecionando um limite de filtragem, podem-se determinar fatores de correção a fornecer às medidas oriundas dos acelerômetros. No caso do segundo acelerômetro 102, é possível aproveitar vantajosamente do processo lento de desvio dos acelerômetros antes de modificar seus fatores de correção. Esses fatores de correção serão aplicados em consequência de uma confirmação obtida após várias paradas. Esse número de paradas é ajustável em função da precisão retida. Isto permite autocalibrar o dispositivo, de acordo com a invenção.

Um segundo limite escolhido mais elevado do que o primeiro limita pode também ser definido para declarar o dispositivo, de acordo com a invenção, fora de funcionamento.

A fim de realizar a função de autoteste, o dispositivo, de acordo com a invenção, compreende:

- 5 - um meio de autocalibragem 105 dos acelerômetros 101, 102 ativável, caso o meio de detecção de velocidade nula confirme uma parada do veículo;
- o meio de autocalibragem que trata medidas oriundas dos acelerômetros 101, 102 e dadas por uma unidade de cálculo de acelerações 104 (ela própria recebendo as medidas oriundas dos acelerômetros 101, 102 e estando compreendida na calculadora 103);
- 10 - o meio de autocalibragem calibra as medidas em correspondência com valores nulas da aceleração longitudinal G_x e lateral G_{lat} do veículo.

O meio de autocalibragem 105 tem um primeiro modo de controle para verificar a igualdade dos valores de medida G_{acc3} , G_{acc4} sobre o
15 segundo acelerômetro 102 e um meio de recálculo do ângulo de inclinação A_x , a partir do qual os valores de medida G_{acc1} , G_{acc2} do primeiro acelerômetro 101 são verificados por meio de um segundo modo de controle. Assim, a verificação é tornada muito confiável e ainda mais se o ângulo de inclinação pode ser avaliado e confirmado em redundância por uma informação conhecida externa ao dispositivo.
20

Para essa realização em relação com a função de autoteste descrita anteriormente, além de um primeiro limite de erro proveniente de resultados do meio de autocalibragem 105, fatores de correções oriundos do meio de autocalibragem 105 são então retransmitidos à unidade de cálculo
25 104 (mais geralmente, à calculadora 103 de deslocamento).

Da mesma forma, além de um segundo limite de erro menos seguro que o primeiro limite proveniente de resultados do meio de autocalibragem 105, um indicador de falha de medida a bordo é ativado.

Um modelo simplificado da avaliação de uma probabilidade de
30 falha da função dita de autoteste pode ser assim realizado, considerando-se que, numa parada do veículo, medidas feitas sobre os eixos de medida $acc1$, $acc2$, $acc3$, $acc4$ dos acelerômetros 101, 102 são obtidas em redun-

dância.

Suponha-se um intervalo de tempo T entre duas paradas do veículo: a probabilidade de falha Pr da função de autoteste aplicada aos dois eixos de medida $Acc1$, $Acc2$ no plano Py é definida por:

$$5 \quad Pr = \lambda_{acc1} * \lambda_{acc2} * T$$

na qual as taxas de falha respectivas λ_{acc1} e λ_{acc2} dos eixos de medida $Acc1$ e $Acc2$ do acelerômetro bieixos são supostas, cada uma, igual a um valor comumente admitido de 10^{-5} no exemplo do seguinte cálculo:

$$10 \quad \begin{aligned} &\text{com } T = 60 \text{ segundos, } Pr = 10^{-10} * 0,017 = 1,7 * 10^{-12} \\ &\text{com } T = 10 \text{ segundos, } Pr = 10^{-10} * 0,17 = 1,7 * 10^{-12} \end{aligned}$$

Aparece, portanto, que se o veículo para periodicamente e com frequência, o dispositivo permite garantir um nível de confiança dos dados medidos que é requerido para a segurança exigida no domínio ferroviário.

De acordo com essa avaliação de uma probabilidade de falha da
15 função dita de autoteste, o dispositivo, de acordo com a invenção, pode então compreender um meio de avaliação de probabilidade de falha ativáveis entre duas paradas do veículo e empregando uma medida em redundância sobre os eixos de medidas dos acelerômetros. Esse meio de avaliação pode ser integrado no meio de autocalibragem 105 anteriormente descrito.

20 Enfim, o dispositivo, de acordo com a invenção, pode também opcionalmente compreender um detector de perda de aderência do veículo (em caso de patinação ou de emperramento) acoplado a pelo menos um dos primeiro e segundo acelerômetros 101, 102 bieixos para os quais as medidas de deslocamento podem ser associadas a valores externos (inclinação,
25 curvatura de um banco de dados de um sistema de balizamento de trajetória, etc.). Em caso de divergência desses dados, um risco de perda de aderência do veículo pode ser detectado e por extensão complementar à informação fornecida pelo sistema de detecção de velocidade nula (roda bloqueada, mas veicula em movimento).

30 O detector de perda de aderência do veículo pode também, se for o caso, ser acoplado a pelo menos um taquímetro 108 de eixo de veículo em adição de um dos primeiro e segundo acelerômetros 101, 102, de forma

a comparar seus dados de medida de movimento angular e respectivamente de deslocamento longitudinal. Através disso, a função de detecção de velocidade nula pode ser então tornada ainda mais segura.

Abreviaturas principais

- 5 X: eixo longitudinal (de deslocamento) do veículo
 Y: eixo perpendicular ao eixo X e no plano do piso do veículo
 Z: eixo perpendicular ao piso do veículo
 Px: plano ortogonal ao eixo X e determinado pelos eixos Y, Z
 Py: plano ortogonal ao eixo Y e determinado pelos eixos X, Z
 10 Pz: plano ortogonal ao eixo Z e determinado pelos eixos X, Y
 Gpes: aceleração do peso = $9,81 \text{ m/s}^2$
 Gx: aceleração longitudinal do veículo, segundo o eixo X
 Glat: aceleração lateral do veículo no ponto dos acelerômetros no veículo
 Vx: velocidade longitudinal, segundo o eixo X
 15 Dx: posição / deslocamento longitudinal segundo o eixo X
 VxT: velocidade longitudinal determinada pelo taquímetro
 DxT: deslocamento longitudinal determinado pelo taquímetro
 Acc1: primeiro eixo de medida do acelerômetro 101
 Acc2: segundo eixo de medida do acelerômetro 101
 20 Acc3: primeiro eixo de medida do acelerômetro 102
 Acc4: segundo eixo 2 de medida do acelerômetro 102
 A1: ângulo no plano Py entre o eixo X e o eixo Acc1
 A2: ângulo no plano Py entre o eixo X e o eixo Acc2
 A3: ângulo no plano Pz entre o eixo X e o eixo Acc3
 25 A4: ângulo no plano Pz entre o eixo X e o eixo Acc4
 Ax: ângulo de trajetória do veículo no plano Py (isto é, ângulo entre a horizontal e o eixo X)
 Lx: distância de desvio entre o centro do veículo e o ponto de fixação dos acelerômetros 101, 102
 30 Ay: ângulo ligado ao raio de curvatura no plano Py. Ay é calculado por $\text{Arctg}(Lx / R)$, portanto em primeira aproximação Lx/R
 Vx: velocidade longitudinal do veículo, segundo o eixo X.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de medida de deslocamento de um veículo auto-orientado (VEH) compreendendo em sua borda:

5 - um acelerômetro (101) munido de dois eixos de medida (Acc1, Acc2) em um plano longitudinal (Py) definido por um primeiro eixo (X) longitudinal segundo um principal deslocamento suposto retilíneo do veículo e de um segundo eixo (Z) perpendicular ao piso do veículo;

10 - uma calculadora (103) conectada a um sinal de saída (S1, S2) associado a cada eixo de medida (Acc1, Acc2) na qual cada sinal de saída (S1, S2) compreende uma medida em projeção (Gacc1, Gacc2) de uma resultante de aceleração global do veículo sobre o eixo de medida associado (Acc1, Acc2),

caracterizado pelo fato de que:

15 - um segundo acelerômetro (102) é munido de pelo menos dois eixos de medida (Acc3, Acc4) em um plano horizontal (Pz) definido pelo primeiro eixo (X) e um terceiro eixo (Y) perpendicular ao primeiro e segundo eixos (X, Z);

20 - a calculadora (103) é conectada a um sinal de saída (S3, S4) associado a cada eixo de medida (Acc3, Acc4), na qual cada sinal de saída (S3, S4) compreende uma medida em projeção (Gacc3, Gacc4) da resultante de aceleração global do veículo sobre o eixo de medida associado (Acc3, Acc4);

25 - os eixos de medida (Acc1, Acc2; Acc3, Acc4) dos primeiro e acelerômetros (101, 102) apresentam em seu plano respectivo (Py, Pz) um ângulo relativo (A1+A2, A3+A4) sendo ajustável, de forma que a calculadora (103) libera a partir das quatro medidas de projeção (Gacc1, Gacc2, Gacc3, Gacc4) pelo menos um valor instantâneo de aceleração longitudinal (Gx) do veículo a cada ponto de um trajeto que compreende inclinação e curva.

30 2. Dispositivo, de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual pelo menos um dos ângulos relativos (A1+A2, A3+A4) é ortogonal.

3. Dispositivo, de acordo com uma das reivindicações preceden-

tes, para o qual cada ângulo relativo ($A1+A2$, $A3+A4$) é subdividido nos primeiro e segundo ângulos ($A1$, $A2$; $A3$, $A4$) correspondentes aos ângulos de projeção entre os quatro eixos de medidas ($Acc1$, $Acc2$, $Acc3$, $Acc4$) dos primeiro e segundo acelerômetros (101, 102) e o primeiro eixo (X).

5 4. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 3, para o qual os ângulos de projeção ($A1=A2$; $A3=A4$) de cada acelerômetro são iguais.

5. Dispositivo, de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual a calculadora (103) libera a cada ponto do trajeto que compreende inclinação e curva um valor de aceleração lateral ($Glat$), de ângulo de inclinação (Ax), um ângulo de aceleração lateral (Ay) resultante da força centrífuga, devido à velocidade do veículo e dependente de um raio de curvatura (R) da trajetória assim como de um desvio do acelerômetro em relação ao centro do veículo.

15 6. Dispositivo, de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual a calculadora (103) libera uma velocidade (Vx) e uma posição (Dx) a cada ponto do trajeto que compreende inclinação e curva, integrando sucessivamente o valor de aceleração longitudinal (Gx) do veículo.

7. Dispositivo, de acordo com uma das reivindicações precedentes, compreendendo:

20 - um taquímetro (104) sendo disposto sobre pelo menos um eixo do veículo e liberando um valor taquimétrico de velocidade (VxT) e posição (DxT) do veículo;

25 - os valores taquimétricos (VxT , DxT) obtidos e os valores de velocidade e de posição (Vx , Dx) liberados pela calculadora (103) sendo fornecidos a um comparador (106);

30 - o comparador (106) determinando os desvios entre categorias de valores de velocidade e posição, e se estas estiverem abaixo de um limite predefinido, uma reprovação dos valores de velocidade e de posição (Vx , Dx) obtidos pela calculadora (103) a cada ponto do trajeto que compreende inclinação e curva é feita sobre os valores taquimétricos (VxT , DxT).

8. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, compreendendo um meio de detecção de velocidade nula (107) do veículo acoplado à calcu-

ladora (103) e ao taquímetro (104) e compreende pelo menos um correlator valores de velocidade e de posição (V_x , D_x) liberados pela calculadora (103) e valores taquimétricos (V_{xT} , D_{xT}).

5 9. Dispositivo, de acordo com as reivindicações 5 e 8, compreendendo:

- um meio de autocalibragem (105) do acelerômetros (101, 102) sendo ativável, se o meio de detecção de velocidade nula confirma uma parada do veículo,

- o meio de autocalibragem que trata medidas oriundas dos acelerômetros 101, 102, e dados por uma unidade de cálculo de acelerações 104 compreendida na calculadora 103;

- o meio de autocalibragem calibra as medidas em correspondência com valores nulos da aceleração longitudinal (G_x) e lateral (G_{lat}) do veículo.

15 10. Dispositivo, de acordo com as reivindicações 4 e 9, para o qual o meio de autocalibragem (105) tem um primeiro modo de controle para verificar a igualdade dos valores de medida (G_{acc3} , G_{acc4}) sobre o segundo acelerômetro (102) e um meio de recálculo do ângulo de inclinação (A_x) a partir do qual os valores de medida (G_{acc1} , G_{acc2}) do primeiro acelerômetro (101) são verificados por meio de um segundo modo de controle.

20 11. Dispositivo, de acordo com uma das reivindicações 9 ou 10, para o qual além de um primeiro limite de erro proveniente de resultados do meio de autocalibragem, dos fatores de correções oriundos do meio de autocalibragem são transmitidos à calculadora (103).

25 12. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, para o qual além de um segundo limite de erro menos seguro que o primeiro limite proveniente de resultados do meio de autocalibragem, um indicador de falha de medida a bordo é ativado.

30 13. Dispositivo, de acordo com uma das reivindicações 7 a 12, compreendendo um meio de avaliação de probabilidade de falha ativável entre duas paradas do veículo e empregando uma medida em redundância sobre os eixos de medidas dos acelerômetros.

14. Dispositivo, de acordo com uma das reivindicações precedentes, compreendendo um detector de perda de aderência do veículo acoplado a pelo menos um dos primeiro e segundo acelerômetros.

5 15. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 14, para o qual o detector de perda de aderência do veículo é acoplado a pelo menos um taquímetro em adição de um dos primeiro e segundo acelerômetros.

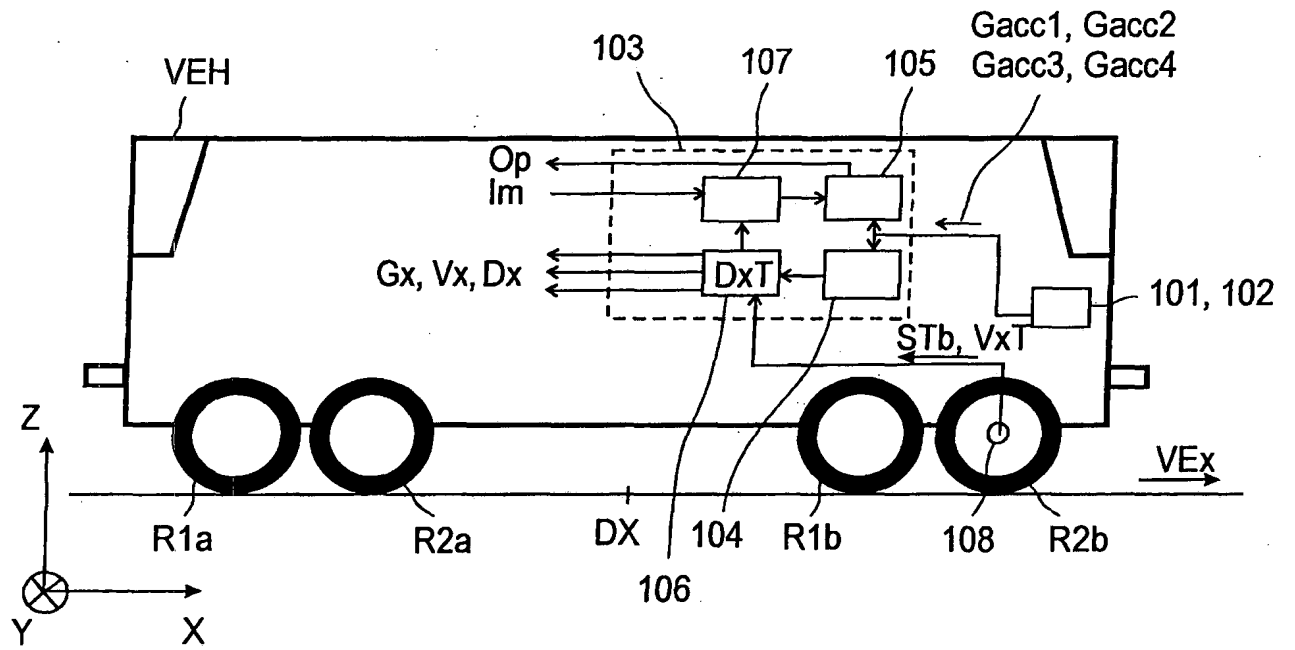


FIG 1

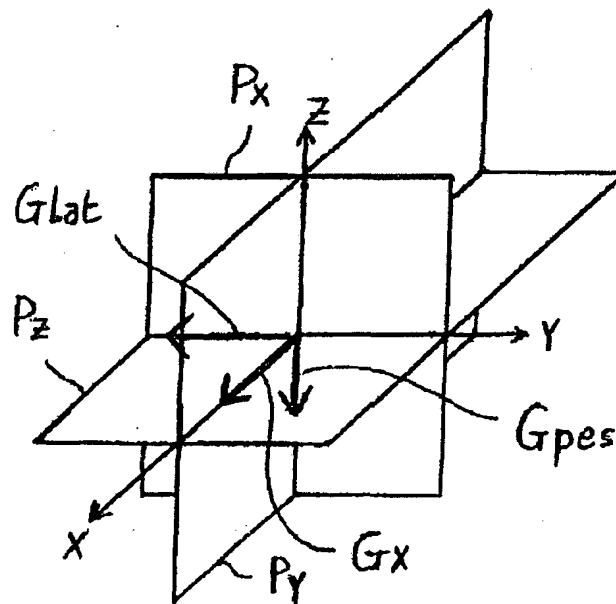


FIG 2

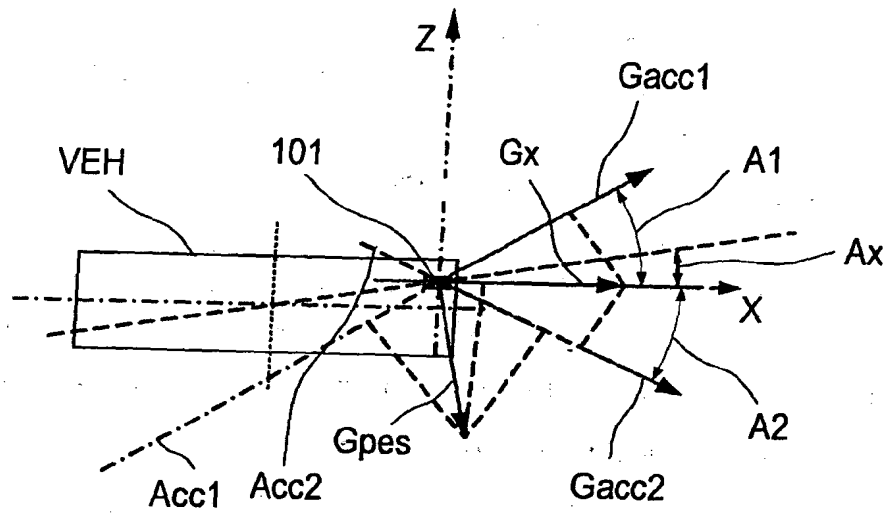


FIG 3

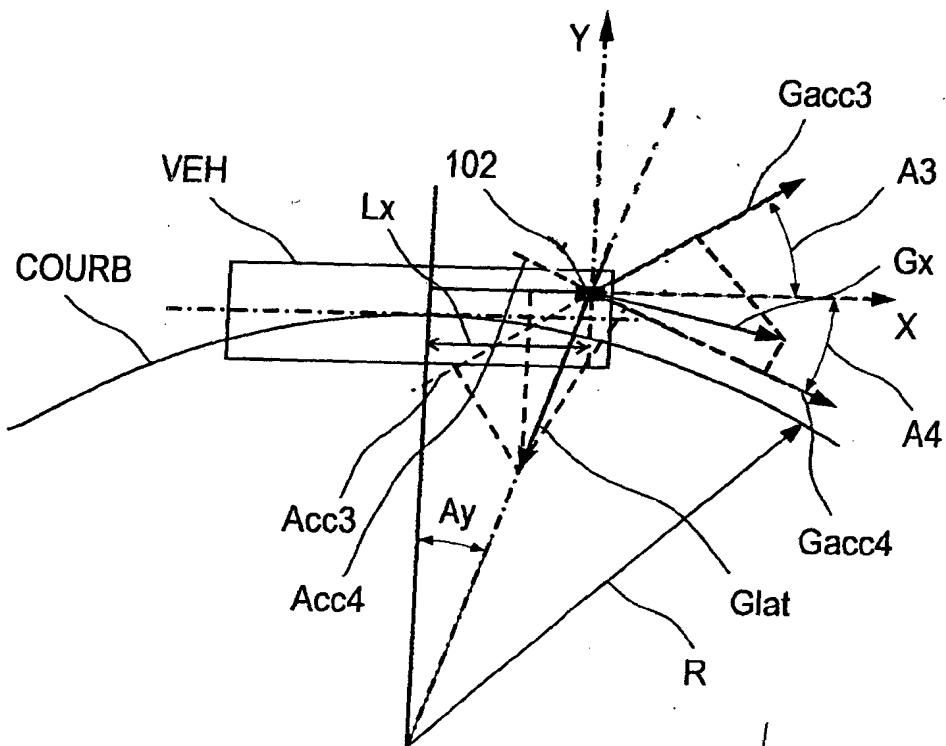


FIG 4

RESUMO

Patente de Invenção: **"DISPOSITIVO DE MEDIDA DE DESLOCAMENTO DE UM VEÍCULO AUTO-ORIENTADO"**.

A presente invenção refere-se a um dispositivo de medida de deslocamento de um veículo auto-orientado que apresenta uma robustez de medida aumentada, em particular quando de uma perda de aderência e independentemente do perfil do trajeto do veículo em termos de inclinação, de curva e declive. Para isso, um dispositivo de medida de deslocamento de um veículo auto-orientado compreende em sua borda dois acelerômetros acoplados a uma calculadora de deslocamento e no qual cada um dos acelerômetros é munido de dois eixos de medida sobre os quais são medidas projeções de uma resultante de aceleração do veículo. Os quatro eixos de medida dos acelerômetros são ajustados de tal forma que a calculadora libera, a partir das quatro medidas de projeção, pelo menos um valor de aceleração longitudinal muito exato do veículo a cada ponto de um trajeto que compreende inclinação e curva.