(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 568 519**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 12386**

(51) Int Cl⁴ : B 60 C 23/00; G 01 P 3/481.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 2 août 1984.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 6 du 7 février 1986.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *MICHELIN & CIE (Compagnie générale des établissements Michelin), société en commandite par actions.* — FR.

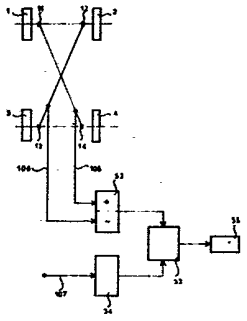
(72) **Inventeur(s) :** Jean-Pierre Pompier.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Jacques Bauvir.

(54) Dispositif avertisseur de sous-gonflage d'un pneumatique.

(57) Le dispositif surveille la pression des pneumatiques par l'intermédiaire du mouvement angulaire. Un compteur-décompteur 52 reçoit en entrée positive un signal proportionnel à la somme des tours des roues d'une diagonale, et en entrée négative un signal élaboré de la même façon pour l'autre diagonale. En sortie, le compteur-décompteur 52 fournit le signal de différence des diagonales. Le compteur 54 permet de tenir compte de la distance de déplacement du véhicule pour gérer les moyens d'analyse 53 dudit signal de différence des diagonales. Une alarme 55 est activée pour signaler un sous-gonflage lorsque le signal de différence des diagonales atteint une valeur critique à l'intérieur d'une fenêtre d'analyse prédéterminée.



FR 2 568 519 - A1

La présente invention est un dispositif avertisseur de sous-gonflage d'un pneumatique d'un groupe de quatre roues d'un véhicule. La surveillance est basée sur les différences de mouvements angulaires des pneumatiques.

En matière de sécurité d'utilisation des véhicules automobiles, il est de première importance de respecter les pressions de gonflage recommandées pour chaque pneumatique du véhicule. Une pression de gonflage incorrecte provoque également une augmentation de la consommation de carburant et une diminution de la durée de vie du pneumatique, voire sa détérioration définitive. L'usage des pneumatiques sans chambre à air (dits "tubeless") rend la surveillance permanente des pressions de gonflage d'autant plus nécessaire que, en cas de crevaison, de tels pneumatiques ne se dégonflent la plupart du temps que très lentement. Il en résulte que le conducteur peut utiliser son véhicule avec un pneumatique sous-gonflé pendant assez longtemps avant de se rendre compte de la crevaison.

Il est connu que, même pour un pneumatique à carcasse radiale, le diamètre de roulement diminue lorsque la pression de gonflage baisse. En d'autres termes, la circonférence de roulement apparente diminue avec la pression de gonflage. On a déjà songé à exploiter ce moyen pour surveiller, sinon mesurer, la pression de gonflage. Cependant, beaucoup d'autres phénomènes conduisent à des variations de la vitesse de rotation de chaque pneumatique par rapport à la valeur moyenne théorique pour la vitesse de déplacement considérée. Ainsi, il est bien connu que, en virage, aucune des quatre roues n'a la même vitesse de rotation.

Tenant compte que, en virage, la somme des distances parcourues par les roues diagonalement opposées est approximativement identique pour les deux diagonales, le brevet FR 790 516 propose un dispositif mécanique à trois différentiels qui

...

surveille la pression des pneumatiques par l'intermédiaire de leurs vitesses de rotation, et qui est plus sensible au dégonflement d'un pneumatique qu'aux variations des vitesses de rotation des pneumatiques pendant un virage.

Cependant, la réalisation d'un tel système est complexe et coûteuse. De plus, pour les pneumatiques à carcasse radiale et par rapport aux pneumatiques à carcasse croisée, une baisse de pression de gonflage ne provoque une réduction de la circonférence apparente de roulement que dans une bien moins grande mesure. Il existe beaucoup d'autres phénomènes parasites susceptibles de provoquer une variation de la vitesse de rotation d'amplitude comparable ou même bien supérieure à l'amplitude de la variation de vitesse due à un dégonflement. Outre bien sûr la vitesse de déplacement elle-même, dont on élimine l'effet en faisant des mesures comparatives et non pas absolues, et les virages, comme déjà expliqué, on peut encore mentionner le couple moteur, la charge du véhicule, l'usure des pneumatiques, les dispersions de fabrication des pneumatiques, l'utilisation de montes hétérogènes (types et/ou marques des pneumatiques différents), les pressions de gonflage qui peuvent être différentes à l'avant et à l'arrière par construction du véhicule. On peut encore citer les transferts de charge en virage, les patinages.

Le brevet US 3 691 524 propose un autre dispositif basé sur la surveillance des différences de mouvement angulaire des roues. Le mouvement angulaire d'une roue est comparé à celui de l'autre roue du même essieu, pour chaque essieu. Il est prévu des circuits d'inhibition pour éviter de donner de fausses alertes en cas de virage ou de patinage d'au moins une roue.

La principale difficulté rencontrée avec les dispositifs connus réside dans le trop grand nombre d'alertes intempestives dues aux multiples autres causes de variation de la vitesse de rotation que la variation de ladite vitesse en fonction de la pression de gonflage.

L'objectif de la présente invention est la réalisation d'un dispositif avertisseur de sous-gonflage, basé sur la comparaison des mouvements angulaires des pneumatiques, pour un groupe de quatre roues d'un véhicule, qui puisse reconnaître

...

une baisse de pression d'un pneumatique parmi des multiples phénomènes parasites influençant la circonférence apparente de roulement.

Le dispositif selon l'invention, avertisseur de sous-gonflage d'un pneumatique d'un groupe de quatre roues d'un véhicule, chaque roue étant équipée d'un générateur d'impulsions fournissant au moins une impulsion par tour de roue, chaque train d'impulsions étant la base d'un signal proportionnel au nombre de tours de la roue considérée, est remarquable en ce qu'il comprend les éléments suivants :

a) des moyens permettant d'additionner le signal proportionnel au nombre de tours de la roue avant gauche au signal proportionnel au nombre de tours de la roue arrière droite de sorte qu'on obtient le signal "d_1" d'une diagonale,

b) des moyens permettant d'additionner le signal proportionnel au nombre de tours de la roue avant droite au signal proportionnel au nombre de tours de la roue arrière gauche, de sorte qu'on obtient le signal "d_2" de l'autre diagonale,

c) des moyens permettant d'obtenir la différence des deux signaux de diagonale de sorte qu'on dispose du signal "d" de différence des diagonales,

d) des moyens permettant d'établir un signal "p" proportionnel à la distance de déplacement du véhicule,

e) des moyens d'analyse dudit signal d de différence des diagonales en relation avec ledit signal p proportionnel à la distance de déplacement du véhicule pour fournir un signal d'alerte lorsque la valeur dudit signal d est critique à l'intérieur d'une fenêtre d'analyse prédéterminée, ledit signal d'alerte étant utilisé pour déclencher une alarme, lesdits moyens d'obtention du signal d et lesdits moyens d'obtention du signal p, cités sous c) et d), étant remis à l'état initial à la fin de la fenêtre d'analyse prédéterminée.

La fenêtre d'analyse prédéterminée peut correspondre à une distance fixe prédéterminée P*, qui est une valeur particulière du signal p. Dans ce cas, lorsque le véhicule a parcouru ladite distance P*, la valeur D qu'a le signal d à ce moment est comparée à au moins un seuil choisi pour déterminer s'il y a ou non alerte.

...

La fenêtre d'analyse prédéterminée peut aussi correspondre à une valeur fixe prédéterminée D* du signal d. Dans ce cas, lorsque le signal d atteint ladite valeur D*, la valeur P qu'a le signal p à ce moment est comparée à au moins un seuil choisi pour déterminer s'il y a ou non alerte.

On peut également combiner les deux principes d'analyse précédents.

De manière avantageuse, le dispositif ne déclenche pas d'alarme à la première occurence du signal d'alerte ; il comprend des moyens permettant d'attendre la persistance du signal d'alerte pendant deux ou plusieurs fenêtres d'analyse successives avant de déclencher une alarme. Autrement dit, il permet d'attendre au moins une confirmation du signal d'alerte avant de déclencher une alarme.

De préférence, le dispositif permet, si le véhicule s'arrête avant la fin de la fenêtre d'analyse prédéterminée, de préserver l'état acquis par les moyens permettant d'obtenir le signal de diagonale d, par ceux permettant d'établir le signal p proportionnel à la distance de déplacement du véhicule et par les moyens d'attente de confirmation d'alerte, de sorte que l'on puisse reprendre l'analyse où elle avait été arrêtée, c'est-à-dire sans remise à l'état initial du dispositif, si bien qu'il puisse fournir un signal d'alerte même lorsque le véhicule n'effectue que de petits déplacements, inférieurs à la fenêtre d'analyse prédéterminée.

De manière préférentielle, le dispositif est équipé de moyens d'apprentissage dont le but est de tenir compte de différences de mouvements angulaires jugées normales, dues par exemple à des usures inégales ou des structures d'enveloppes différentes, après avoir gonflé les enveloppes de pneumatique à leurs pressions nominales : lorsque le dispositif fonctionne en apprentissage, la différence des diagonales observée par le signal d, calculée en tenant compte de la fenêtre d'analyse, est enregistrée dans une mémoire non volatile puis, lorsque le dispositif fonctionne en surveillance, cette valeur enregistrée est systématiquement retranchée du signal d de différence des diagonales. Ceci permet encore d'augmenter la sensibilité du dispositif en améliorant la réjection des phénomènes parasites.

...

L'invention est explicitée par la description et les dessins suivants, donnés seulement à titre d'exemple :

- la figure 1 est un schéma du principe de fonctionnement de l'invention,
- la figure 2 est un schéma synoptique d'un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 est un schéma synoptique d'un autre mode de réalisation de l'invention.

A la figure 1, on voit les quatre roues d'un véhicule, respectivement la roue avant gauche (1), la roue avant droite (2), la roue arrière gauche (3), la roue arrière droite (4). Chaque roue est équipée d'un générateur d'impulsions électriques, respectivement (11), (12), (13), (14), par exemple du genre de ceux que l'on trouve sur les véhicules équipés de freins anti-blocage. Chaque générateur permet d'obtenir des impulsions électriques dont le nombre est proportionnel au nombre de tours de la roue à laquelle il est lié, constituant le signal proportionnel au nombre de tours de la roue considérée. Un compteur-décompteur (52) reçoit en entrée positive la somme des tours des roues d'une diagonale, en abrégé le signal d_1, via la ligne (105), et en entrée négative la somme des tours de roue de l'autre diagonale, en abrégé, le signal d_2, via la ligne (106). En sortie dudit compteur-décompteur (52), on dispose du signal de différence des diagonales d_1-d_2, appelé signal d. En conditions théoriques normales, ce compteur-décompteur (52) reste à la valeur zéro.

Pour établir une fenêtre d'analyse correspondant à une distance de déplacement prédéterminée P* du véhicule, un compteur (54) reçoit soit le signal d_1, soit le signal d_2, soit le signal de l'une quelconque des roues du véhicule, soit tout autre signal représentatif du déplacement du véhicule, via la ligne (107). Lorsqu'il atteint une valeur prédéterminée, correspondant à la distance requise pour la fenêtre d'analyse prédéterminée, le compteur (54) commande aux moyens d'analyse (53) de traiter la valeur acquise par le compteur (52), c'est-à-dire d'analyser la valeur D qu' a le signal d de différence des diagonales à la fin de la fenêtre d'analyse. En raisonnant sur la valeur absolue $|D|$, les moyens d'analyse (53) doivent donner un signal d'alerte si $|D|$ est supérieur à un seuil de sensibilité S_1

...

déterminé expérimentalement. Le signal d'alerte déclenche une alarme (55) pour prévenir le conducteur du sous-gonflage d'un pneumatique. Il peut être avantageux de comparer $|D|$ à un autre seuil S_2, au-dessus duquel on considère qu'il y a eu patinage ou blocage d'une roue. Dans ce cas, les moyens d'analyse (53) délivrent un signal alerte si $S_1 \leq |D| \leq S_2$. Cette dernière configuration est avantageuse pour améliorer la fiabilité du dispositif, mais n'est cependant pas indispensable, particulièrement si on adopte un dispositif requérant une confirmation du signal d'alerte avant de déclencher l'alarme.

Le choix de la fenêtre d'analyse correspondant à une distance fixe de déplacement du véhicule, appelée par la suite "distance d'analyse", est fonction de la précision des générateurs d'impulsions et des phénomènes parasites qui ne sont pas éliminés par le principe de la surveillance (braquages courts, transferts de charge en virage, patinages). Si l'on adopte l'option "confirmation(s) d'alerte avant alarme", la distance d'analyse P* peut être réduite. Le choix des seuils S_1 et S_2 est également fonction des phénomènes parasites et de l'adoption d'un système d'apprentissage. Ces choix vont être explicités ci-dessous avec la description des exemples de réalisation.

Après avoir mesuré expérimentalement la variation de la circonférence apparente de roulement en fonction de la variation de la pression de gonflage, pour différents types d'enveloppe, et compte tenu des dispersions de fabrication, de l'effet de la vitesse de rotation et du couple moteur transmis (ces derniers paramètres diminuent la dérivée de la variation de la circonférence apparente de roulement en fonction de la pression de gonflage), la demanderesse a déterminé le seuil $S_1 = 0{,}04\ \%$ et le seuil $S_2 = 0{,}5\ \%$. Pour rappel, entre deux impulsions, on traite une information "distance". Le seuil est exprimé en pourcentage de distance par rapport à la distance d'analyse P*. Il va de soi que les seuils indiqués sont purement illustratifs, qu'ils doivent être déterminés expérimentalement et qu'ils ne limitent en rien la portée de l'invention. Après avoir observé le signal d de différence des diagonales sur différents circuits d'essais et pour différentes baisses de pression d'un pneumatique à carcasse radiale, la demanderesse a déterminé que,

...

avec des générateurs d'impulsion du type à effet Hall, délivrant une impulsion par tour de roue et sans confirmation d'alarme, une distance d'analyse P* de l'ordre de 20 km permet d'obtenir un dispositif fiable.

La figure 2 est un schéma synoptique d'un dispositif selon l'invention. Le signal AVG proportionnel au nombre de tours de la roue avant gauche est acquis par la ligne (101) et le signal ARD proportionnel au nombre de tours de la roue arrière droite est acquis par la ligne (104). Une porte OU (51) additionne ces signaux. La ligne (105) applique le signal d_1 de diagonale à l'entrée positive d'un compteur-décompteur (52). De même, les signaux AVD proportionnels au nombre de tours de la roue avant droite, et ARG proportionnels au nombre de tours de la roue arrière gauche sont acquis par les lignes (102) et (103) respectivement. Une porte OU (51) additionne ces signaux. La ligne (106) applique le signal d_2 de l'autre diagonale à l'entrée négative du compteur-décompteur (52).

Le compteur (54) reçoit le signal d_2 par la ligne (107). Ce compteur (54) gère les moyens d'analyse (53). Dans l'exemple de réalisation considéré, compte tenu des dimensions des pneumatiques, la distance d'analyse P* égale à 20 km correspond à 25 600 impulsions transmises par la ligne (107). Etant donné que la distance d'analyse P* est largement supérieure au trajet considéré comme moyen pour un véhicule de tourisme, l'état électrique d'au moins certains des compteurs et mémoires est maintenu après coupure de l'alimentation électrique principale. Ceci est indispensable pour que le dispositif effectue une surveillance permanente puisqu'il faut que la distance d'analyse P* puisse être parcourue, le cas échéant, en plusieurs trajets.

Etant donné que la distance d'analyse P* correspond à 25 600 impulsions, les seuils S_1 et S_2 correspondent respectivement à 10 et 130. Il y a sous-gonflage d'un pneumatique lorsque le signal d atteint, en fin de distance d'analyse, une valeur D comprise dans l'intervalle $[-130, -10]$ ou $[10, 130]$. Les comparateurs (530), (531), (532), (533) fournissent un signal binaire selon la valeur D par rapport aux seuils 10, 130, -10, -130 respectivement.

...

Lorsque le compteur inclus dans l'ensemble (54) atteint la valeur 25 600, la ligne (108) transmet un ordre de mémorisation des quatre signaux logiques aux quatre mémoires binaires (534) puis la ligne (109) transmet un ordre de remise à zéro du compteur-décompteur (52).

Le décodeur (535) doit conclure à une situation normale si $-10 < D < 10$: dans ce cas, la ligne (140) est activée. Il doit conclure à un sous-gonflage si $-130 \leq D \leq -10$ ou si $10 \leq D \leq 130$: dans ce cas, la ligne (141) est activée. Il doit conclure à une situation anormale due à une autre cause si $D < -130$ ou si $D > 130$: dans ce cas la ligne (140) est activée. Le décodeur (535) effectue donc les opérations logiques suivantes :

$D \leq 130$	$D \geq 10$	$D \leq -10$	$D \leq -130$	
1	1	0	0	140
0	1	0	0	141 → alerte
0	0	0	0	140
0	0	1	0	141 → alerte
0	0	1	1	140

On voit qu'il y a un signal d'alerte lorsque la ligne (141) est activée. Il n'y a pas de signal d'alerte lorsque la ligne (140) est activée.

La bascule (536) permet d'attendre la persistance du signal d'alerte pendant deux distances d'analyse consécutives avant de déclencher l'alarme (55), qui peut être une simple ampoule ou tout autre dispositif convenable, par exemple un synthétiseur de parole. Dans le cas où une alerte n'est pas confirmée, un ordre de remise à zéro est transmis par la ligne (140) et les moyens d'analyse (53) concluent à une situation normale.

Le dispositif de la figure 3 se distingue du précédent en ce qu'il est équipé de moyens d'apprentissage qui permettent d'éliminer l'influence parasite de phénomènes permanents, par exemple des usures inégales ou des pneumatiques de structures différentes. Après ajustage des pressions de gonflage des

...

pneumatiques, le compteur-décompteur (52) peut indiquer, en fin de période, une valeur non nulle. Cette valeur est à attribuer à d'autres causes dont il est souhaitable d'éliminer l'influence. Lorsqu'un ordre d'apprentissage est transmis par la ligne (110), le compteur (56) provoque en fin de période de surveillance, la mise en mémoire (57) de la valeur D' du signal d de différence des diagonales. Lorsque le dispositif fonctionne en surveillance, au lieu de remettre le compteur-décompteur (52) à zéro en fin de période, la valeur initiale est constituée par -D'. Ainsi, on élimine l'influence des causes de mouvements angulaires relatifs dus aux pneumatiques eux-mêmes. Pour le reste, le fonctionnement est identique.

Les exemples de réalisation de l'invention qui viennent d'être décrits ne sont pas limitatifs. Ainsi, la mesure de la différence du nombre de tours de roue peut être effectuée en mesurant le temps entre deux impulsions pour chaque roue, et en comparant les temps obtenus de la manière divulguée par la présente demande . Le système traite donc des informations de temps au passage des impulsions de roue, en lieu et place des informations de distance.

Les moyens mis en oeuvre peuvent être des composants électroniques discrets ou bien encore, on peut réaliser un circuit intégré ou hybride qui effectue toutes les fonctions décrites. Un processeur chargé d'un programme capable d'exécuter les fonctions décrites peut aussi être utilisé pour la mise en oeuvre de certains des moyens au moins. On peut très facilement transposer les schémas synoptiques donnés aux figures 2 et 3 sous forme d'algorithme de traitement que l'on peut envisager d'intégrer dans un ordinateur de bord chargé d'autres fonctions de surveillance.

L'invention vient d'être décrite dans une application pour une voiture de tourisme à quatre roues. Cependant, cet emploi ne doit pas être considéré comme délimitant le domaine d'utilisation du dispositif selon l'invention qui peut être employé chaque fois qu'il s'agit de surveiller la pression de gonflage d'un groupe de quatre pneumatiques ou même un groupe de quatre ensembles dont au moins certains comportent plusieurs pneumatiques, pourvu qu'une baisse de pression soit suivie d'une diminution discernable de la circonférence apparente de roulement.

...

REVENDICATIONS

1. Dispositif avertisseur de sous-gonflage d'un pneumatique d'un groupe de quatre roues (1), (2), (3), (4) d'un véhicule, chaque roue étant équipée d'un générateur d'impulsions (11), (12), (13), (14) fournissant au moins une impulsion par tour de roue, chaque train d'impulsions étant la base d'un signal proportionnel au nombre de tours de la roue considérée, caractérisé en ce qu'il comprend les éléments suivants :

a) des moyens (51) permettant d'additionner le signal proportionnel au nombre de tours de la roue avant gauche au signal proportionnel au nombre de tours de la roue arrière droite, de sorte qu'on obtient le signal "d_1" d'une diagonale,

b) des moyens (51) permettant d'additionner le signal proportionnel au nombre de tours de la roue avant droite au signal proportionnel au nombre de tours de la roue arrière gauche, de sorte qu'on obtient le signal "d_2" de l'autre diagonale,

c) des moyens (52) permettant d'obtenir la différence des deux signaux de diagonale, de sorte qu'on dispose du signal "d" de différence des diagonales,

d) des moyens (54) ou (56) permettant d'établir un signal "p" proportionnel à la distance de déplacement du véhicule,

e) des moyens d'analyse (53) dudit signal d de différence des diagonales en relation avec ledit signal p proportionnel à la distance de déplacement du véhicule pour fournir un signal d'alerte lorsque la valeur dudit signal d est critique à l'intérieur d'une fenêtre d'analyse prédéterminée, ledit signal d'alerte étant utilisé pour déclencher une alarme(55), lesdits moyens d'obtention du signal d et lesdits moyens d'obtention du signal p, cités sous c) et d) étant remis à l'état initial à la fin de la fenêtre d'analyse prédéterminée.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite fenêtre d'analyse correspond à une distance de déplacement du véhicule, fixe et prédéterminée, appelée distance d'analyse P*.

...

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite fenêtre d'analyse correspond à une valeur fixe et prédéterminée dudit signal d.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (536) permettant d'attendre la persistance du signal d'alerte pendant deux ou plusieurs fenêtres d'analyse successives avant de déclencher ladite alarme (55).

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'état électrique de certains des moyens au moins peut être préservé pendant un arrêt du véhicule.

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'apprentissage.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits moyens d'apprentissage comportent une mémoire non volatile (57) permettant d'enregistrer une valeur particulière D' dudit signal d, ladite valeur D' servant ensuite, pour chaque fenêtre d'analyse, à établir l'état initial desdits moyens d'obtention dudit signal d cités à la revendication 1 sous c).

8. Dispositif selon l'une des revendications 2 ou 4 à 7 caractérisé en ce que les moyens d'analyse (53) comportent au moins un comparateur (530),(531), (532), (533) permettant de situer une valeur D du signal d par rapport à au moins un seuil.

9. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 7, caractérisé en ce que les moyens d'analyse (53) comportent au moins un comparateur permettant de situer une valeur P du signal p par rapport à au moins un seuil.

10. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens d'analyse (53) comportent quatre comparateurs (530), (531), (532), (533) et un décodeur (535) qui fournit ledit signal d'alerte lorsque la valeur instantanée D du signal d est cmmprise dans l'intervalle $[-S_2, -S_1]$ ou dans l'intervalle $[S_1, S_2]$, S_1 et S_2 étant deux seuils choisis expérimentalement.

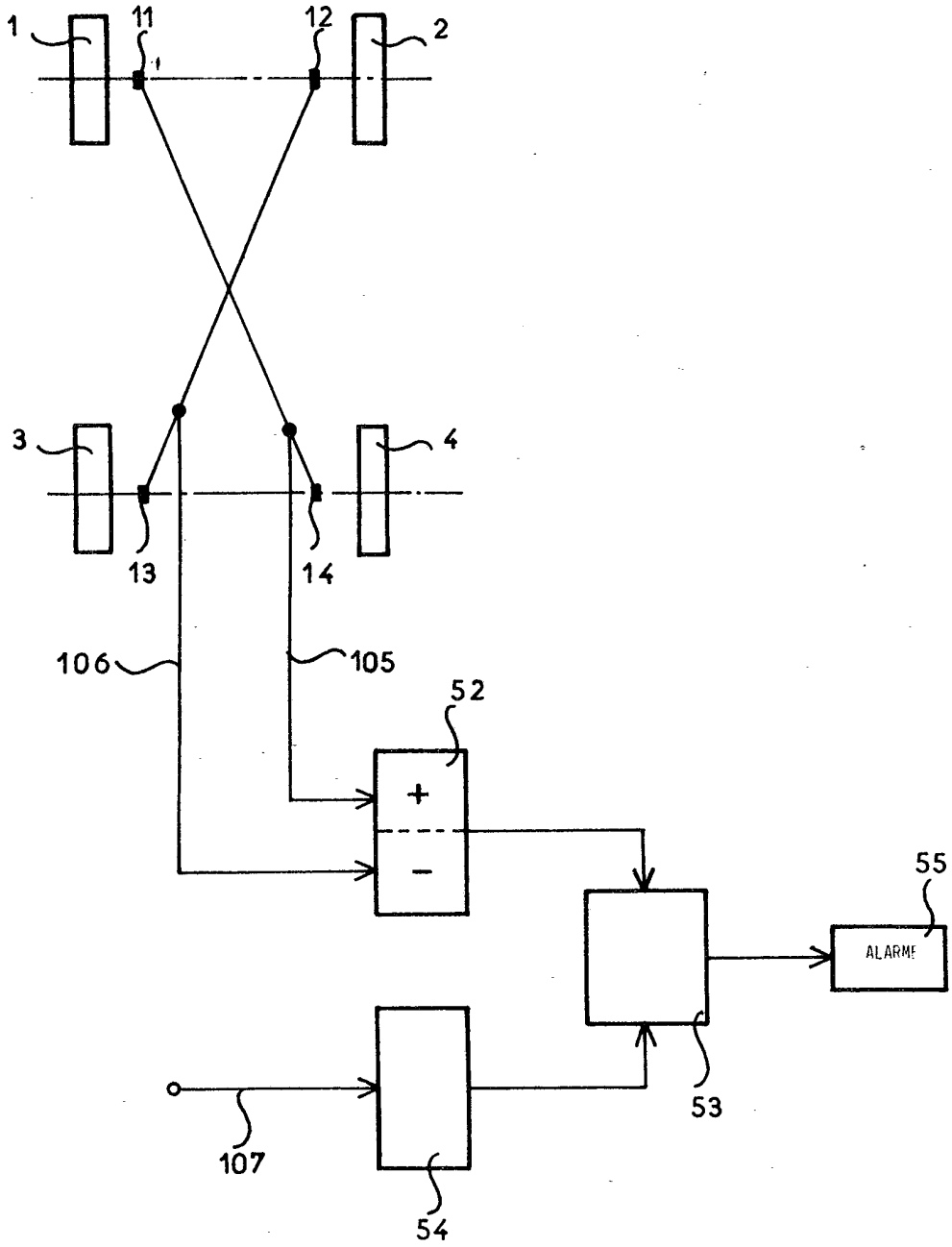
...

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que lesdits moyens sont des composants électroniques discrets.

12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que certains moyens au moins sont réalisés sur un circuit intégré.

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que certains moyens au moins sont contenus dans un programme capable d'être exécuté par un processeur.

FIG.1



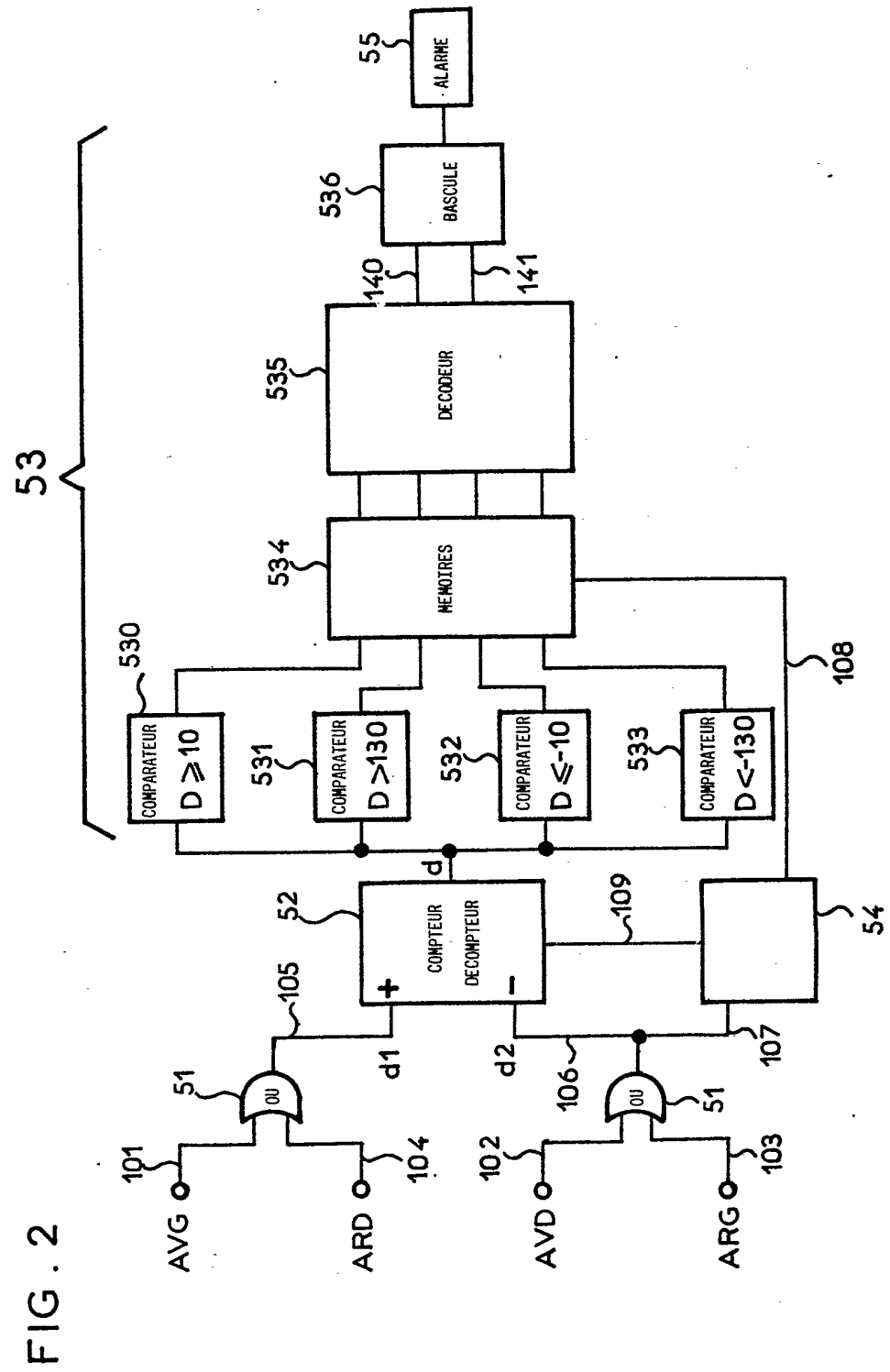

53
55
ALARME
536
BASCULE
140
141
535
DECODEUR
534
MEMOIRES
530
COMPARATEUR
D ⩾ 10
531
COMPARATEUR
D >130
532
COMPARATEUR
D ⩽-10
533
COMPARATEUR
D <-130
108
d
52
COMPTEUR
DECOMPTEUR
+
-
109
54
105
d1
d2
106
107
51
OU
51
OU
101
AVG
104
ARD
102
AVD
103
ARG

FIG. 2

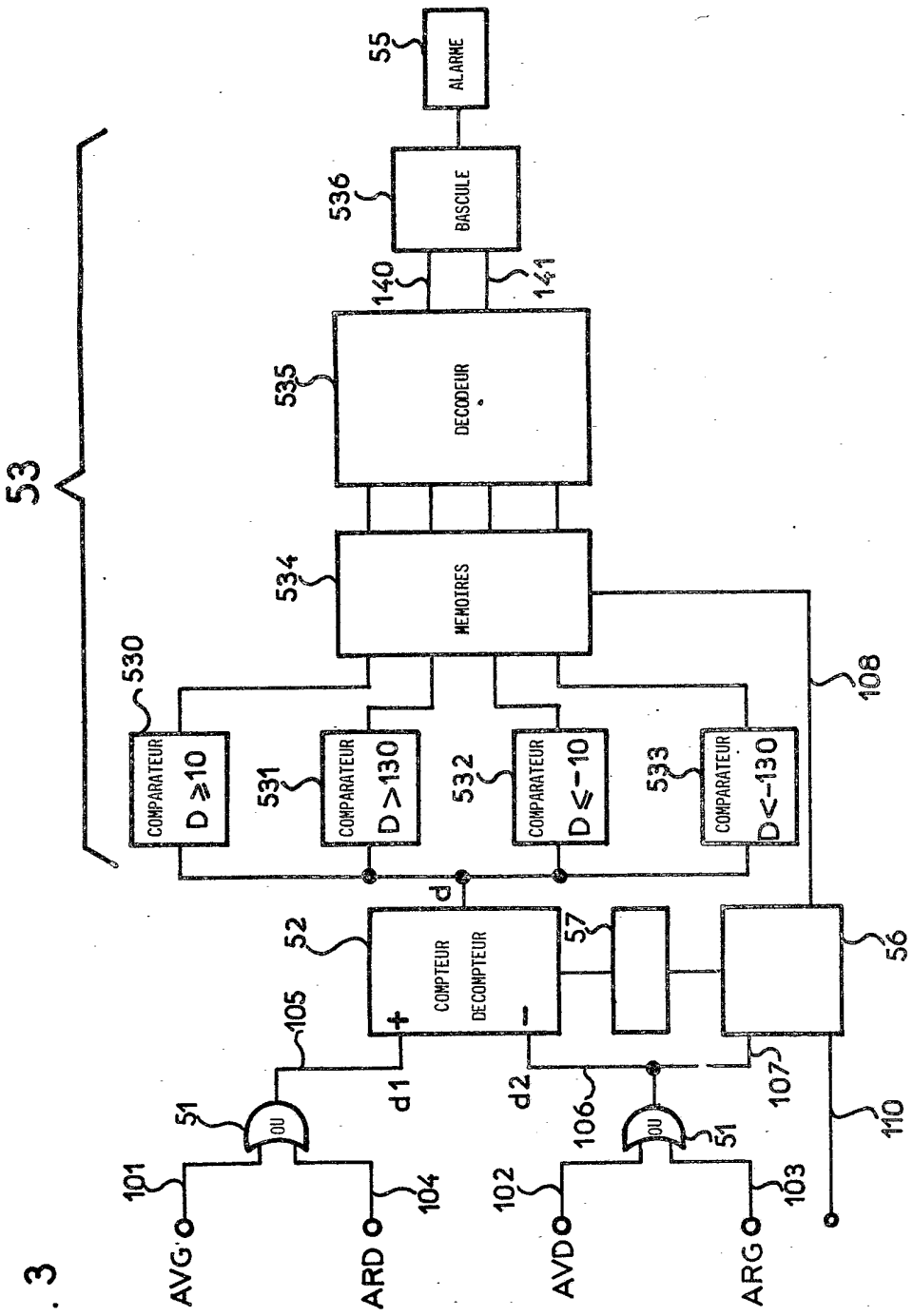

53
55
ALARME
536
BASCULE
140
141
535
DECODEUR
534
MEMOIRES
530
COMPARATEUR
D ≥ 10
531
COMPARATEUR
D > 130
532
COMPARATEUR
D ≤ −10
533
COMPARATEUR
D < −130
108
d
52
COMPTEUR
DECOMPTEUR
+
−
57
56
105
d1
d2
106
107
110
51
OU
51
OU
101
AVG
104
ARD
102
AVD
103
ARG

FIG. 3