



CH 690 032 A5



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

11 CH 690 032 A5

51 Int. Cl.⁷: B 61 F 005/38
B 61 D 013/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

12 FASCICULE DU BREVET A5

21 Numéro de la demande: 02230/94

22 Date de dépôt: 13.07.1994

24 Brevet délivré le: 31.03.2000

45 Fascicule du brevet
publiée le: 31.03.2000

73 Titulaire(s):
"Vevey" Technologies S.A. Villeneuve,
Route de Pré Jaquet, Case postale 32,
1844 Villeneuve VD (CH)

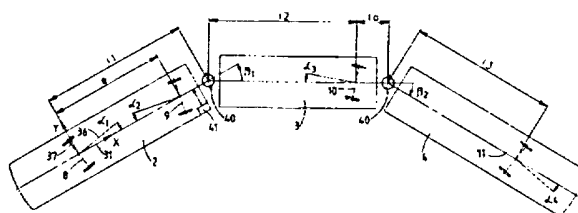
72 Inventeur(s):
Pouyt, Daniel, Ollon VD (CH)
Donato, Laurent, Clarens (CH)

74 Mandataire:
Ardin & Cie S.A., 122, rue de Genève
C.P. 56, 1226 Thônex (Genève) (CH)

54 Procédé de réglage de l'orientation des dispositifs de roulement à roues orientables d'un ensemble roulant sur rail et ensemble roulant utilisant ce procédé.

57 L'ensemble roulant ou véhicule ferroviaire comprend des caisses (2, 3, 4) articulées les unes aux autres et des dispositifs de roulement (8 à 11) dont l'orientation des roues peut être réglée pour obtenir la tangence avec les rails. Un dispositif de réglage comporte à cet effet des capteurs (40) permettant de mesurer les angles relatifs (β_1 , β_2) entre les axes longitudinaux (31) des caisses. Une unité de calcul (41) est adaptée à déterminer pour chaque dispositif de roulement (8 à 11) l'angle variable (α_1 , α_2 , α_3 , α_4) entre une direction perpendiculaire aux axes (37) des roues et l'axe longitudinal (31) de la caisse concernée en partant des valeurs des angles relatifs (β_1 , β_2) mesurés. Un organe d'ajustage sous forme d'un vérin règle alors l'orientation des roues en fonction des angles variables calculés.

Un tel réglage des roues permet une orientation des roues précise, une sécurité accrue, tout en réduisant les prix de revient des véhicules ferroviaires en particulier à plancher surbaissé.



CH 690 032 A5

Description

La présente invention concerne un procédé de réglage de l'orientation des dispositifs de roulement à roues orientables d'un ensemble roulant sur rails comportant au moins deux unités roulantes, wagons ou caisses composant un wagon, articulées et/ou accouplées l'une à l'autre, l'ensemble étant disposé sur les rails par l'intermédiaire de dispositifs de roulement à roues orientables dont les plans principaux font des angles variables avec une direction parallèle à l'axe longitudinal de l'unité roulante sur laquelle ils sont montés, le procédé s'effectuant en ajustant lesdits angles variables en fonction de la courbure des rails de façon que les plans principaux des roues soient sensiblement confondus avec des tangentes aux rails.

Dans de tels ensembles roulants, en particulier des tramways, il est pour certaines applications très important d'abaisser le plus possible le plancher du véhicule. Il n'est alors plus possible d'utiliser des bogies à deux essieux ou davantage. On utilisera alors de préférence des dispositifs de roulement ne comportant que deux roues qui devront être guidées de façon adéquate.

On connaît un tel véhicule ferroviaire articulé dans lequel les dispositifs de roulement sont guidés de façon mécanique grâce à une poulie de guidage coopérant avec un rail latéral. Ce dispositif nécessite le montage d'un rail de guidage supplémentaire et ne peut donc s'appliquer à toutes les utilisations urbaines possibles. En outre, le dispositif est très onéreux.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients et l'invention est caractérisée par le fait que l'on mesure l'angle relatif entre les axes longitudinaux d'au moins deux unités roulantes, en ce que l'on calcule lesdits angles variables pour au moins un des dispositifs de roulement en fonction dudit angle relatif mesuré et que l'on oriente ses roues conformément auxdits angles variables calculés.

Par ces mesures on obtient un véhicule ferroviaire articulé dans lequel les roues sont en tous temps en tangence avec les rails. La sécurité au déraillement s'en trouve accrue. Le bruit caractéristique de grincement des tramways en courbe est fortement diminué, voire éliminé et l'usure des roues est sensiblement réduite. Le procédé est en outre facilement réalisable et d'un prix de revient relativement faible. Du fait de l'orientation des roues donnée par le calcul et non par un contrôle mécanique, le réglage des roues peut être adapté à tous parcours et peut être modifié et amélioré ultérieurement à très peu de frais.

Une variante avantageuse est caractérisée par le fait que l'on repère la position des dispositifs de roulement selon un système de coordonnées, que l'on détermine une fonction d'arc de cercle d'au moins un cercle osculateur passant par les centres de trois dispositifs de roulement et que l'on détermine la valeur desdits angles variables à partir de la dérivée de ladite fonction d'arc de cercle.

Etant donné que les parcours ferroviaires sont constitués de droites et d'arcs de cercles, ces dispositions permettent d'obtenir très facilement une excellente orientation des roues.

Avantageusement on corrige les angles variables obtenus par le ou les cercles osculateurs au moyen de fonctions de correction empiriques se basant sur la variation desdits angles relatifs pour une distance parcourue.

On peut ainsi corriger des irrégularités de parcours telles que des entrées et des sorties de courbes ou des courbes en «S».

Le procédé peut être adapté à des ensembles roulants comprenant au moins trois unités roulantes et au moins quatre dispositifs de roulement. Il est alors caractérisé par le fait que l'on mesure un premier angle relatif entre une première et une seconde unité roulante et un second angle relatif entre la seconde et une troisième unité roulante, par le fait que l'on utilise au moins ces deux angles relatifs pour déterminer au moins deux fonctions d'arcs de cercle d'au moins deux cercles osculateurs, un premier passant par les centres des trois premiers dispositifs de roulement, le second passant par les centres des trois derniers dispositifs de roulement, et par le fait que l'on détermine la valeur desdits angles variables à partir des dérivées des deux fonctions d'arc de cercle, la valeur des angles variables des dispositifs de roulement appartenant à deux cercles osculateurs étant obtenue en faisant la moyenne des valeurs obtenues par chacun des cercles osculateurs.

Le procédé peut également être adapté à des ensembles roulants comportant un nombre d'unités roulantes supérieur à trois, il est alors caractérisé par le fait que l'on détermine plusieurs cercles osculateurs par groupe de trois dispositifs de roulement, tous les dispositifs de roulement à l'exception de ceux disposés à l'extrémité de l'ensemble roulant, servant à l'interpolation de deux cercles osculateurs et les angles relatifs étant obtenus par moyenne des valeurs obtenues par chacun des deux cercles osculateurs, les angles variables obtenus étant corrigés au moyen desdites fonctions de correction.

Par ces procédés, on obtient une orientation très précise des roues en utilisant des moyens peu chers et qui peuvent être adaptés en tous temps.

L'invention se réfère également à un ensemble roulant sur rail dont l'orientation des roues est réglée selon le procédé précédemment défini, comportant au moins deux unités roulantes, wagons ou caisses composant un wagon, articulées et/ou accouplées l'une à l'autre, l'ensemble étant disposé sur les rails par l'intermédiaire de dispositifs de roulement à roues orientables dont le plan principal fait un angle variable avec une direction parallèle à l'axe longitudinal de l'unité roulante sur laquelle ils sont montés, caractérisé par le fait que l'ensemble roulant comporte au moins un dispositif de réglage destiné à

ajuster ledit angle variable en fonction de la courbure des rails de façon que le plan principal des roues soit sensiblement confondu avec la tangente aux rails, ce dispositif de réglage comprenant au moins un organe de mesure susceptible de déterminer un angle relatif entre les axes longitudinaux d'au moins deux unités roulantes, au moins une unité de calcul destinée à calculer les angles variables pour chacun des dispositifs de roulement en fonction dudit angle relatif, et des organes d'ajustage associés aux dispositifs de roulement et susceptibles d'orienter les roues conformément audit angle variable calculé.

Le véhicule ferroviaire présente donc selon l'invention des moyens simples à monter et peu chers permettant d'obtenir une orientation précise des roues assurant donc une sécurité accrue.

D'autres avantages ressortent des caractéristiques exprimées dans les revendications dépendantes et de la description exposant ci-après l'invention plus en détail à l'aide de dessins qui représentent schématiquement et à titre d'exemple un mode d'exécution et des variantes.

La fig. 1 est une vue schématique en perspective d'un premier mode d'exécution sous forme d'un tramway, la partie supérieure du véhicule étant séparé du châssis pour plus de clarté.

La fig. 2 représente en perspective un dispositif de roulement utilisé dans le véhicule illustré à la fig. 1.

La fig. 3 est une vue schématique en plan du véhicule de la fig. 1.

La fig. 4 représente un schéma bloc du dispositif de réglage utilisé dans le véhicule illustré à la fig. 1.

La fig. 5 est une vue schématique en plan d'une variante présentant un arrangement différent des dispositifs de roulement.

L'ensemble roulant représenté à la fig. 1 est un tramway 1 comportant trois unités roulantes sous forme de caisses 2, 3 et 4 articulées les unes aux autres de façon mobile grâce à des articulations à soufflet 5. Chaque caisse est composée d'un châssis 6 et d'une superstructure 7. La première caisse 2 comprend deux dispositifs de roulement 8, 9 chacun à deux roues orientables, tandis que la deuxième et la troisième caisse 3, 4 comportent chacune seulement un dispositif de roulement 10, 11. Un tel dispositif de roulement, ou bogie à deux roues, est illustré de façon plus détaillée à la fig. 2. Il présente deux roues 15, 16 entraînées séparément par des moteurs 17, 18 dont le bâti est fixé à un châssis 20 du dispositif de roulement. Le châssis 20 présente deux traverses 21 reliées par des entretoises 22 et des barres stabilisatrices 23. Il supporte également des freins électromagnétiques 24 destinés à coopérer avec les rails 25. Une couronne 28 solidaire du châssis 20 via les barres 23, sert de pivot de liaison avec la caisse 2, 3 ou 4 sur laquelle le dispositif de roulement est monté de façon tournante.

L'ensemble roulant comprend en outre, associé à chaque dispositif de roulement 8 à 11, un dispositif de réglage 30 destiné à ajuster un angle variable (α_j) entre le plan principal 32 des roues 15, 16 et une direction parallèle à l'axe longitudinal 31 de la caisse 2, 3, 4 sur laquelle le dispositif de roulement est monté. Ce dispositif de réglage permet ainsi d'ajuster l'orientation des roues selon la courbure des rails pour que le plan des roues 32 soit sensiblement confondu avec la tangente aux rails. Le dispositif de réglage comporte à cet effet un organe d'ajustage sous forme d'un vérin commandé 34 reliant le châssis 20 du dispositif de roulement au châssis 6 des caissons 2, 3, ou 4.

La fig. 3 illustre schématiquement les caisses 2, 3 et 4, les dispositifs de roulement 8 à 11 étant orientés de telle manière que les plans des roues ou les normales 36 aux axes 37 des roues font des angles variables α_1 , α_2 , α_3 ou α_4 avec les axes longitudinaux 31 de chaque caisse 2, 3, 4. Les angles relatifs β_1 , respectivement β_2 entre les axes longitudinaux 31 de la première 2 et de la deuxième 3 caisse, respectivement entre les axes longitudinaux 31 de la deuxième 3 et de la troisième 4 caisse sont utilisés pour le calcul des angles variables α_1 , α_2 , α_3 et α_4 . Le tramway comporte à cet effet un organe de mesure 40 associé à chaque articulation entre deux caisses sous forme d'un capteur destiné à mesurer l'angle relatif β_1 ou β_2 . Ces capteurs 40 sont placés sous la couronne d'articulation. Une partie du capteur est solidaire de la couronne alors qu'une autre partie est solidaire de la caisse. Un système de mesure inductif ou capacitif permet, par la variation de champ enregistrée entre les deux éléments composant le capteur, de connaître la rotation de la couronne. Les valeurs des angles variables β_1 , β_2 mesurées sont délivrées à une unité de calcul 41 qui calcule les valeurs pour chacun des angles α_j de chacun des dispositifs de roulement. Les valeurs d'angle α_j sont acheminées vers des servocontrôleurs 42 (fig. 2) destinés à commander le mouvement des vérins 34 associés à chacun des dispositifs de roulement pour orienter les roues conformément auxdits angles variables α_j calculés de façon que les plans principaux des roues soient sensiblement confondus avec les tangentes aux rails.

L'unité de calcul 41 est agencée de façon à élaborer une mise en équation de la trajectoire des rails, qui fournit alors, en tous points, la tangente à la trajectoire, ce qui permet un positionnement idéal des roues des dispositifs de roulement minimisant ainsi leur frottement avec les rails.

Le choix des fonctions pour la mise en équation du tracé de chemin de fer est relativement simple puisque les tracés se composent généralement soit de droites soit d'arcs de cercle. Les fonctions utilisées seront donc des droites et des cercles osculateurs dont il reste à calculer les paramètres, à savoir les coordonnées de leurs centres a, b et leurs rayons ρ .

Prenons l'exemple d'une rame composée de trois caisses (fig. 3). Un système de coordonnées est attaché à la première caisse. On repère le centre des trois premiers dispositifs de roulement ou bogies par rapport à ce système; ils définissent le premier cercle osculateur. De la même manière, le centre

des trois derniers dispositifs de roulement ou bogies sont repérés et définissent le deuxième cercle osculateur.

Les dérivées des cercles osculateurs aux positions correspondant aux centres des dispositifs de roulement donnent la direction de tangence des roues. Dans le cas où un dispositif de roulement appartient aux deux cercles osculateurs, il existe deux tangentes. Le résultat final est obtenu en prenant la moyenne entre les deux tangentes.

Si le tramway se situe sur une droite ou dans une courbe à rayon constant, l'approximation mathématique sera exacte. Dans tous les autres cas (entrée en courbe, courbe à rayon variable, etc.) une erreur apparaîtra. Cette erreur pourra, le cas échéant, être réduite par l'introduction de fonctions de correction, basées sur la variation des angles $\Delta\beta$ entre les caisses pour une distance parcourue.

Les symboles suivants seront utilisés par la suite:

| | |
|-----------------------|---|
| a, b [m] | coordonnées des centres des cercles osculateurs |
| e [m] | entr'axe entre les dispositifs de roulement |
| l, l _a [m] | longueurs entre dispositifs de roulement et articulations |
| m | pente des tangentes aux cercles osculateurs |
| s [m] | distance parcourue |
| t [sec] | temps |
| v [m/sec] | vitesse |
| x, y [m] | coordonnées des centres des dispositifs de roulement |
| G, H, K, L [m] | facteurs de correction dépendant de la géométrie de l'unité roulante et du dispositif de roulement concerné |
| α [degrés] | angle variable par rapport à l'axe de la caisse |
| α_C [degrés] | angle variable corrigé par rapport à l'axe de la caisse |
| β [degrés] | angle relatif entre les caisses |
| γ [degrés/m] | constante correspondant à une limite d'un intervalle de mesure. |
| ρ [m] | rayon des cercles osculateurs |
| Ψ [degrés] | angle des tangentes au premier cercle osculateur |
| Ψ' [degrés] | angle des tangentes au deuxième cercle osculateur |
| x | matrice |

Les coordonnées des centres des dispositifs de roulement sont données par les secteurs suivants:

$$\begin{bmatrix} x1 \\ y1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

$$\begin{bmatrix} x2 \\ y2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

$$\begin{bmatrix} x3 \\ y3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l1 \\ 0 \end{bmatrix} + l2 \begin{bmatrix} \cos(\beta1) \\ \sin(\beta1) \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

$$\begin{bmatrix} x4 \\ y4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l1 \\ 0 \end{bmatrix} + (l2 + la) \begin{bmatrix} \cos(\beta1) \\ \sin(\beta1) \end{bmatrix} + l3 \begin{bmatrix} \cos(\beta2) \\ \sin(\beta2) \end{bmatrix} \quad (1.4)$$

On cherche un cercle de rayon ρ et de centre (a, b) passant par un groupe de trois points correspondant aux centres des dispositifs de roulement. L'équation du cercle est du type:

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = \rho^2 \quad (1.5)$$

qui peut s'écrire sous la forme d'une fonction d'arc de cercle:

$$y = \sqrt{\rho^2 - (x - a)^2} + b \tag{1.6}$$

5 La dérivée $m = y'(x)$ de 1.6 est donnée par l'équation:

$$m = \frac{a - x}{\sqrt{\rho^2 - (x - a)^2}} \tag{1.7}$$

10 La valeur de cette dérivée au point x donne la pente de la droite tangente à l'arc de cercle, au point considéré. Son angle avec l'abscisse est

$$15 \Psi = \arctg(m) \tag{1.8}$$

Le calcul des coordonnées du centre et du rayon ρ des cercles osculateurs revient à la résolution d'un système à trois équations 1.5 à trois inconnues (a , b et ρ) et qui peut s'écrire, pour le premier cercle osculateur, sous la forme matricielle suivante:

$$\begin{bmatrix} a1 \\ b1 \end{bmatrix} = \chi_1^{-1} \begin{bmatrix} x1^2 - x2^2 + y1^2 - y2^2 \\ x1^2 - x3^2 + y1^2 - y3^2 \end{bmatrix} \tag{1.9}$$

25 où

$$\chi_1 = 2 \begin{bmatrix} x1 - x2 & y1 - y2 \\ x1 - x3 & y1 - y3 \end{bmatrix} \tag{1.10}$$

30 et pour le deuxième cercle:

$$\begin{bmatrix} a2 \\ b2 \end{bmatrix} = \chi_2^{-1} \begin{bmatrix} x2^2 - x3^2 + y2^2 - y3^2 \\ x2^2 - x4^2 + y2^2 - y4^2 \end{bmatrix} \tag{1.11}$$

40 où

$$\chi_2 = 2 \begin{bmatrix} x2 - x3 & y2 - y3 \\ x2 - x4 & y2 - y4 \end{bmatrix} \tag{1.12}$$

45 Les rayons ρ_1 et ρ_2 des cercles osculateurs sont calculés à l'aide de l'équation 1.5.

La détermination des centres $(a1, b1)$, $(a2, b2)$ et des rayons ρ_1 et ρ_2 des deux cercles permet le calcul de tous les angles Ψ grâce aux équations (1.7) et (1.8).

50 Pour déterminer les angles variables α entre les dispositifs de roulement et les axes des caisses, il faut encore déduire l'angle relatif β de la caisse correspondante. De plus pour les dispositifs de roulement 9 et 10 appartenant aux deux cercles, le résultat final est obtenu par moyenne des deux angles Ψ et Ψ' calculés pour le premier et le deuxième cercle respectivement ainsi:

$$55 \alpha 1 = \psi 1 \tag{1.13}$$

$$\alpha 2 = \frac{1}{2}(\psi 2 + \psi 2') \tag{1.14}$$

$$60 \alpha 3 = \frac{1}{2}(\psi 3 + \psi 3') - \beta 1 \tag{1.15}$$

$$\alpha 4 = \psi 4 - (\beta 1 + \beta 2) \tag{1.16}$$

65

Les angles donnés par les équations (1.13) à (1.16) peuvent être corrigés par des fonctions empiriques dans le cas où la trajectoire réelle du tramway diffère trop d'une droite ou d'une courbe à rayon constant par exemple pour une entrée en courbe, un virage en S, etc.

Les fonctions de correction se basent sur la variation des angles relatifs entre les caisses β_1 et β_2 , pour une distance parcourue Δs . Ainsi les angles variables corrigés α_{jc} fournis au dispositif de réglage des dispositifs de roulement sont de la forme:

Pour $\beta_2 = 0$ et $\Delta\beta_2 = 0$ et pour:

$$\left| \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} \right| \in [\gamma_i, \gamma_{i+1}] \Rightarrow \alpha_{1c} = \alpha_1 + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} K_i \quad (1.17)$$

$$\Rightarrow \alpha_{2c} = \alpha_2 + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} L_i \quad (1.18)$$

$$v \left| \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} \right| \Rightarrow \alpha_{3c} = \alpha_{4c} = 0 \quad (1.19)$$

Pour $\Delta\beta_2 \neq 0$

$$\alpha_{jc} = \alpha_j + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} G_j + \frac{\Delta\beta_2}{\Delta s} H_j \quad j=1..4 \text{ dépendant du dispositif de roulement concerné} \quad (1.20)$$

où

$$\Delta\beta = \beta(t + \Delta t) - \beta(t) \quad (1.21)$$

$$\Delta s = v \Delta t \quad (1.22)$$

Les intervalles définis par les différentes valeurs γ peuvent être affinés à volonté.

Les facteurs de correction K_j , L_j , G_j , H_j sont dépendants de la géométrie du tramway. Ils sont obtenus de façon empirique en comparant les résultats théoriques obtenus grâce aux équations (1.13) à (1.16) avec les valeurs virtuelles obtenues par simulation informatique par exemple.

Dans le schéma représenté à la fig. 4 l'unité de calcul 41 est raccordée à l'alimentation 43 et reçoit la valeur des angles relatifs β_1 et β_2 des capteurs 40 et le signal provenant du tachymètre 44 de l'ensemble roulant. Il délivre les valeurs calculées des angles variables α_{jc} aux servocontrôleurs 42. Ces derniers commandent les vérins hydrauliques 34 par l'intermédiaire d'une pompe 45 de façon à ajuster l'orientation des roues conformément à l'angle variable α_{jc} calculé.

La fig. 5 représente une variante d'ensemble roulant ou rame 50 comprenant également trois caisses 52, 53, 54. La première caisse 52 présente un dispositif de roulement 58, la seconde caisse 53 deux dispositifs de roulement 59, 60 et la troisième caisse 54 un seul dispositif de roulement 61. L'ensemble roulant 50 est centrosymétrique et les longueurs 11 et 13 sont 7,50 m, l'entr'axe e est 6,50 m, la longueur la est 1,75 m et la longueur 12 est 8,25 m.

Les coordonnées des centres des dispositifs de roulements sont données par les vecteurs suivants:

$$\begin{bmatrix} x1 \\ y1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} x2 \\ y2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l1 \\ 0 \end{bmatrix} + l2 \begin{bmatrix} \cos(\beta2) \\ \sin(\beta2) \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$\begin{bmatrix} x3 \\ y3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l1 \\ 0 \end{bmatrix} + l2 \begin{bmatrix} \cos(\beta1) \\ \sin(\beta1) \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$\begin{bmatrix} x4 \\ y4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l1 \\ 0 \end{bmatrix} + (l2 + la) \begin{bmatrix} \cos(\beta1) \\ \sin(\beta1) \end{bmatrix} + l3 \begin{bmatrix} \cos(\beta2) \\ \sin(\beta2) \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Comme précédemment, le centre et le rayon des deux cercles osculateurs est calculé conformément aux équations 1.5 à 1.12, pour obtenir les angles variables:

$$\alpha1 = \psi1 \quad (2.5)$$

$$\alpha2 = \frac{1}{2}(\psi2 + \psi2') - \beta1 \quad (2.6)$$

$$\alpha3 = \frac{1}{2}(\psi3 + \psi3') - \beta1 \quad (2.7)$$

$$\alpha4 = \psi4 - (\beta1 + \beta2) \quad (2.8)$$

Les angles variables corrigés α_{1c} délivrés au dispositif de réglage 42 des dispositifs de roulement sont de la forme:

Pour $\beta2 = 0$ et $\Delta\beta2 = 0$ et pour:

$$\left| \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} \right| \in [0,5] \quad \Rightarrow \quad \alpha_{1c} = \alpha1 + \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} 3.45 \quad (2.9)$$

$$\left| \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} \right| \in [5,10] \quad \Rightarrow \quad \alpha_{1c} = \alpha1 + \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} 2.29 \quad (2.10)$$

$$\left| \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} \right| \in [10,15] \quad \Rightarrow \quad \alpha_{1c} = \alpha1 + \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} 1.49 \quad (2.11)$$

$$\left| \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} \right| \in [15,20] \quad \Rightarrow \quad \alpha_{1c} = \alpha1 + \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} 0.71 \quad (2.12)$$

$$\forall \left| \frac{\Delta\beta1}{\Delta s} \right| \quad \Rightarrow \quad \alpha_{2c} = \alpha_{3c} = \alpha_{4c} = 0 \quad (2.13)$$

Avec la disposition des deux bogies centraux, la correction de $\alpha2$ définie par l'équation (1.18) n'intervient pas. Ce simple exemple suffit à montrer la souplesse de la méthode qui s'applique sans autre n'importe quelle géométrie.

Pour $\Delta\beta_2 \neq 0$:

$$\alpha_{1c} = \alpha_1 + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} 0.3 \quad (2.14)$$

$$\alpha_{2c} = \alpha_2 + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} 0.16 + \frac{\Delta\beta_2}{\Delta s} 0.34 \quad (2.15)$$

$$\alpha_{3c} = \alpha_3 + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} 0.25 - \frac{\Delta\beta_2}{\Delta s} 0.35 \quad (2.16)$$

$$\alpha_{4c} = \alpha_4 + \frac{\Delta\beta_2}{\Delta s} 0.05 \quad (2.17)$$

Il est bien entendu que les modes de réalisation décrits ci-dessus ne présentent aucun caractère limitatif et qu'ils peuvent recevoir toutes modifications désirables à l'intérieur du cadre tel que défini par la revendication 1. En particulier, le réglage et le développement mathématique du contrôle précédemment exposé pourront être appliqués à des ensembles roulants, tramways, chemins de fer, métros comportant des rames et wagons ayant un nombre d'unités roulantes différent avec un nombre de dispositifs de roulement ou bogies différent. Dans le cas d'une rame à deux caisses seulement, le réglage se base alors sur un seul cercle osculateur et les équations 1.14 et 1.15 sont simplifiées. Seule la variation de l'angle relatif β_1 interviendra dans la correction qui sera de la forme de l'équation 1.17 pour les trois angles α_j .

Si la rame est composée de quatre caisses ou davantage, la même logique est poursuivie, à savoir la construction de plusieurs cercles osculateurs, par groupe de trois dispositifs de roulement. À l'exception des deux dispositifs de roulement d'extrémité, tous servent à l'interpolation de deux cercles osculateurs et l'angle de tangence est obtenu par moyenne selon la forme (1.15). Les fonctions de correction (1.17) à (1.19) restent valables. La forme (1.20) est applicable pour les angles α_{jc} appartenant à une caisse donnée, en introduisant les deux angles relatifs β correspondant aux articulations de cette caisse.

L'invention s'applique bien entendu à des unités roulantes, tramways, trains, rames, comportant un nombre quelconque de dispositifs de roulement, ces derniers pouvant être disposés sous les unités roulantes ou entre les unités roulantes. Ces unités roulantes pourront également présenter, à côté d'au moins un dispositif de roulement à orientation commandée, un certain nombre de bogies classiques comportant au moins deux essieux et dont l'orientation est donnée automatiquement.

Les angles variables α_j pour chacun des dispositifs de roulement pourront également être évalués à l'aide de fonctions géométriques plus complexes que des cercles osculateurs.

Au cas où l'ensemble roulant est attribué à un certain parcours, il serait également possible de mémoriser les angles relatifs β_m mesurés et de calculer et de mémoriser les angles variables α_{jc} calculés de manière très précise avec des fonctions de correction affinées comportant par exemple des facteurs de correction G_j , H_j , K_j , L_j modifiés en fonction du parcours spécifique mis en mémoire.

Les organes d'ajustage pourront être des vérins pneumatiques, hydrauliques ou encore mécaniques contrôlés par un moteur pas à pas par exemple pour obtenir un réglage précis des angles α_j . Dans le cas d'un train à plusieurs wagons comportant des caisses articulées, une unité de calcul pourra être associée à chaque wagon ou le train ne pourra comprendre qu'une seule unité de calcul traitant les données de tous les wagons.

Le dispositif selon l'invention présente le grand avantage d'être évolutif et adaptable à des conditions d'utilisation très particulières. En effet, tout traitement mathématique amélioré ou spécifique pourra être intégré à peu de frais dans l'unité de calcul 41 de façon à pouvoir optimiser à tout moment le réglage de l'orientation des roues sans devoir changer la rame au point de vue mécanique.

Revendications

1. Procédé de réglage de l'orientation des dispositifs de roulement (8 à 11) à roues orientables (15, 16) d'un ensemble roulant (1) sur rails (25) comportant au moins deux unités roulantes (2 à 4), wagons ou caisses composant un wagon, articulées et/ou accouplées l'une à l'autre, l'ensemble étant disposé sur les rails par l'intermédiaire de dispositifs de roulement (8 à 11) à roues (15, 16) orientables dont les plans principaux (32) font des angles variables (α_j) avec une direction parallèle à l'axe longitudinal (31) de l'unité roulante (2 à 4) sur laquelle ils sont montés, le procédé s'effectuant en ajustant lesdits angles variables (α_j) en fonction de la courbure des rails (25) de façon que les plans principaux (32) des roues soient sensiblement confondus avec des tangentes aux rails (25), caractérisé en ce que l'on mesure l'angle relatif (β_m) entre les axes longitudinaux (31) d'au moins deux unités roulantes (2 à 4), en ce que l'on calcule lesdits angles variables (α_j) pour au moins un des dispositifs de roulement (8 à 11) en fonction dudit angle relatif (β_m) mesuré et que l'on oriente ses roues (15, 16) conformément auxdits angles variables (α_j) calculés.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on repère la position des dispositifs de roulement (8 à 11) selon un système de coordonnées, que l'on détermine une fonction d'arc de cercle d'au moins un cercle osculateur passant par les centres de trois dispositifs de roulement (8 à 11) et que l'on détermine la valeur desdits angles variables (α_j) à partir de la dérivée de ladite fonction d'arc de cercle.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on corrige les angles variables (α_j) obtenus par le ou les cercles osculateurs au moyen de fonction de correction empiriques se basant sur la variation ($\frac{\Delta\beta_m}{\Delta s}$) desdits angles relatifs (β_m) pour une distance parcourue (Δs).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, adapté à des ensembles roulants comprenant au moins trois unités roulantes (2 à 4) et au moins quatre dispositifs de roulement (8 à 11), caractérisé par le fait que l'on mesure un premier angle relatif (β_1) entre une première (2) et une seconde (3) unité roulante et un second angle relatif (β_2) entre la seconde (3) et une troisième (4) unité roulante, par le fait que l'on utilise au moins ces deux angles relatifs (β_1, β_2) pour déterminer au moins deux fonctions d'arcs de cercle d'au moins deux cercles osculateurs, un premier passant par les centres des trois premiers dispositifs de roulement (8, 9, 10), le second passant par les centres des trois derniers dispositifs de roulement (9, 10, 11), et par le fait que l'on détermine la valeur desdits angles variables (α_j) à partir des dérivées des deux fonctions d'arc de cercle, la valeur des angles variables (α_j) des dispositifs de roulement (9, 10) appartenant à deux cercles osculateurs étant obtenue en faisant la moyenne des valeurs obtenues par chacun des cercles osculateurs.

5. Procédé selon les revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les fonctions de correction sont de la forme suivante pour trois unités roulantes au moins:
- lorsque le second angle relatif (β_2) et la variation ($\Delta\beta_2$) de ce second angle relatif sont égales à zéro

$$\left| \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} \right| \in [\gamma_i, \gamma_{i+1}] \Rightarrow \alpha_{1c} = \alpha_1 + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} K_i$$

$$\Rightarrow \alpha_{2c} = \alpha_2 + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} L_i$$

$$\forall \left| \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} \right| \Rightarrow \alpha_{3c} = \alpha_{4c} = 0$$

- lorsque la variation ($\Delta\beta_2$) du second angle relatif n'est pas égale à zéro.

$$\alpha_{jc} = \alpha_j + \frac{\Delta\beta_1}{\Delta s} G_j + \frac{\Delta\beta_2}{\Delta s} H_j \quad j=1..4$$

où
 α_j = angle variable calculé non corrigé
 α_{jc} = angle variable corrigé
 $\Delta\beta_1, \Delta\beta_2$ = variation du premier et du second angle relatif dans l'intervalle de temps Δt
 Δs = chemin parcouru dans l'intervalle de temps Δt avec une vitesse v
 K_i, L_i, G_j, H_j = facteurs de correction prédéterminés dépendant de la géométrie de l'ensemble roulant
 γ_i, γ_{i+1} = limites définissant les intervalles pour les valeurs des constantes K_i, L_i, G_j, H_j .

5 6. Procédé selon la revendication 5, adapté à des ensembles roulants comportant un nombre d'unités
roulantes supérieur à trois, caractérisé par le fait que l'on détermine plusieurs cercles osculateurs par
groupe de trois dispositifs de roulement, tous ces dispositifs de roulement à l'exception de ceux dispo-
sés à l'extrémité de l'ensemble roulant, servant à l'interpolation de deux cercles osculateurs et les an-
gles relatifs étant obtenus par moyenne des valeurs obtenues pour chacun des deux cercles oscula-
teurs, les angles variables obtenus étant corrigés au moyen desdites fonctions de correction.

10 7. Ensemble roulant sur rails dont l'orientation des roues est réglée selon le procédé défini dans une
des revendications 1 à 6 et comportant au moins deux unités roulantes (2 à 4), wagons ou caisses
composant un wagon, articulées et/ou accouplées l'une à l'autre, l'ensemble étant disposé sur les rails
(25) par l'intermédiaire de dispositifs de roulement (8 à 11) à roues orientables dont le plan principal
(32) fait un angle variable (α_j) avec une direction parallèle à l'axe longitudinal (31) de l'unité roulante
sur laquelle elles sont montées, caractérisé par le fait que l'ensemble roulant comporte au moins un
15 dispositif de réglage (30) destiné à ajuster ledit angle variable (α_j) en fonction de la courbure des rails
(25) de façon que le plan principal (32) des roues soit sensiblement confondu avec la tangente aux
rails, ce dispositif de réglage (30) comprenant au moins un organe de mesure (40) susceptible de dé-
terminer un angle relatif (β_m) entre les axes longitudinaux (31) d'au moins deux unités roulantes, au
moins une unité de calcul (41) destinée à calculer les angles variables (α_j) pour chacun des dispositifs
de roulement en fonction dudit angle relatif (β_m), et des organes d'ajustage (34, 42) associés aux dis-
20 positifs de roulement (8 à 11) et susceptibles d'orienter les roues conformément audit angle variable (α_j)
calculé.

8. Ensemble selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend $m + 1$ unités roulantes (2 à
4) et m organes de mesure (40) destinés à déterminer les m angles relatifs (β_m) entre les unités rou-
lantes, ces angles relatifs (β_m) étant délivrés à au moins une unité de calcul (41) pour déterminer les-
dits angles variables (α_j) à l'aide de cercles osculateurs.

25 9. Ensemble selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'unité de calcul (41) est adaptée à corri-
ger les angles variables (α_j) obtenus au moyen de fonctions de correction empiriques.

30

35

40

45

50

55

60

65

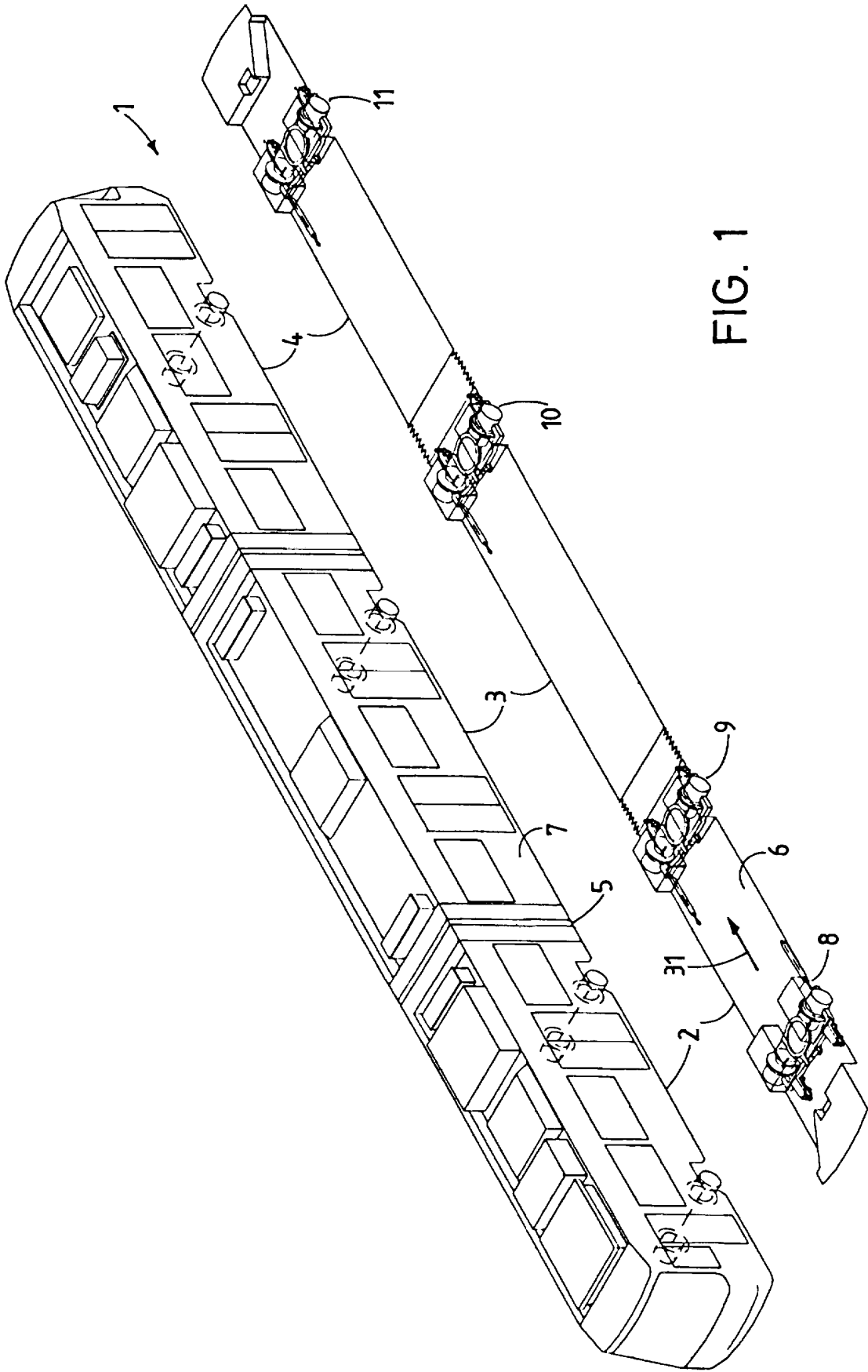


FIG. 1

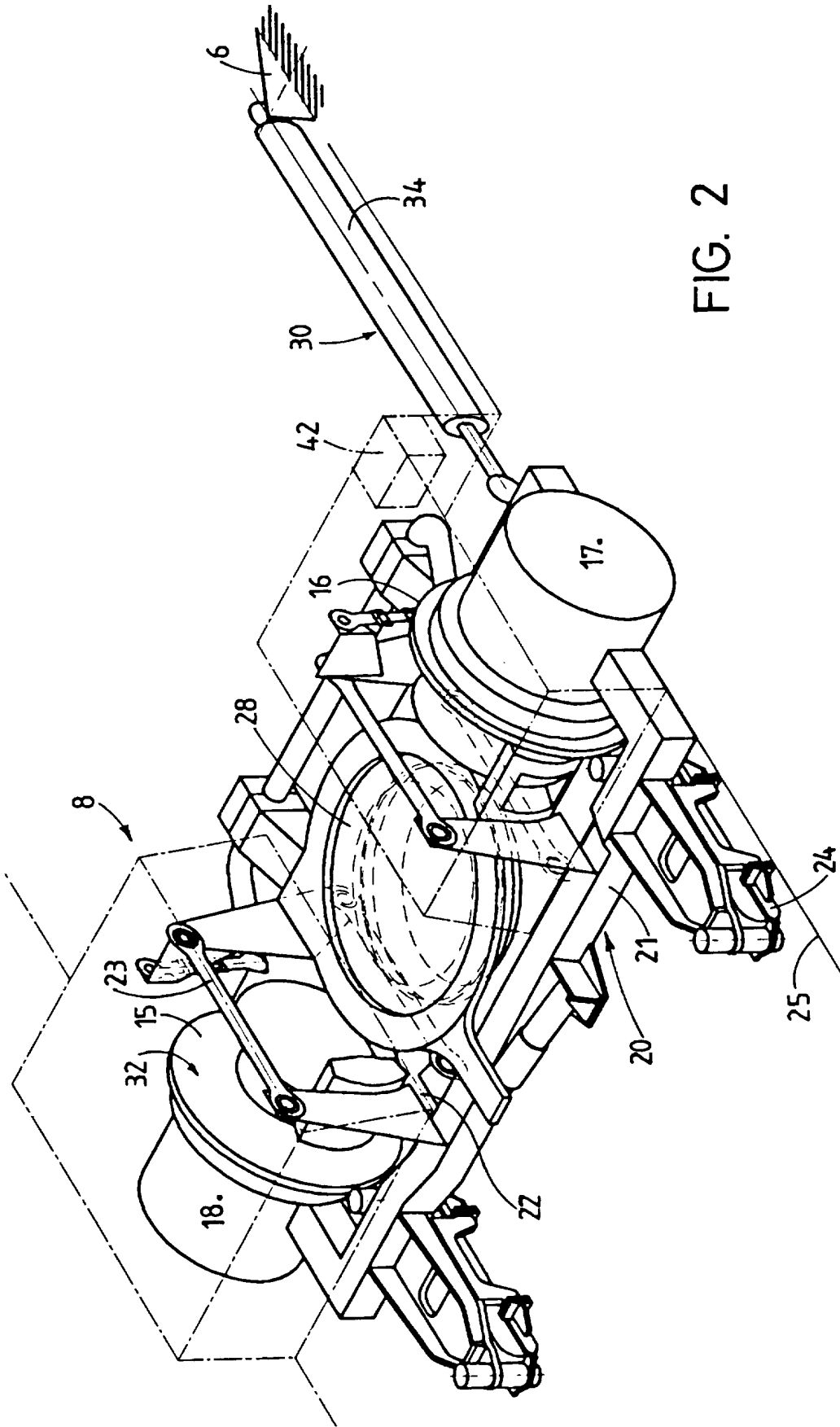


FIG. 2

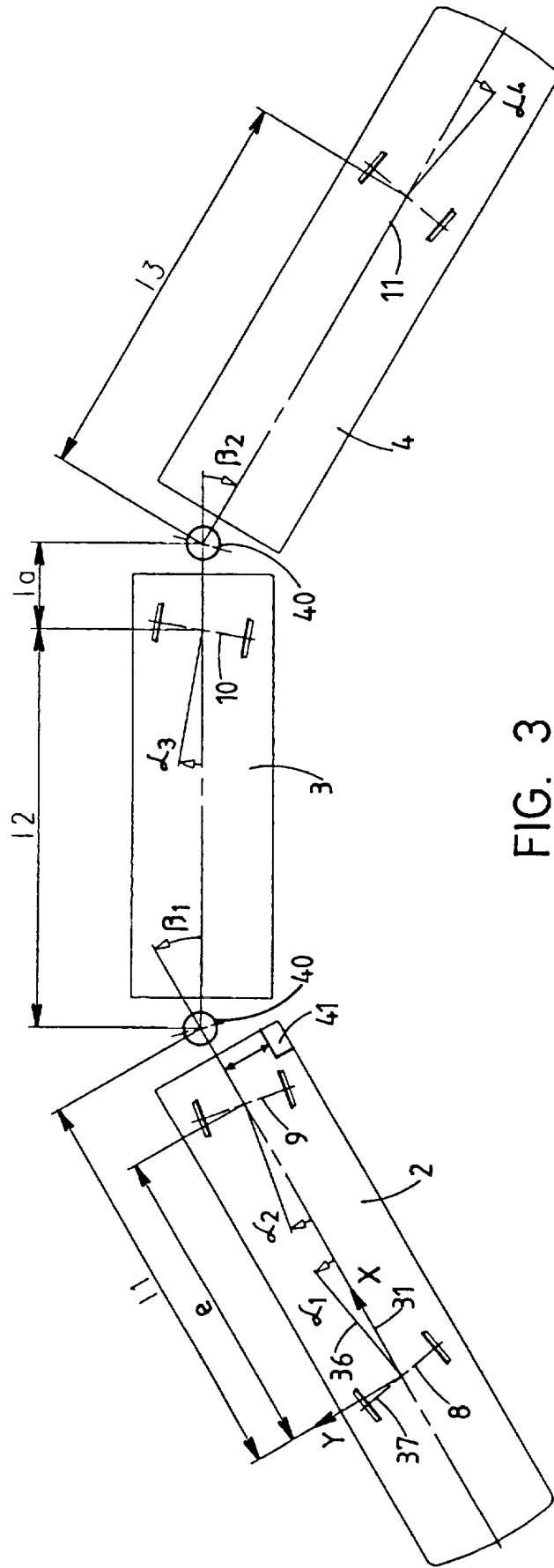


FIG. 3

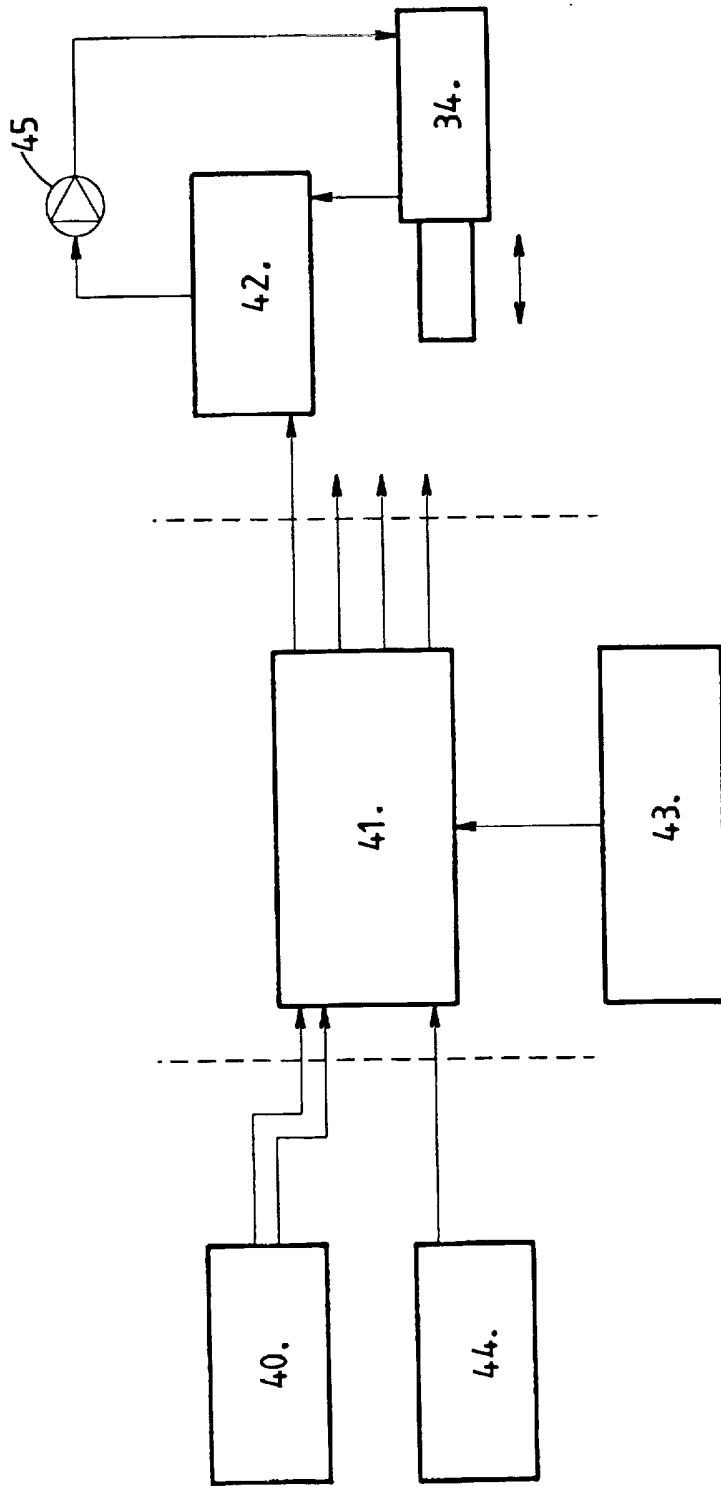


FIG. 4

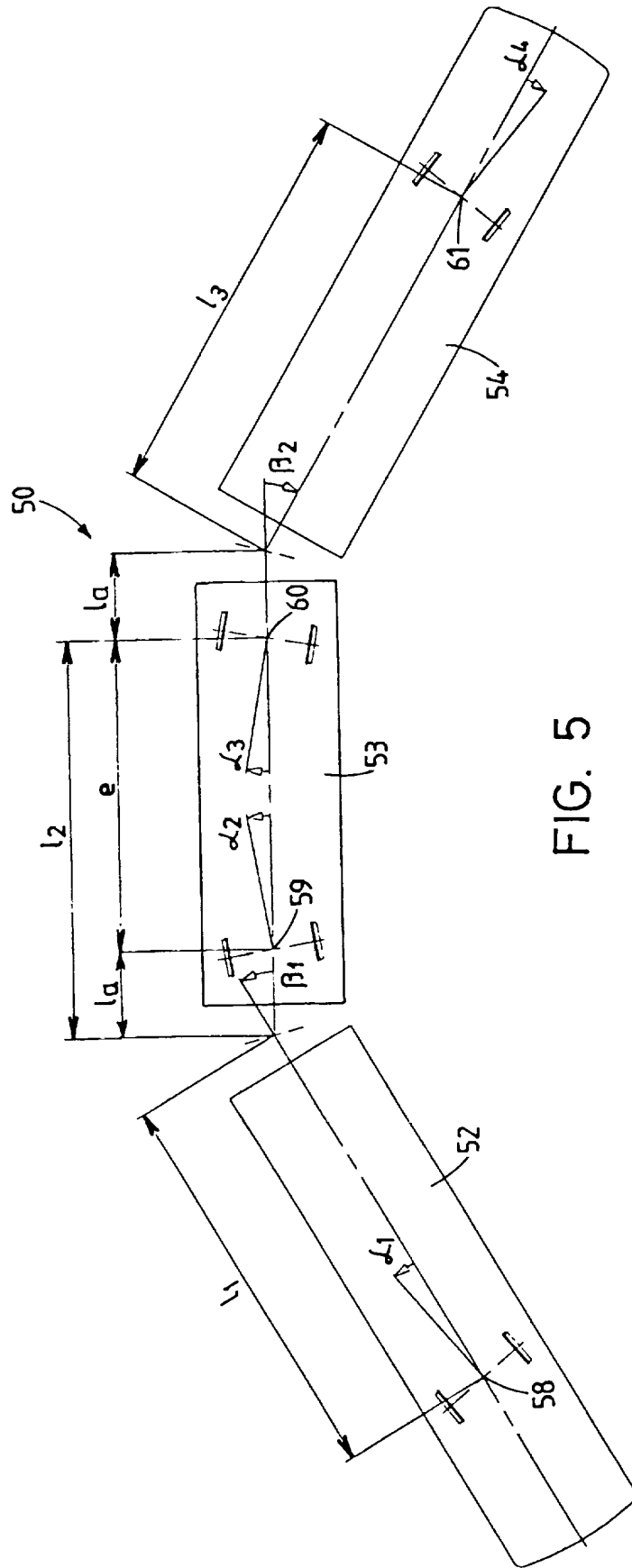


FIG. 5