

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 25443

(54) Gyroscope de recherche du nord.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 C 19/38.

(22) Date de dépôt..... 1^{er} décembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 29 novembre 1979, n° P 29 48 051.1; 7 août 1980, n° P 30 29 888.5.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 19-6-1981.

(71) Déposant : Société dite : TELDIX GMBH, société à responsabilité limitée, résidant en RFA.

(72) Invention de : Peter Schultz.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Armengaud Jeune, Casanova, Akerman et Lepeudry,
23, bd de Strasbourg, 75010 Paris.

L'invention concerne un gyroscope de recherche du nord comportant, dans un cadre, un rotor de gyroscope à l'axe de giration orientable horizontalement, un cadre de poursuite ou corps pendulaire dans lequel le cadre
5 est disposé de manière à pouvoir tourner autour d'un axe de rotation orientable verticalement, un dispositif de prise d'aplomb pour l'orientation verticale du corps pendulaire rotatif suspendu dans une enveloppe, en particulier au moyen d'un joint à cardan, ainsi qu'un dispositif de poursuite
10 muni d'un capteur de la position angulaire du cadre relativement au corps pendulaire et d'un entraînement de réglage final servant à orienter le corps pendulaire relativement à l'enveloppe sous la dépendance du signal du capteur.

Par le second fascicule publié de la de-
15 mande de brevet de la R.F.A. N° 1 498 042, on connaît un gyroscope de cette espèce qui est en principe sous la forme d'un gyromètre à deux degrés de liberté. Le gyroscope connu comporte un cadre pouvant tourner autour d'un axe de rotation aussi vertical que possible et muni d'un rotor de gyros-
20 cope dont l'axe de giration est orthogonal à l'axe de rotation mentionné et donc situé dans un plan horizontal. Le cadre est disposé de manière à pouvoir tourner au moyen de coussinets à gaz dans un corps pendulaire qui est suspendu au moyen d'un joint à cardan à l'intérieur d'une enveloppe de telle
25 sorte que l'axe de rotation peut être orienté verticalement. Le dispositif de prise d'aplomb ainsi constitué comporte en outre, à l'extrémité inférieure du corps pendulaire, un aimant perpendiculaire pouvant être actionné électriquement, dont l'armature s'appuie, une fois la prise d'aplomb effectuée,
30 sur une partie de l'enveloppe qui est en forme de calotte. Le cadre est assujetti à une position zéro relativement à l'enveloppe. Il est prévu en outre un circuit de poursuite comportant un capteur de la position angulaire du cadre, des dispositifs amplificateurs appropriés et un entraînement de
35 réglage final entre enveloppe et corps pendulaire de manière

à assurer une orientation du corps pendulaire dans le sens d'une diminution du signal du capteur de cadre. Comme on le sait, dans un gyroscope de recherche du nord de cette espèce, la composante horizontale de la vitesse de rotation de la terre engendre un moment tendant vers le nord et dépendant du sinus de l'angle de dérive entre l'axe de torsion et la direction du nord, ce moment causant une déviation correspondante du cadre. Par conséquent, au moyen du circuit de poursuite, on oriente le corps pendulaire jusqu'à ce que la déviation mentionnée du cadre tende vers zéro. La position angulaire du corps pendulaire relativement à l'enveloppe, déterminée au moyen d'un transmetteur d'angle sous forme de transformateur de coordonnées, correspond alors pratiquement à la direction du nord. Toutefois, outre le moment tendant vers le nord, il faut tenir compte du moment d'asservissement ainsi que des moments perturbateurs causés en particulier par des dérives du gyroscope, par le montage du cadre, par les trajets électriques ainsi que par des vibrations agissant de l'extérieur, de sorte que, selon la qualité du gyroscope, il se produit des erreurs dans l'établissement du nord. En outre, il est nécessaire que le temps de recherche du nord soit court, d'autant plus que la recherche du nord doit s'effectuer lorsque l'appareil porteur, par exemple un véhicule, est immobile, et qu'en général un arrêt prolongé du véhicule est indésirable pour des raisons tactiques.

En outre, par le premier fascicule publié de la demande de brevet de la R.F.A. 2 336 956, on connaît un gyroscope de recherche du nord de l'espèce définie dans lequel il s'effectue tout d'abord une poursuite rapide d'une première position où l'axe de giration du gyroscope est grossièrement aligné sur la direction du nord. Ensuite, le circuit de poursuite est coupé et, sous la dépendance du signal du capteur de cadre, un générateur de couple, disposé entre le cadre et le corps pendulaire, est commandé. Dans le circuit d'asservissement ainsi conçu, le courant du générateur

de couple correspond au moment d'asservissement, de sorte que, compte tenu de la torsion du gyroscope, on peut déterminer la vitesse angulaire d'entrée et donc la dérive de nord.

On prévoit des filtres appropriés pour limiter l'influence des mouvements perturbateurs externes auxquels il faut s'attendre.

En outre, pour déterminer la position angulaire du corps pendulaire relativement à l'enveloppe, il est prévu un transmetteur d'angle, le signal de celui-ci et la dérive de nord donnant la direction du nord. Par la mise en action du circuit d'asservissement mentionné, le facteur de transfert étant fixé, la fréquence propre dominante du gyroscope augmente de sorte que l'écart de nord résultant de moments de redressement ou la sensibilité du gyroscope aux mouvements perturbateurs sont diminués. Toutefois, étant donné que d'autre part le moment d'asservissement dépend de dérives de gyroscope qui varient, en particulier avec la température ou le temps, de façon imprévisible, l'angle de nord de sortie peut contenir des erreurs qui ne sont pas négligeables.

C'est pourquoi l'invention a pour but de donner à un gyroscope de recherche du nord, avec des moyens réduits, une structure telle qu'une détermination rapide et fiable de la direction du nord soit assurée.

Ce problème est résolu grâce au fait que l'entraînement de réglage final est sous la forme d'un moteur pas à pas à grande précision de division qui sert en même temps de transmetteur d'angle pour la position du corps pendulaire relativement à l'enveloppe.

Le gyroscope de recherche du nord selon l'invention se distingue par une constitution relativement simple et économique, d'autant plus que par suite de l'intégration du moteur pas à pas et du transmetteur d'angle, les systèmes coûteux de transmetteur d'angle nécessaires par ailleurs, compte tenu de la précision exigée aujourd'hui, sont supprimés. Il est avantageux de prévoir un moteur pas à pas plat à disque de nutation muni de couronnes dentées présentant

une grande précision de division. Le montage entre le stator et le rotor du moteur pas à pas constitue en même temps le montage du corps pendulaire, ce qui assure une simplification notable de construction. Pour éviter des erreurs de cardan,

- 5 le moteur pas à pas ou transmetteur d'angle peut être disposé entre le joint à cardan fixé à l'enveloppe et le corps pendulaire. Ainsi, si l'on utilise le gyroscope dans un véhicule, l'axe extérieur du joint à cardan peut aussi être aligné très facilement sur l'axe de roulis du véhicule. Toutefois, on peut aussi prévoir éventuellement un moteur pas à pas de type classique à la suite duquel est prévu en particulier un train à vis sans fin. Dans tous les cas, il est particulièrement avantageux que la direction angulaire du corps pendulaire, en partant d'une position zéro prescrite, puisse être déterminée de façon simple d'après les signaux de commande du moteur pas à pas, c'est-à-dire par comptage des pas.

- 15 La prise d'aplomb du corps pendulaire, ou le réglage à la verticale de l'axe de rotation du cadre, s'effectue de préférence au moyen d'un électro-aimant disposé à l'extrémité inférieure et dont l'armature s'appuie sur une partie en forme de calotte de l'enveloppe. Bien entendu, à cet effet, on peut aussi prévoir d'autres capteurs d'aplomb ainsi que des organes de réglage final commandés par ceux-ci.

- 20 Dans un mode d'exécution préférentiel, comportant de façon connue un circuit d'asservissement du cadre, on mesure les moments d'asservissement et les vitesses angulaires d'entrée dans deux positions faisant entre elles un angle prescrit, en particulier de 90° , et, d'après ces valeurs, on détermine par approximation la dérive de nord.
- 30 Ensuite, au moyen du moteur pas à pas, on réajuste le corps pendulaire conformément à la dérive de nord et ainsi on l'aligne grossièrement sur la direction du nord, puis, par une mesure précise, on détermine la direction du nord. De cette manière très avantageuse, on possède déjà au bout d'un temps court une première valeur approchée à la direction du nord, l'ordre de grandeur de l'approximation étant de 1° , la précision de celle-ci étant encore accrue d'un ordre de gran-
- 35

deur par la mesure précise qui dure un peu plus longtemps. Pour supprimer les perturbations, il est très avantageux d'exé-
cuter chaque fois plusieurs mesures d'angle et de former des
moyennes ou d'effectuer un filtrage des grandeurs perturbatri-
ces. La commande du processus décrit de recherche du nord, la
détermination des angles et le filtrage s'effectuent de préfé-
rence au moyen d'une calculatrice ou d'un microprocesseur.
Selon un mode d'exécution préférentiel, pour compenser la dé-
rive du gyroscope, on fait tourner le gyroscope d'un angle
défini, en particulier de 180° , au moyen du moteur pas à pas,
après l'une des mesures précises et on opère ensuite une deu-
xième mesure précise. Puis, d'après les moments d'asservisse-
ment et les vitesses angulaires d'entrée ainsi mesurés, on
détermine la direction du nord avec une très grande précision
ainsi que la dérive du gyroscope. D'autres avantages apparai-
tront ci-après .

On explique plus précisément l'invention ci-après
à propos d'un exemple d'exécution représenté par les dessins
sur lesquels :

la figure 1 est une représentation de principe du
gyroscope de recherche du nord, partiellement en coupe
longitudinale.

La figure 2 est un schéma par blocs du gyroscope
selon la figure 1.

La figure 3 est un schéma de principe général des
divers axes du gyroscope de recherche du nord.

La figure 4 est un schéma de principe des axes d'un
compas gyroscopique et du gyroscope de recherche du nord.

La figure 5 est un schéma par blocs du compas gyros-
copique et du gyroscope de recherche du nord.

La figure 6 est un schéma de principe des axes du
gyroscope de recherche du nord lors d'une mesure avec retour-
nement de 180° .

Le gyroscope de recherche du nord selon la figure 1
comporte, dans une enveloppe 1, un corps pendulaire 4 sus-
pendu par l'intermédiaire d'une plaque de base 2 et d'un
joint à cardan 3. Entre le joint à cardan 3, qui est repré-
senté schématiquement, et le corps pendulaire 4 est disposé

un moteur pas à pas 5, plus précisément un moteur à disque de nutation. Le moteur pas à pas comporte un stator 6 fixé au joint à cardan 3 et un rotor 8 disposé de manière à pouvoir tourner par l'intermédiaire d'un roulement à billes 7. Ce roulement à billes 7 sert en même temps à monter le corps pendulaire 4 relié au rotor 8. Sur le stator 6 sont disposés un certain nombre d'enroulements électriques 9 distribués à la circonférence. Le rotor comporte une couronne dentée 11, qui est reliée au corps pendulaire au moyen d'un plateau oscillant souple axialement et disposé de façon rigide radialement ou au moyen d'une membrane 10 et en face de laquelle est prévue sur le stator une couronne dentée 12. Les couronnes dentées 11, 12 ont un grand nombre de dents et la différence entre les nombres de dents est de préférence d'une unité. Avec un moteur pas à pas de ce genre, on peut choisir un pas relativement grand, en fonction du nombre de dents et du nombre des enroulements 9 et on obtient tout de même une très grande précision de division. Ainsi, on peut faire tourner le corps pendulaire 4 autour de l'axe de rotation 13 sur toute la marge angulaire et le régler avec une grande précision. Le moteur pas à pas 5 sert en même temps de transmetteur d'angle pour la position du corps pendulaire 4 relativement à l'enveloppe 1 à partir d'une position zéro prescrite, les signaux de commande destinés aux enroulements 9 sont simplement comptés. A cet effet est prévu un simple capteur de position zéro, non représenté ici. A l'extrémité inférieure du corps pendulaire 4 est prévu un aimant perpendiculaire 16 pouvant être commandé électriquement, dont l'armature 17 en forme de pied oscillant s'appuie sur une partie en calotte 18 de l'enveloppe 1. On voit que l'on obtient ainsi un dispositif de prise d'aplomb pour le corps pendulaire 4 suspendu à cardan. En effet, si, à la différence de ce qui est représenté sur la figure 1, l'axe de rotation momentané 19 n'est pas vertical, l'armature 17 peut être écartée de la calotte par une commande rythmée de l'aimant perpendiculaire 16, ce qui fait que le corps pendulaire 4 s'oriente exactement à la verticale. Dans cette prise d'aplomb qui dure très peu de temps, environ 5 secondes, il est avantageux de choisir pour l'aimant perpendiculaire 16 une fréquence de commande à peu près quatre fois supérieure

à la fréquence propre du pendule. Eventuellement, la prise d'aplomb peut aussi s'effectuer au moyen de capteurs d'aplomb et d'organes de réglage final commandés par ceux-ci, par exemple de servomoteurs ou de générateurs de couple. A l'intérieur du corps pendulaire 4 se trouve le cadre de précession 20 contenant un rotor de gyroscope 22 qui peut tourner autour de l'axe de giration 21. Le cadre 20 est monté de manière à pouvoir tourner autour de l'axe de sortie ou de rotation 13, contre le corps pendulaire 4 ou le cadre de poursuite, au moyen d'un palier statique à gaz comportant des interstices d'air annulaires axiaux et radiaux 24, 25. L'alimentation du palier est assurée par un compresseur 27 indiqué schématiquement, prévu dans la partie inférieure du corps pendulaire 4. Le compresseur 27 est soutenu dans le corps pendulaire 4 au moyen d'éléments annulaires amortisseurs de vibrations 28, 29. Un capteur de position angulaire et un générateur de couple 30, 31 sont en outre prévus. Ainsi, d'une part, on capte la position angulaire du cadre 20 et de l'axe de giration 21 relativement au corps oscillant 4 et, d'autre part, on peut obtenir un moment d'asservissement autour de l'axe de rotation 13 pour asservir le cadre 20 à une position zéro prescrite. L'entraînement du rotor de gyroscope 22 est assuré par un moteur 32, 33, de préférence d'un moteur à courant continu sans collecteur. Ce moteur comporte sur chacun des deux côtés longitudinaux un enroulement de stator polyphasé 32, relié au cadre 20, en face duquel sont placés, sur le rotor de gyroscope 22, des aimants permanents 33 à polarisation alternée dans la direction de l'axe de giration 21. Le système électronique de commutation nécessaire 34 est disposé au-dessus du rotor de gyroscope 22 dans le cadre 20. En outre, entre le corps pendulaire 4 et le cadre 20 sont prévus des ressorts d'amenée de courant, représentés schématiquement. L'ensemble du système électronique 37 nécessaire à la recherche du nord, y compris la calculatrice, le microprocesseur et l'alimentation électrique, est disposé dans la partie supérieure du gyroscope, sur la plaque de base 2, ou peut être logé dans une enveloppe séparée.

On expliquera la constitution de principe du

système électronique du gyroscope à propos du schéma par blocs de la figure 2, les composants déjà décrits plus haut étant désignés par les mêmes références. Il existe une alimentation électrique 40 pour l'aimant perpendiculaire 16, le compresseur 27, le moteur à courant continu 32, le capteur 30 ainsi que pour un système électronique de commande 41 du moteur pas à pas 5 et une calculatrice ou un microprocesseur 42. Le microprocesseur 42 sert non seulement à commander le processus de recherche du nord et à calculer les valeurs angulaires mais encore à filtrer, comme indiqué plus précisément ci-après, les influences perturbatrices qui apparaissent par exemple sous la forme de vibrations s'appliquant à l'enveloppe. Il est clair qu'on peut aussi utiliser éventuellement un système électronique classique de calcul et de commande. Au moteur pas à pas 5 est encore adjoint un simple capteur de position zéro 43, affecté à une position zéro définie du corps pendulaire 4. Le capteur de position zéro est relié à l'entrée de remise à zéro d'un compteur/décompteur 44 aux entrées duquel sont appliqués des signaux venant du système électronique de commande 41 et correspondant au nombre de pas et au sens de rotation. Compte tenu de la grandeur de pas du moteur pas à pas, le compte du compteur correspond donc à la position angulaire du corps pendulaire. Au moyen du circuit d'asservissement 45, le cadre 20 est asservi à une position zéro désirée relativement au corps pendulaire 4 ou cadre de poursuite. A l'état stationnaire, le courant du générateur de couple 31 est une mesure du moment d'asservissement qui est nécessaire pour compenser le moment tendant vers le nord mais aussi des moments perturbateurs. De préférence, un signal proportionnel au courant mentionné est transmis au microprocesseur en passant par un convertisseur analogique/numérique 46. Une horloge 47, par exemple stabilisée par quartz, donne le rythme destiné au microprocesseur 42 et aux autres parties du système électronique.

Lorsqu'une détermination du nord a déjà eu lieu, il est possible, pour les déterminations suivantes, de se passer de la mesure grossière, une donnée obtenue par une déter-

mination précédente et mise en mémoire peut être utilisée comme valeur estimative pour l'orientation grossière du gyroscope.

Le schéma de principe de la figure 3 représente une orientation grossière Ng de l'axe de giration du gyroscope.

5 Au moyen d'une valeur correspondant au nord, se trouvant en mémoire ou enregistrée d'une autre manière, ou encore directement disponible, telle que par exemple l'indication du cap d'un compas gyroscopique, on amène au moteur pas à pas 5 des impulsions électriques qui provoquent un pivotement du corps pendulaire 4 par rapport à l'enveloppe 1, amenant ainsi l'axe de giration 21 du rotor 22, donc la direction du vecteur de torsion, en une position Ng proche de la direction du nord. Grâce à une ou plusieurs mesures précises on détermine ensuite l'angle de dérive du nord $\Delta\alpha_k^*$ et la direction exacte N du

15 nord.

La figure 4 illustre le principe d'une détermination grossière du nord au moyen du cap fourni à l'aide d'un compas gyroscopique. Dans un premier processus de recherche du nord on a déterminé par une mesure précise la direction N du nord.

20 L'axe de giration du compas gyroscopique occupe une direction faisant un angle quelconque α avec celle du nord et un angle γ avec l'axe longitudinal F l du véhicule. Pour simplifier la représentation, on a projeté les axes de giration du compas gyroscopique et du gyroscope de recherche du nord sur un plan

25 horizontal, avec un point d'intersection, même si, dans un mode de réalisation pratique, les deux axes de giration sont éloignés l'un de l'autre. On définit comme valeur de référence l'angle α entre l'axe de giration Kkl et la direction N du nord et on la fait enregistrer par le compas gyroscopique.

30 Le cap instantané ϕ du véhicule s'obtient par addition des angles α et γ .

Pendant le déplacement du véhicule, il se produit des changements de la position par rapport au nord de l'axe longitudinal F et de la position du gyroscope de recherche du

35 nord, qui n'est pas en service, tandis que la position de l'axe de giration du compas gyroscopique reste maintenue, à la dérive près. Or, du fait de cette dérive, l'axe de giration du compas gyroscopique s'écarte peu à peu de sa position,

de sorte que l'indication du cap se trouve faussée de l'intégrale de la dérive, l'angle d'erreur β . Soit par exemple F2 la direction de l'axe longitudinal du véhicule au bout d'un certain temps, l'axe de giration du compas gyroscopique occupant alors la position KK2. Grâce à une nouvelle détermination du nord au moyen du gyroscope de recherche du nord on obtient une nouvelle valeur de α , soit $\alpha_{\text{nouv.}}$, qui corrige l'erreur. A cet effet on oriente d'abord l'axe de giration du gyroscope de recherche du nord de manière qu'il fasse avec l'axe de giration du compas gyroscopique l'angle de référence α , donné par la détermination précédente, et que, par conséquent, il soit orienté correctement, à l'angle d'erreur β près. L'axe de giration du gyroscope de recherche du nord est donc grossièrement aligné au nord et occupe la position Ng; puis, par une mesure précise on détermine la dérive $\Delta\alpha^*$ et la direction exacte du nord, et l'on enregistre le nouvel angle $\alpha_{\text{nouv.}}$ entre la direction du nord et la position instantanée du compas gyroscopique.

La figure 5 est un schéma par blocs de la disposition des gyroscopes et d'une partie des organes périphériques sur un véhicule. Pendant les déplacements de ce dernier, le compas gyroscopique KK et un compteur de distance (non représenté) fournissent et affichent le cap et la position du véhicule. Lorsque le véhicule s'arrête au bout de son parcours, on arrête en même temps le compas gyroscopique. On enregistre dans une mémoire Sp la dernière valeur du cap, c'est-à-dire l'angle ϕ de l'axe longitudinal du véhicule immobile par rapport au nord. Pour la remise en route du véhicule il faut déterminer à nouveau la direction exacte du nord au moyen du gyroscope de recherche du nord. A partir de l'indication de cap ϕ figurant dans la mémoire et de la position S_{AS} de l'axe de giration du gyroscope de recherche du nord, une calculatrice fournit l'angle de pivotement $\angle AS$ nécessaire au corps oscillant, en vue d'orienter l'axe de giration du gyroscope de recherche du nord selon une direction proche de celle du nord. Après cette opération on peut effectuer une mesure précise. Il va

de soi que la calculatrice peut servir elle-même de mémoire.

Après un certain temps, on peut procéder à une nouvelle détermination selon le processus illustré par la figure 3.

5 Après un processus de mesure avec une orientation grossière ou avec une détermination grossière de la dérive par rapport au nord, et après une ou plusieurs mesures précises, il se peut qu'une précision encore plus grande soit nécessaire; on peut alors effectuer directement une mesure précise sans
10 arrêter le gyroscope de recherche du nord, c'est-à-dire que, grâce à un organe de commande approprié on envoie un nouvel ordre de mise en marche au cours de la première mesure.

La figure 6 illustre graphiquement ce processus, au cours duquel la valeur $\Delta \alpha^*$ de l'axe de giration, obtenue
15 par une mesure précise antérieure, est utilisée directement comme valeur estimative de la valeur N_g .

Pour la nouvelle mesure précise, on fait tourner l'axe de giration d'un angle $\Delta \alpha^*$, de manière à diminuer la dérive résiduelle de l'axe de giration par rapport au nord,
20 donc à diminuer les erreurs sur les angles.

En outre on peut éliminer certaines erreurs dues au gyroscope en faisant tourner l'axe de giration d'un angle $180^\circ - \Delta \alpha^*$, $\Delta \alpha^*$ étant la valeur de l'angle par rapport au nord déterminée par une mesure précise antérieure, et en
25 effectuant une nouvelle mesure précise dans la position représentée par NE'.

On décrira maintenant le déroulement d'un processus de recherche du nord ainsi que les étapes de commande et de calcul à exécuter à cette occasion. Tout d'abord,
30 le gyroscope est mis en action par un ordre extérieur de recherche du nord. Pour la prise d'aplomb du corps pendulaire 4, l'aimant perpendiculaire 16 est excité par des signaux

d'une fréquence quadruple de la fréquence propre : au bout de quelques secondes, l'axe de sortie ou de rotation 13 est parfaitement vertical. Cela étant, la vitesse de rotation du rotor de gyroscope 22 augmente jusqu'à la vitesse nominale et, en même temps, le moteur pas à pas 5 est mis en rotation rapide de façon que, lorsque la position zéro est dépassée, le compteur 44 soit remis à zéro et que, par la suite, le compte du compteur corresponde à la vitesse angulaire du corps pendulaire. Il est avantageux de fermer déjà le circuit d'asservissement pendant l'augmentation de vitesse. Aussitôt que le rotor de gyroscope 22 a atteint sa vitesse de rotation nominale, il s'effectue, dans la première position qu'occupe précisément le gyroscope, une première mesure grossière du moment d'asservissement M_1 et, compte tenu de la torsion H du gyroscope, d'après la relation $M_1 = \omega_1 H$, une mesure de la vitesse angulaire d'entrée ω_1 . Le moment d'asservissement M exercé par le générateur de coupe est proportionnel au courant i qui, à nouveau, donne lieu, à la sortie du convertisseur analogique/numérique, à une valeur numérique proportionnelle N . La grandeur N est donc proportionnelle à la vitesse angulaire d'entrée ω . Le paramètre $K = \frac{\omega}{N}$ est l'amplification globale du gyroscope. Il est approximativement constant; toutefois, des variations minimales, résultant par exemple d'une variation de température ou d'un vieillissement des composants, peuvent être détectées automatiquement par un processus d'éta-

25 lonnage décrit plus loin et il peut en être tenu compte.

Pour ω_1 , on a la relation :

$$(1) \quad \omega_1 = \Omega_H \cdot \sin \alpha_0 + D + \delta \omega_1$$

dans laquelle :

30 $\Omega_H = \Omega \cdot \cos \varphi$ est la composante horizontale de la rotation terrestre à une latitude φ ,
 α_0 l'angle d'azimut arbitraire relativement au nord géographique
 D la dérive du gyroscope

$\delta \omega_1$ l'erreur de mesure due à des grandeurs perturbatrices internes et externes.

Ensuite, au moyen du moteur pas à pas 5, on fait tourner le gyroscope d'un angle défini, en particulier de 90° , et on effectue une deuxième mesure grossière.

$$(2) \quad \omega_2 = \Omega_H \cdot \sin(\alpha_0 + 90^\circ) + D + \delta \omega_2$$

Lors des mesures grossières, les valeurs mesurées transmises au microprocesseur 42 par l'intermédiaire du convertisseur analogique/numérique 46 sont appelées régulièrement sur un laps de temps de quelques secondes chaque fois et en partant des valeurs mesurées individuelles de ω_1 ou ω_2 , obtenues de cette manière, une moyenne est chaque fois formée. Si les valeurs mesurées individuelles comportent un bruit important, en particulier à cause de mouvements perturbateurs extérieurs, il est à conseiller d'allonger les temps de mesure.

Si le moteur pas à pas peut tourner sur une marge angulaire supérieure à 360° , on peut effectuer la deuxième mesure grossière après une rotation positive ou négative mais il faut tenir compte du signe. Si la marge angulaire est exactement de 360° , il est avantageux d'effectuer les deux mesures grossières de façon telle que la deuxième mesure grossière se situe au moins approximativement au milieu de la marge de rotation.

Ensuite, en négligeant les erreurs de mesure $\delta \omega_1$ et $\delta \omega_2$ et en tenant compte du signe ou du sens de rotation, on détermine au moyen du microprocesseur 42 une première valeur estimative grossière α_0^* de l'angle d'azimut, d'après la relation :

$$(3) \quad \alpha_0^* = \arctg \frac{\omega_1 - D^*}{\omega_2 - D^*}$$

On introduit ici, pour la dérive du gyroscope, une valeur estimative D qui est zéro lors de la première recherche du nord effectuée et qui, lors de nouvelles recherches du nord, est améliorée itérativement comme on l'expliquera davantage ci-après. Si à ce moment il faut arrêter la recherche du nord, on dispose au moins d'une première valeur estimative grossière $\tilde{\alpha}_0$ de l'angle d'azimut.

Ensuite, sous la commande du microprocesseur 42, par l'intermédiaire du système électronique de commande 41, le moteur pas à pas 5 et le corps pendulaire 4 tournent d'un angle $\tilde{\alpha}_0 \pm 90^\circ$ de sorte que l'axe de giration 21 est grossièrement orienté vers le nord. Dans un mode d'exécution avantageux, la rotation s'effectue chaque fois par le plus court trajet, vers le nord ou encore vers le sud, selon que l'une ou l'autre position est plus proche. Il faut souligner ici que l'orientation grossière du gyroscope peut éventuellement aussi s'effectuer d'une autre façon, par exemple au moyen d'une autre référence de direction du nord.

Une fois l'orientation grossière réalisée, il s'effectue une première mesure précise de la vitesse angulaire et on a la relation :

$$(4) \quad \omega_3 = \Omega_H \cdot \Delta\alpha + D + \delta\omega_3$$

On a désigné par $\Delta\alpha$ la dérive de nord qui subsiste en vertu de l'imprécision du calcul de α_0 et en vertu de la grandeur de pas finie du moteur pas à pas, compte tenu du fait, que pour de petits angles, le sinus correspond à la valeur de l'angle et on désigne par $\delta\omega_3$ l'erreur de mesure. En vue d'une suppression optimale des perturbations, au moyen du microprocesseur, on appelle à nouveau des valeurs mesurées individuelles sur un laps de temps plus long et on en fait la moyenne, plus précisément sur un laps de temps d'environ 1 minute. Les valeurs individuelles sont avantageusement filtrées par des filtres passe-bas du microprocesseur 42, la constante de temps augmentée de façon continue. En outre, il est très avantageux

de ne pas tenir compte de valeurs mesurées individuelles qui présentent, avec la moyenne des valeurs précédentes, une différence dépassant une limite de tolérance qui peut être choisie à l'avance, la limite de tolérance diminuant de préférence au cours du laps de temps de mesure. En outre, il est à conseiller de déterminer la limite de tolérance pour chaque valeur mesurée individuelle ou encore pour un groupe de valeurs mesurées individuelles d'après la largeur de dispersion des mesures individuelles précédentes et/ou de raccourcir ou l'allonger le laps de temps de mesure en fonction de la largeur de dispersion.

On débarrasse ainsi les valeurs mesurées individuelles des fractions perturbatrices à plus haute fréquence et en outre on inhibe les valeurs mesurées individuelles qui sont très éloignées de la moyenne, ce qui fait qu'en particulier les perturbations qui se produisent une seule fois sont inhibées efficacement. Mais d'autre part, si nécessaire, on peut déjà interrompre la recherche du nord pendant la première mesure précise et, d'après la vitesse angulaire moyenne $\tilde{\omega}_3$ obtenue jusqu'à ce moment, déterminer la direction du nord, bien qu'avec une moindre précision.

D'après la moyenne $\tilde{\omega}_3$ de la vitesse angulaire ω_3 , ainsi déterminée, on détermine au moyen du microprocesseur la dérive mécanique de nord restante $\Delta \alpha^*$:

$$(5) \quad \Delta \alpha^* = \frac{\omega_3 - D^*}{\Omega_H}$$

D'après la dérive de nord $\Delta \alpha^*$ et le signal du moteur pas à pas 5, on détermine, conformément à la position angulaire α_0 , la direction du nord.

Il se produit ici une erreur :

$$(6) \quad \delta \alpha_3 = \Delta \alpha - \Delta \alpha^* = \frac{D^* - D - \delta \omega_3}{\Omega_H}$$

En vertu du filtrage expliqué plus haut et de la formation d'une moyenne pendant la première mesure précise, l'erreur de mesure $\delta \omega_3$ est relativement petite. Toutefois, étant donné que la dérive réelle D du gyroscope s'écarte généralement de la valeur estimative D^* par suite de variations de température, d'un vieillissement etc., selon un mode d'exécution préférentiel on inhibe largement la fraction systématique d'erreur $\Delta D = D^* - D$ par un étalonnage effectué ensuite. A cet effet, au moyen du moteur pas à pas 5, on fait tourner le gyroscope aussi exactement que possible de 180° . Puis, dans cette position, on effectue une deuxième mesure précise de la vitesse angulaire ω_4 et, à nouveau, on opère la formation de la moyenne et le filtrage des valeurs mesurées individuelles, comme expliqué plus haut.

$$(7) \quad \omega_4 = -\Omega_H \cdot \Delta \alpha + D + \delta \omega_4$$

Ensuite, d'après les vitesses angulaires des deux mesures précises, ainsi déterminées, on détermine la dérive de nord $\Delta \alpha$, en partant de cette hypothèse que les erreurs de mesure $\delta \omega_3$ et $\delta \omega_4$ sont notablement plus petites que la fraction d'erreur ΔD de sorte que l'on peut appliquer la relation :

$$(8) \quad \Delta \alpha = \frac{\omega_3 - \omega_4}{2 \Omega_H}$$

Puis, on détermine la direction du nord ou l'angle de nord α , d'après la dérive de nord $\Delta \alpha$ et la position angulaire du corps pendulaire, avec une très grande précision. Autrement dit : d'après les valeurs fournies par les deux mesures précises, on calcule la fraction d'erreur qui est constante dans le temps et résulte du moment perturbateur et on la compense par calcul.

En outre, d'après les relations (4) et (7), c'est-à-dire d'après les valeurs mesurées filtrées ω_3 et ω_4 , on détermine, au moins approximativement, la dérive

\bar{D} du gyroscope d'après la relation :

$$(9) \quad \bar{D} = \frac{\omega_3 + \omega_4}{2}$$

On mémorise dans le microprocesseur 42 la moyenne ainsi obtenue, en tant que nouvelle valeur estimative D^* de la dérive du gyroscope. Lors de la recherche du nord qui suit, on exécute, avec cette valeur estimative, la détermination de la position du nord selon la première mesure précise, conformément à la relation (5).

Ainsi, en particulier dans le cas où l'on ne dispose pas de temps pour une deuxième mesure précise, on détermine déjà très précisément la dérive de nord après la première mesure précise, conformément à la relation (5).

Dans les relations (5) et (8) données plus haut, on a besoin de la composante horizontale de la rotation terrestre :

$$(9bis) \quad \Omega_H = \Omega \cdot \cos \varphi$$

Pour de petites dérives de nord il suffit, on le sait, de faire les calculs avec une moyenne valable pour le domaine d'utilisation considéré, précise à quelques % près, et qui doit être introduite de l'extérieur dans la calculatrice ou le microprocesseur. Toutefois, selon un mode d'exécution préférentiel, on calcule approximativement la composante horizontale $\tilde{\Omega}_H$ d'après les valeurs mesurées ω_1 , ω_2 des deux mesures grossières.

$$(10) \quad \tilde{\Omega}_H = \sqrt{(\omega_1 - D^*)^2 + (\omega_2 - D^*)^2}$$

Ici, avantageusement, on tient compte, pour la dérive D du gyroscope, de la valeur obtenue d'après la relation (9). En outre, en partant de la composante horizontale

$\tilde{\Omega}_H$ de la rotation terrestre calculée de cette façon, on détermine une valeur approchée $\tilde{\varphi}$ de la latitude, selon la relation :

$$(11) \quad \tilde{\varphi} = \arccos \tilde{\Omega}_H / \Omega$$

5 Etant donné que lors des mesures décrites ci-dessus on ne dispose pas directement des vitesses angulaires ω mais seulement des valeurs numériques résultantes N en tant que grandeurs de sortie, il faut que l'amplification globale K de l'appareil soit connue. A cet effet, de temps en temps, à
10 la suite de la mesure grossière et avant la mesure précise, on fait tourner l'axe de giration à deux positions déviées relativement au nord, de préférence de $\pm 90^\circ$. On obtient ainsi les valeurs mesurées :

$$(12) \quad N_5 = \frac{1}{K} (\Omega_H \sin (\Delta \alpha + 90^\circ) + D + \delta \omega_5)$$

$$15 \quad N_6 = \frac{1}{K} (\Omega_H \sin (\Delta \alpha - 90^\circ) + D + \delta \omega_6)$$

On peut en tirer par approximation l'amplification, d'après la relation :

$$(13) \quad K = \frac{2 \Omega_H}{N_5 - N_6}$$

20 puisque $\sin (\Delta \alpha + 90^\circ) = \cos \Delta \alpha \approx 1$, et $\sin (\Delta \alpha - 90^\circ) = -\cos \Delta \alpha \approx -1$.

La recherche du nord par le gyroscope s'effectue par les étapes indiquées ci-dessus : au moyen du moteur pas à pas 5, on règle avec une grande précision à la position chaque
25 fois nécessaire le corps pendulaire 4 et donc aussi l'axe de giration asservi 21 du gyroscope. Ici, le microprocesseur 42 sert de préférence aussi bien à commander les différentes étapes qu'à commander le moteur pas à pas 5 et aussi à calculer

les valeurs angulaires indiquées ainsi qu'à filtrer les valeurs mesurées individuelles obtenues pendant les mesures grossières et précises du moment d'asservissement et de la vitesse angulaire.

REVENDEICATIONS

1.- Gyroscope de recherche du nord comportant, dans un cadre, un rotor de gyroscope à l'axe de giration orientable horizontalement, un cadre de poursuite ou corps pendu-
5 dulaire dans lequel le cadre est disposé de manière à pouvoir tourner autour d'un axe de rotation orientable verticalement, un dispositif de prise d'aplomb pour l'orientation verticale du corps pendulaire rotatif suspendu dans une enveloppe, en particulier au moyen d'un joint à cardan, ainsi
10 qu'un dispositif de poursuite muni d'un capteur de la position angulaire du cadre relativement au corps pendulaire et d'un entraînement de réglage final servant à orienter le corps pendulaire relativement à l'enveloppe sous la dépendance du signal du capteur, gyroscope caractérisé en ce que l'en-
15 traînement de réglage final est sous la forme d'un moteur pas à pas (5) à grande précision de division qui sert en même temps de transmetteur d'angle pour la position du corps pendulaire (4) relativement à l'enveloppe.

2.- Gyroscope selon la revendication 1, caracté-
20 risé en ce que le joint à cardan (3) est solidaire de l'enveloppe (1) et le moteur pas à pas (5) est disposé entre le joint à cardan (3) et le corps pendulaire (4).

3.- Gyroscope selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le moteur pas à pas (5) est un moteur
25 à disque de nutation, aplati dans la direction de l'axe de rotation, dont le stator (6) est relié au joint à cardan (3) et au rotor (8) duquel est fixé le corps pendulaire, un palier (7) destiné au rotor (8) formant en même temps le palier du corps pendulaire (4).

30 4.- Gyroscope selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le moteur pas à pas (5) présente sur le stator (6) et le rotor (8) des couronnes dentées (12, 11) coopérant entre elles, la différence de leurs nombres de dents relativement grands étant d'au moins une
35 dent, et la couronne dentée (11) est disposée dans le rotor (8) de façon souple en direction de l'axe de rotation (13) et de façon rigide en direction circonférentielle.

5.- Gyroscopie selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le dispositif de prise d'aplomb comporte un électro-aimant (16) pouvant être commandé électriquement, disposé à l'extrémité inférieure du corps oscillant (4) et dont l'armature (17) s'appuie sur une partie en forme de calotte (18) de l'enveloppe (1).

6.- Gyroscopie de recherche du nord, en particulier selon la revendication 1, caractérisé en ce que le gyroscope ou le corps pendulaire (4) peut être réglé à des positions définies, au moyen du moteur pas à pas (5), la position angulaire étant détectée; pour asservir le cadre (20) à une position zéro prescrite est prévu un circuit d'asservissement (45) comportant un capteur de cadre (30) et un générateur de couple (31) agissant autour de l'axe de sortie ou de rotation (13) et dont le courant est une mesure de la vitesse angulaire d'entrée (ω), et, d'après la ou les valeurs mesurées de la vitesse angulaire, on détermine la direction du nord.

7.- Gyroscopie selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte une unité de calcul ou un micro-processeur (42) auquel sont amenées des valeurs mesurées correspondant à la vitesse angulaire ou au courant du générateur de couple (31) ainsi qu'à la position angulaire du corps pendulaire (4), la direction du nord étant déterminée d'après ces valeurs mesurées.

8.- Gyroscopie selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que le pas réalisable pour le corps pendulaire (4) au moyen du moteur pas à pas (5) est relativement grand tandis que la précision de division ou la précision de réglage reproductible est de l'ordre de grandeur de la précision de mesure désirée du gyroscope.

9.- Gyroscopie selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte un système électronique (41) de commande du moteur pas à pas (5) et un capteur de position zéro (43), la position angulaire étant déterminée à partir des signaux du système électrique de commande (41) et du capteur de position zéro (43).

10.- Gyroscopie selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'on mesure les vitesses angulaires (ω_1, ω_2) en au moins deux positions quelconques de l'axe de giration (21), décalées entre elles, en particulier de 90° , le réglage s'effectuant au moyen du moteur pas à pas (5); d'après les valeurs mesurées des deux mesures grossières, on détermine une première valeur estimative ($\tilde{\alpha}_0$) de l'angle d'azimut et ensuite on fait tourner le gyroscopie ou le corps pendulaire (4) au moyen du moteur pas à pas (5) conformément à la valeur estimative ($\tilde{\alpha}_0$) de manière à effectuer approximativement un alignement grossier de l'axe de giration (21) sur le nord.

11.- Gyroscopie selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'on effectue les deux mesures grossières en deux positions situées exactement à 90° l'une de l'autre et on détermine la valeur estimative ($\tilde{\alpha}_0$) d'après l'arctg des valeurs mesurées (ω_1, ω_2) introduites avec le signe correct, d'après la relation :

$$\tilde{\alpha}_0 = \arctg \frac{\omega_1 - D^*}{\omega_2 - D^*}$$

20 en utilisant pour la dérive (D^*) du gyroscopie une valeur préalablement connue et/ou pouvant être calculée d'après d'autres mesures.

12.- Gyroscopie selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que le moteur pas à pas (5) peut tourner d'une marge angulaire finie égale ou supérieure à 360° et on effectue la deuxième mesure grossière au moins approximativement dans la région du milieu de la marge angulaire.

13.- Gyroscopie selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'on exécute chaque mesure grossière en un laps de temps de quelques secondes, pouvant être choisi à l'avance, en appelant chaque fois régulièrement un certain nombre de valeurs mesurées individuelles, et d'après celles-ci, par filtrage et/ou formation d'une moyenne, on détermine les valeurs mesurées (ω_1, ω_2).

14.- Gyroscopie selon l'une quelconque des revendications 7 à 13, caractérisé en ce que d'après les vitesses

angulaires (ω_1, ω_2) on détermine une valeur approchée de la composante horizontale $\tilde{\Omega}_H$ de la rotation terrestre, selon la relation

$$\tilde{\Omega}_H = \sqrt{(\omega_1 - D^*)^2 + (\omega_2 - D^*)^2}$$

- 5 15.- Gyroscopie selon l'une quelconque des revendications 6 à 13, caractérisé en ce qu'après l'orientation grossière on maintient l'axe de giration (21) dans cette position au moyen du circuit d'asservissement, en une première mesure précise on mesure la vitesse angulaire (ω_3) et on tire de
10 celle-ci la dérive de nord $\Delta \alpha^*$, d'après la relation :

$$\Delta \alpha^* = \frac{\omega_3 - D^*}{\omega_H}$$

- en utilisant pour la dérive (D^*) du gyroscope une valeur préalablement connue et/ou pouvant être calculée d'après
15 d'autres mesures et en introduisant la composante horizontale (Ω_H) de la rotation terrestre.

- 16.- Gyroscopie selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'on exécute la mesure précise en un laps de temps plus long pouvant être choisi à l'avance, en appelant
20 régulièrement un certain nombre de valeurs mesurées individuelles, et, de celles-ci par filtrage et/ou formation moyenne, on tire la valeur mesurée (ω_3).

- 17.- Gyroscopie selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'on filtre les valeurs mesurées individuelles
25 au moyen d'un filtre passe-bas.

- 18.- Gyroscopie selon la revendication 16, caractérisé en ce que la constante de temps du filtre passe-bas augmente de façon continue ou discontinue.

- 19.- Gyroscopie selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisé en ce qu'on ne tient pas compte
30 des valeurs mesurées individuelles dont la différence avec la moyenne filtrée des valeurs précédentes dépasse une limite de tolérance pouvant être choisie à l'avance.

20.- Gyroscope selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'on diminue la limite de tolérance pendant le laps de temps de mesure.

21.- Gyroscope selon la revendication 19 ou 20, caractérisé en ce qu'on détermine la limite de tolérance pour chacune des valeurs mesurées individuelles ou pour chaque groupe de valeurs mesurées individuelles, après la largeur de dispersion des valeurs mesurées individuelles précédentes, et/ou on fait varier le laps de temps de mesure en fonction de la largeur de dispersion.

22.- Gyroscope selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'après avoir exécuté la première mesure précise on fait tourner l'axe de giration (21) ou le corps pendulaire (4) d'un angle défini, en particulier de 180°, au moyen du moteur pas à pas (5), puis, en une deuxième mesure précise, on mesure la vitesse angulaire (ω_4), d'après les valeurs mesurées des deux mesures précises on détermine la fraction des moments perturbateurs qui est pratiquement constante dans le temps et on mémorise celle-ci.

23.- Gyroscope selon l'une quelconque des revendications 16 à 22, caractérisé en ce que, lors de la deuxième mesure précise également, on exécute un filtrage et/ou une formation de moyenne correspondant à la première mesure précise.

24.- Gyroscope selon l'une des revendications 22 et 23, caractérisé en ce que, à partir des vitesses angulaires (ω_3 , ω_4) on détermine la dérive de nord $\Delta \alpha$ selon la relation :

$$\Delta \alpha = \frac{\omega_3 - \omega_4}{2 \cdot \Omega_H}$$

en tenant compte de la composante horizontale (Ω_H) de la rotation terrestre.

25.- Gyroscope selon l'une des revendications 22 et 23, caractérisé en ce que, à partir des vitesses angulaires (ω_3 , ω_4), on détermine au moins approximativement la dérive D du gyroscope, selon la relation :

$$\bar{D} = \frac{\omega_3 + \omega_4}{2}$$

et, lors d'une recherche du nord effectuée ensuite, on tient compte de la dérive mémorisée \bar{D} , aussi bien dans la mesure grossière que dans la mesure précise, en tant que valeur
 5 estimative a priori D^* .

26.- Gyroscope selon l'une quelconque des revendications 7 à 25, caractérisé en ce qu'au moyen du micro-
 processeur on effectue la commande du processus de recherche
 10 du nord et/ou la commande du moteur pas à pas (5) et/ou les calculs indiqués et/ou le filtrage des valeurs mesurées individuelles.

27.- Gyroscope selon l'une quelconque des revendications 7 à 26, caractérisé en ce qu'après le calcul de
 15 l'angle de nord α_0 , on fait tourner successivement l'axe de giration (21) à une ou plusieurs directions, en particulier décalées de $+90^\circ$ et/ou de -90° par rapport au nord, et on détermine la variation ΔN de la valeur de sortie N fournie par le convertisseur analogique/numérique (46).

28.- Gyroscope selon la revendication 27, caractérisé en ce que, à partir de la grandeur mesurée ΔN et de la variation $\Delta \omega$ de la composante de la rotation terrestre qui agit sur le gyroscope, on détermine l'amplification
 20 globale $K = \frac{\Delta \omega}{\Delta N}$ du gyroscope, qui indique la corrélation entre une vitesse angulaire (ω) agissant de l'extérieur et la valeur numérique N tirée, après conversion analogique/numérique, du courant résultant i du générateur de couple (31), en appliquant la relation :

$$K = \frac{\Delta \omega}{\Delta N}$$

29.- Gyroscope selon l'une des revendications 27 et 28, caractérisé en ce que la rotation relativement à la mesure grossière s'effectue successivement, exactement aux posi-
 30

tions $\alpha_5 = 90^\circ - \alpha_0$ et $\alpha_6 = \alpha_5 \pm 180^\circ$, on mesure les grandeurs de sortie N_5 et N_6 correspondant à ces positions et on calcule le paramètre K d'après la relation :

$$K = \frac{2\Omega}{N_5 - N_6} H$$

5

30.- Gyroscopie selon la revendication 15, caractérisé en ce que lors d'une détermination ultérieure de la direction du nord, l'orientation grossière (N_g) de l'axe de giration (21) du gyroscope de recherche du nord pour la mesure précise suivante se fait au moyen de la direction du nord obtenue par une détermination précédente.

10

31.- Gyroscopie selon la revendication 30, caractérisé en ce que, pour l'orientation grossière de l'axe de giration on utilise un compas gyroscopique en liaison avec le gyroscope de recherche du nord, compas gyroscopique dont l'orientation (α) par rapport au nord a été obtenue par une détermination précédente de la direction du nord.

15

32.- Gyroscopie selon la revendication 31, caractérisé en ce que son orientation grossière au nord a lieu seulement pendant une certaine période après une détermination précédente.

20

33.- Gyroscopie selon la revendication 30, auquel est transmise l'orientation d'un compas gyroscopique par rapport au nord au moyen de détermination de la direction du nord, caractérisé en ce que, lors de l'arrêt du compas gyroscopique on met en mémoire l'angle ϕ entre l'axe longitudinal (FL) du véhicule par rapport au nord (N), et en ce que, lors d'une détermination ultérieure, on utilise la valeur mémorisée (ϕ) comme référence par rapport au nord pour l'orientation grossière (N_g) de l'axe de giration.

25

30

34.- Gyroscopie selon l'une quelconque des revendications 30 à 33, caractérisé en ce que, grâce à un élément de commande, on peut choisir entre une détermination normale avec mesure grossière et mesure précise, et une orientation grossière sur la base de la direction du nord

35

obtenue lors de la dernière détermination.

35.- Gyroscope selon la revendication 30, caractérisé en ce que, lors d'une nouvelle mesure effectuée à la suite d'une mesure précise, sans arrêter le gyroscope, la direction du nord déterminée par la dernière mesure précise sert pour l'orientation grossière de l'axe de giration.

36.- Gyroscope selon la revendication 33, caractérisé en ce que la mesure ultérieure a lieu après rotation du corps oscillant (4) d'un angle $\alpha_G = -\Delta \alpha^*$, $\Delta \alpha^*$ étant la dérive par rapport au nord obtenue lors de la dernière mesure précise.

37.- Gyroscope selon la revendication 33, caractérisé en ce que la mesure ultérieure a lieu après une rotation du corps oscillant (4) d'un angle $\alpha_G = 180^\circ - \Delta \alpha^*$.

1/3

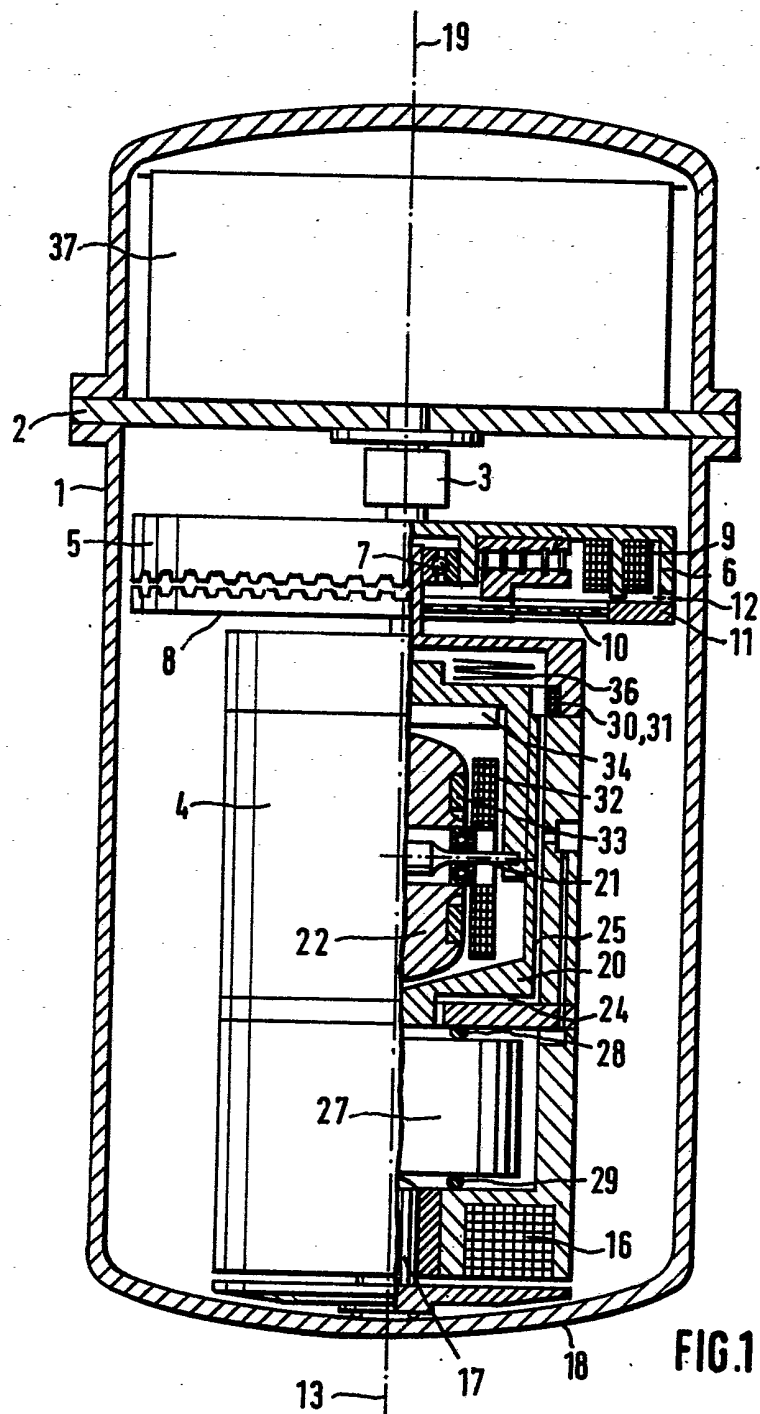
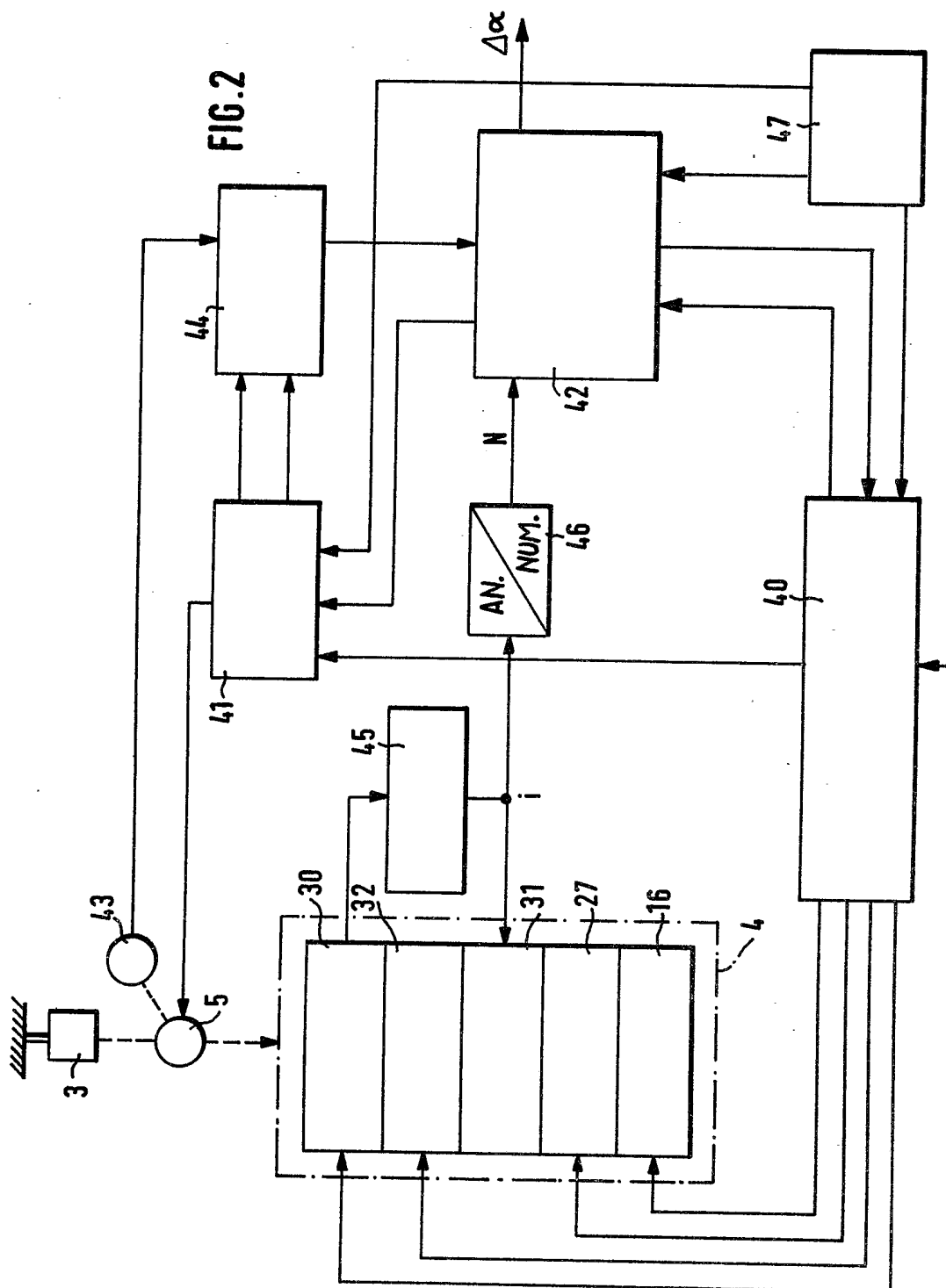


FIG. 1

2/3



3/3

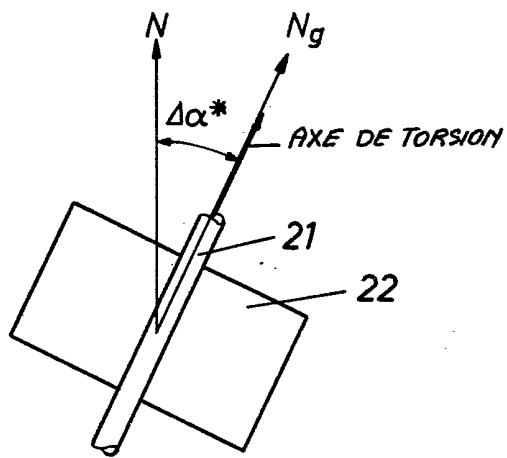


FIG. 3

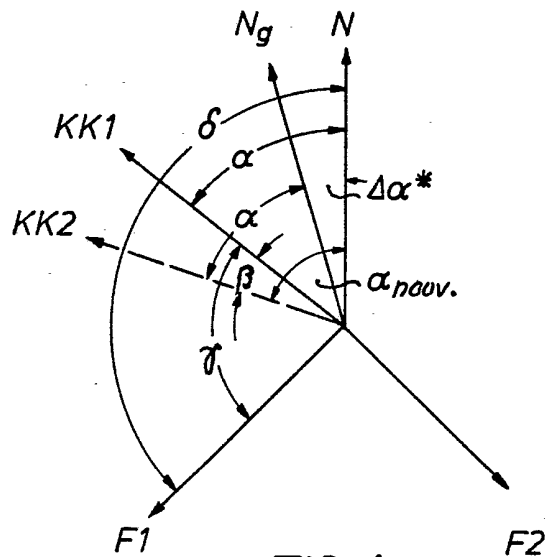


FIG. 4

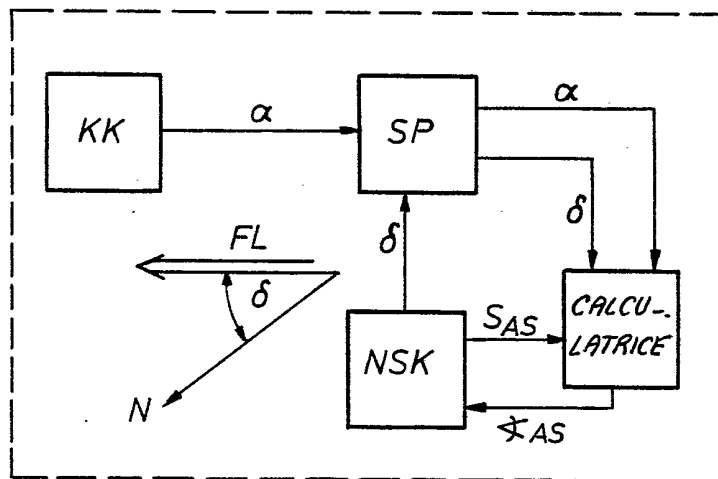


FIG. 5

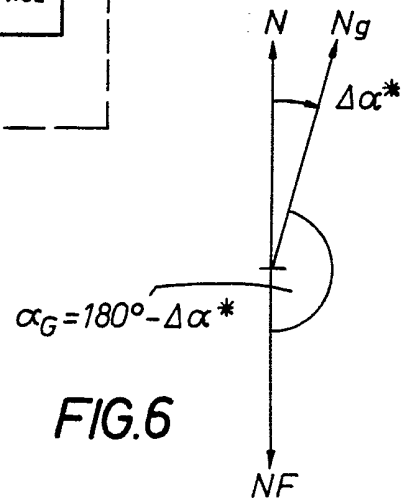


FIG. 6