

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 624**

51 Int. Cl.:

**G01C 21/16** (2006.01)

**G01C 25/00** (2006.01)

**G01P 21/00** (2006.01)

**G12B 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2011 E 11174859 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 2410293**

54 Título: **Procedimiento y sistema de armonización de un marco de referencia de un posicionador angular con respecto a un marco de referencia terrestre**

30 Prioridad:

**23.07.2010 FR 1056063**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**26.06.2020**

73 Titular/es:

**MBDA FRANCE (100.0%)  
1, avenue Réaumur  
92350 Le Plessis-Robinson, FR**

72 Inventor/es:

**BOURZIER, LAURENT**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 769 624 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema de armonización de un marco de referencia de un posicionador angular con respecto a un marco de referencia terrestre

### Antecedentes de la invención

5 La invención se relaciona con la armonización, con respecto al marco de referencia terrestre, de un marco de referencia de un posicionador angular adaptado para recibir un móvil o un artefacto volante de cual se desea, por ejemplo, ensayar sus prestaciones (por ejemplo, un misil, un avión, un cohete, etc.).

10 Por armonización del marco de referencia del posicionador angular con respecto a un marco de referencia terrestre, se entiende aquí la orientación de los ejes del posicionador angular con respecto a los ejes del marco de referencia terrestre, es decir, la orientación de un eje del marco de referencia del posicionador angular en dirección del norte geográfico y el posicionamiento de los otros dos ejes del marco de referencia del posicionador angular con respecto a la vertical del lugar (es decir, uno orientado según la vertical del lugar y el otro perpendicular a esta vertical).

15 El posicionador angular es, por ejemplo, un simulador de movimientos angulares, un banco de control o una mesa micrométrica. Aquél puede utilizarse, principalmente, en el marco de una simulación híbrida, tal como la descrita en el documento de patente francesa FR 2 927 418.

La invención se aplica, así, de forma prioritaria pero no limitativa al campo de la aeronáutica.

20 De forma conocida, los móviles susceptibles de ser embarcados en este tipo de posicionadores angulares son, clásicamente, equipos de un dispositivo de medida de informaciones inerciales equipado con giroscopios, girómetros y/o acelerómetros, tal como una central inercial. Las informaciones inerciales entregadas por el dispositivo de medida son relativas, principalmente, a la velocidad angular y/o a la aceleración del móvil al que equipa.

La armonización del marco de referencia del posicionador angular con respecto a un marco de referencia dado, típicamente con respecto al marco de referencia terrestre, facilita el aprovechamiento de las informaciones inerciales entregadas por el dispositivo de medida durante una simulación híbrida.

25 Aquella permite, igualmente, no alterar la navegación del móvil embarcado sobre el posicionador angular y del cual se desea ensayar las prestaciones.

Además, la armonización de los marcos de referencia entre sí asegura la repetitividad y la precisión de los ensayos efectuados sobre el móvil (o sobre sus equipos, por ejemplo sobre la central inercial del móvil), garantizando así la fiabilidad de los resultados de la simulación híbrida.

30 Para realizar una armonización tal, se conoce el recurrir a equipos costosos y poco corrientes tales como un buscador del norte, un teodolito y/o niveles electrónicos de precisión, como se describe, principalmente, en el documento de patente francesa FR 2 927 418. La utilización de estos equipos necesita, no obstante, acudir a personal cualificado.

35 Ahora bien, cuando se efectúa una reparación sobre el posicionador angular a continuación de una avería de éste, ocurre que se pierde la referencia del posicionador angular con respecto al marco de referencia terrestre, es decir, el marco de referencia del posicionador angular ya no está armonizado con respecto al marco de referencia terrestre. Es, entonces, difícil disponer rápidamente de los equipos y del personal necesarios para armonizar de nuevo los marcos de referencia entre sí, lo que puede ser perjudicial para el avance de los ensayos en curso realizados sobre el móvil.

40 Existe, pues, una necesidad de disponer de un procedimiento de armonización del marco de referencia del posicionador angular con respecto al marco de referencia terrestre que no adolezca de tales inconvenientes y, en particular, que permita una armonización simple y fiable de los marcos de referencia entre sí en un periodo de tiempo relativamente corto.

El documento de patente de EE.UU. US 2002/178815 describe un procedimiento y un dispositivo de alineamiento de un instrumento que tiene una línea de visión y, más particularmente, de una antena.

45 El documento de patente de EE.UU. US 3,597,288 describe una plataforma inercial estabilizada para transformar señales de aceleración generadas por acelerómetros en un primer sistema de coordenadas en señales de aceleración en un segundo sistema de coordenadas.

### Objeto y resumen de la invención

50 La presente invención responde a esta necesidad proponiendo un procedimiento de armonización de un marco de referencia de un posicionador angular con respecto a un marco de referencia terrestre, según la reivindicación 1.

Correlativamente, la invención se orienta igualmente a un sistema de armonización, con respecto a un marco de referencia terrestre, de un marco de referencia de un posicionador angular, según la reivindicación 5.

5 La invención propone, así, una técnica simple, rápida y fiable para armonizar el marco de referencia del posicionador angular con el marco de referencia terrestre. A este fin, utiliza ventajosamente las informaciones inerciales entregadas por un dispositivo de medida tal como una central inercial, clásicamente, presente en los móviles susceptibles de ser embarcados en el posicionador angular.

Así, las informaciones inerciales son, por ejemplo, medidas con la ayuda de al menos un acelerómetro y/o de al menos un girómetro que equipan el dispositivo de medida. La precisión del dispositivo de medida utilizado deberá estar en correspondencia con la precisión de armonización buscada.

10 La invención no necesita, pues, el recurrir a equipos costosos y difíciles de incorporar tales como un buscador del norte acoplado a un teodolito y/o niveles de precisión.

15 En el curso de la etapa de obtención, se puede, principalmente, obtener los datos representativos de una intensidad de la gravedad local vista por el dispositivo de medida; es posible, entonces, evaluar, en el curso de la etapa de evaluación, una desviación angular de situación (es decir, entre el eje longitudinal del posicionador angular y el plano horizontal) y/o de inclinación (es decir, entre el eje transversal, perpendicular al eje longitudinal, y el plano horizontal) a partir de estos datos.

Correlativamente, los medios de obtención son aptos para obtener datos representativos de una intensidad de la gravedad local vista por el dispositivo de medida y los medios de evaluación son aptos para evaluar una desviación angular de situación y de inclinación a partir de estos datos.

20 Como variante, es posible, igualmente, en el curso de la etapa de obtención, obtener datos representativos de una velocidad de rotación terrestre; se puede, entonces, evaluar, en el curso de la etapa de evaluación, una desviación angular de orientación (es decir, entre el eje longitudinal del posicionador angular y el norte geográfico) a partir de estos datos.

25 Correlativamente, los medios de obtención pueden ser aptos para obtener datos representativos de una velocidad de rotación terrestre y los medios de evaluación pueden ser aptos para evaluar una desviación angular de orientación a partir de estos datos.

La invención permite, así, compensar una desviación de situación y de inclinación y/o de orientación existente entre el marco de referencia del posicionador angular y el marco de referencia terrestre.

30 Se notará que, aunque el marco de referencia del posicionador angular no está afectado necesariamente por estos tres tipos de desviación, se contemplará preferentemente la existencia de estos tres tipos de desviación para asegurarse de una armonización fiable del marco de referencia del posicionador angular con respecto al marco de referencia terrestre.

35 Como variante, un control del posicionamiento de los ejes no corregidos por la invención podrá contemplarse recurriendo a otros equipos de precisión tales como un buscador de norte acoplado a un teodolito y/o niveles de precisión.

En un modo particular de realización en el cual son compensadas al menos una desviación angular de situación y de inclinación y una desviación angular de orientación, la compensación de la desviación angular de situación y de inclinación se realiza antes del período de funcionamiento durante el cual las informaciones inerciales utilizadas para la evaluación de la desviación de orientación son medidas por el dispositivo de medida.

40 De esta manera, habiendo sido corregidas las desviaciones angulares de situación y de inclinación susceptibles de afectar al posicionador angular, se evita que errores manchen las informaciones inerciales utilizadas para la evaluación de la desviación de orientación. La precisión de la armonización de los marcos de referencia, así, se mejora.

45 Según la invención, en el curso de la etapa de obtención, los datos representativos de una intensidad de la gravedad local vista por el dispositivo de medida y/o de una velocidad de rotación terrestre se obtienen integrando las informaciones inerciales medidas sobre dicho al menos un período de funcionamiento.

50 Esto permite, principalmente, liberarse de los efectos que distorsionan las informaciones inerciales entregadas por el dispositivo de medida que pueden ser discretas. En efecto, integrando las informaciones inerciales sobre el período de funcionamiento, se alisan los ruidos de medida. Además, se puede, igualmente, así, tener en cuenta los redondeos que resultan de la digitalización de las informaciones inerciales.

En un modo particular de realización, las diferentes etapas del procedimiento de armonización según la invención se determinan por instrucciones de programas de computadora.

En consecuencia, la invención se orienta, también, a un programa de computadora sobre un soporte de

informaciones, siendo susceptible este programa de ser incorporado en un sistema de armonización o, más generalmente, en una computadora, incluyendo este programa instrucciones adaptadas a la implementación de las etapas de un procedimiento de armonización tal como el descrito anteriormente.

5 Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación y estar bajo la forma de código fuente, código objeto o de código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en una forma parcialmente compilada o en cualquier otra forma deseable.

La invención se orienta, también, a un soporte de informaciones legible por una computadora y que incluye instrucciones de un programa de computadora tal como el mencionado anteriormente.

10 El soporte de informaciones puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede incluir un medio de almacenamiento tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM de circuito microelectrónico o, incluso, un medio de registro magnético, por ejemplo, un disquete (disco flexible) o un disco duro.

15 Por otra parte, el soporte de informaciones puede ser un soporte transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser transportada por vía de un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa según la invención puede ser, en particular, telecargado sobre una red de tipo Internet.

Como alternativa, el soporte de informaciones puede ser un circuito integrado en el cual el programa está incorporado, estando adaptado el circuito para ejecutar o para ser utilizado en la ejecución del procedimiento en cuestión.

#### Breve descripción de los dibujos

20 Otras características y ventajas de la presente invención surgirán de la descripción hecha más adelante, en referencia a los dibujos anexos que ilustran un ejemplo de realización desprovisto de todo carácter limitativo. En las figuras:

- la figura 1 representa, en forma esquemática, un sistema de armonización conforme a la invención, en un modo particular de realización;

25 - la figura 2 representa, en forma de diagrama de flujo, las principales etapas de un procedimiento de armonización conforme a la invención, en un modo particular de realización en el cual es implementado por el sistema representado en la figura 1;

- las figuras 3A y 3B representan ejemplos de desviaciones de situación y de inclinación que afectan al marco de referencia de un posicionador angular;

30 - las figuras 4A a 4C representan ejemplos de informaciones inerciales (diferencias de velocidades lineales) integradas durante un primer período de funcionamiento para la evaluación de las desviaciones de situación y de inclinación representadas en las figuras 3A y 3B;

- las figuras 5A y 5B representan un ejemplo de desviación de orientación que afecta al marco de referencia de un posicionador angular; y

35 - las figuras 6A a 6C representan ejemplos de informaciones inerciales (diferencias de ángulos) integradas durante un segundo período de funcionamiento para evaluación de la desviación de orientación representado en las figuras 5A y 5B.

#### Descripción detallada de un modo de realización

40 La figura 1 representa un sistema 1 de armonización de un marco de referencia de un posicionador angular 2 con respecto a un marco de referencia terrestre, conforme a la invención, en un modo particular de realización.

Como se mencionó anteriormente, por armonización del marco de referencia del posicionador angular 2 con respecto al marco de referencia terrestre, se entiende aquí la orientación de los ejes del posicionador angular 2 con respecto a los ejes del marco de referencia terrestre, es decir, con respecto al norte geográfico y a la vertical del lugar donde se encuentra el posicionador angular.

45 La armonización del marco de referencia del posicionador angular 2 con respecto al marco de referencia terrestre puede ser implementada por el sistema 1 principalmente a continuación de una reparación del posicionador angular o de una operación de mantenimiento realizada sobre el posicionador angular y que ha introducido una o varias desviaciones angulares entre el marco de referencia del posicionador angular y el marco de referencia terrestre.

50 En el ejemplo contemplado aquí, el posicionador angular 2 es un simulador de movimientos angulares que comprende una mesa "3 ejes" 21 comandada con la ayuda de un cuadro de mando digital 22 y adaptada para recibir un móvil o artefacto volante 3.

El móvil 3 puede ser, principalmente, un misil, un dron, un avión, un cohete, etc. Clásicamente, está equipado con una central inercial 31 que embarca útiles de medida tales como girómetros (o giroscopios) y acelerómetros (no representados en la figura 1), que permiten a la central inercial suministrar informaciones inerciales girométricas y acelerométricas cuando aquélla está en funcionamiento.

- 5 En el modo de realización contemplado aquí, sólo la central inercial 31 está embarcada en el simulador de movimientos, para simplificar la implementación de la invención. La central inercial 31 constituye un dispositivo de medida de informaciones inerciales embarcada por el posicionador angular 2 dentro de la invención.

No obstante, como variante, otros elementos reales del móvil 3 podrían, igualmente, estar embarcados en el simulador de movimientos como, por ejemplo, el calculador o un equipo de guiado del móvil.

- 10 Además, la invención se aplica, igualmente, a otros posicionadores angulares tales como, por ejemplo, un simulador de movimientos angulares que comprende una mesa "5 ejes", una mesa micrométrica o un banco de control, que embarcan dispositivos de medida de informaciones inerciales.

- 15 El simulador de movimientos angulares 2 puede realizar aquí desplazamientos angulares alrededor de un eje longitudinal X (balanceo), de un eje transversal Y (cabeceo) y un eje vertical Z (guiñada) y, así, aplicar sobre la central inercial 31 movimientos angulares alrededor de estos tres ejes. Estos movimientos angulares se aplican por la mesa 21 en función de comandos cinemáticos digitales recibidos del cuadro 22.

Los comandos cinemáticos digitales recibidos del cuadro 22 comprenden, principalmente, una posición angular, expresada en la forma de tres componentes que corresponden, respectivamente, a los tres ejes del simulador de movimientos. Ellas pueden, igualmente, comprender una velocidad y una aceleración angulares.

- 20 Siendo el principio de funcionamiento de una mesa "3 ejes" conocido por el experto en la técnica, no se describirá más en detalle aquí.

Dentro de la invención, se considerará que el simulador de movimientos 2 es mantenido fijo cuando no realiza ningún desplazamiento angular, dicho de otro modo, cuando no aplica ningún movimiento angular sobre la central inercial 31 y mantiene aquella en una posición fija denominada de referencia.

- 25 De manera general, las informaciones inerciales medidas por los girómetros y los acelerómetros de la central inercial 31 son representativas, por una parte, de los efectos de los movimientos aplicados por el simulador de movimientos 2 sobre la central inercial y, por otra parte, de los efectos terrestres (intensidad de la gravedad local y velocidad de rotación terrestre) vistos por la central inercial. Se deriva, pues, que cuando el simulador de movimientos 2 es mantenido inmóvil y no aplica ningún movimiento sobre la central inercial 31, estas informaciones inerciales representan únicamente los efectos terrestres vistos por la central inercial.

- 30 Las informaciones inerciales medidas por la central inercial 31 son suministradas aquí a un dispositivo informático o computadora 4, por vía de las conexiones electrónicas y mecánicas conocidas de por sí.

- 35 El dispositivo informático 4 comprende, principalmente, una memoria viva 41, una memoria muerta 42 y una memoria no volátil 43. Dispone, igualmente, de medios de comunicación 44 con el simulador de movimientos 2 (por ejemplo, puerto serie o paralelo conectado al cuadro 22 de mando del simulador de movimientos), así como un procesador 45. Los medios de comunicación 44 del dispositivo informático 4 y el cuadro de mando 22 están conectados por conexiones mecánicas y electrónicas conocidas de por sí y no descritas aquí.

- 40 La memoria muerta 42 constituye un soporte de registro legible por el procesador 45 y sobre el cual está registrado un programa de computadora que incluye las instrucciones para la ejecución de las etapas del procedimiento de armonización según la invención descritas ahora en referencia a la figura 2.

- 45 En el modo de realización descrito aquí, se contempla la armonización de los tres ejes móviles X, Y y Z del marco de referencia del simulador de movimientos 2 con respecto al marco de referencia terrestre. No obstante, la invención se aplica, igualmente, a un posicionador angular que tenga solamente uno o dos ejes móviles. En un caso tal, los ejes inmóviles del posicionador angular podrán estar posicionados de antemano por instrumentos de precisión, durante, por ejemplo, la construcción de la instalación que integra el posicionador angular.

Además, por deseo de simplificación, se supone aquí que los ejes del simulador de movimientos 2 y los ejes de la central inercial 31 son paralelos o se confunden. Se designará por (X, Y, Z) el marco de referencia de la central inercial 31.

- 50 Así, evaluando las desviaciones angulares que existen entre los ejes X, Y y Z de la central inercial 31 y el marco de referencia terrestre, se evalúan las desviaciones angulares que existen entre el marco de referencia del simulador de movimientos 2 y el marco de referencia terrestre. Desde luego, la invención se aplica, igualmente, cuando existen una o varias distancias angulares conocidas entre los ejes del simulador de movimientos 2 y los ejes de la central inercial 31 por medio de tener en cuenta estas distancias.

Para realizar la armonización de los tres ejes del simulador de movimientos 2 con respecto al marco de referencia terrestre, se procede aquí en dos fases sucesivas  $\Phi 1$  y  $\Phi 2$ . Más precisamente:

- en el curso de la fase  $\Phi 1$ , se identifican y se compensan las desviaciones angulares de situación y de inclinación susceptibles de afectar el posicionamiento de los ejes del simulador de movimientos con respecto a la vertical del lugar; y

- en el curso de la fase  $\Phi 2$ , se identifica y se compensa una desviación angular de orientación susceptible de afectar el posicionamiento de los ejes del simulador de movimientos con respecto al norte geográfico.

La fase  $\Phi 2$  sucederá a la fase  $\Phi 1$  a fin de evitar que las desviaciones angulares de situación y de inclinación distorsionen las medidas inerciales utilizadas para la compensación de la desviación de orientación. Se obtiene, así, a la finalización de la fase  $\Phi 2$ , una armonización fiable del marco de referencia del simulador de movimientos con respecto al marco de referencia terrestre.

Para identificar las desviaciones de situación, de inclinación y de orientación susceptibles de afectar a los ejes del simulador de movimientos con respecto al marco de referencia terrestre, la invención propone, ventajosamente, utilizar las medidas suministradas por la central inercial 31 cuando el simulador de movimientos 2 se mantiene fijo. Como se mencionó anteriormente, en este caso, las informaciones inerciales medidas por los acelerómetros de la central inercial 31 reflejan los efectos terrestres que se aplican sobre la central inercial. En particular, las informaciones inerciales medidas por los acelerómetros de la central inercial expresan la intensidad de la gravedad local que se ejerce sobre la central inercial, mientras que las informaciones inerciales medidas por los girómetros de la central inercial expresan la velocidad de rotación terrestre.

Ahora describiremos más en detalle el desarrollo de las dos fases  $\Phi 1$  y  $\Phi 2$ .

El simulador de movimientos 2 y la central inercial 31 son puestos en funcionamiento.

Por deseo de simplificación, el simulador de movimientos 2 está regulado de tal manera que cuando mantiene la central inercial 31 en su posición de referencia Pref, la medida entregada por el cuadro de mando digital 22 para cada eje es iguala cero. Como variante, puede contemplarse otra regulación en tanto en cuanto se tenga en cuenta ulteriormente en el curso de la armonización, de forma conocida de por sí.

Para asegurar el funcionamiento de la central inercial 31, se desarrolla aquí, con la ayuda de una simulación informática implementada por el dispositivo informático 4, una trayectoria del móvil 3, según un principio similar al descrito, por ejemplo, en el documento de patente francesa FR 2 927 418.

Como variante, puede contemplarse cualquier otro medio, por ejemplo informático, que permita mantener en funcionamiento el simulador de movimientos 2 y la central inercial 31.

El desarrollo de la trayectoria cubre un período suficientemente largo como para asegurar el funcionamiento de la central inercial 31 durante al menos dos períodos de funcionamiento T1 y T2 de duraciones predeterminadas, asociados respectivamente a las fases  $\Phi 1$  y  $\Phi 2$ .

Como variante, podrán desarrollarse, por el dispositivo informático 4, dos trayectorias distintas del móvil 3 de manera que se asegure el funcionamiento de la central inercial, respectivamente, durante los períodos de funcionamiento T1 y T2.

Durante toda la duración de los dos períodos de funcionamiento T1 y T2 encontrados en el curso de la trayectoria desarrollada por el dispositivo informático 4, se asegura que el simulador de movimientos 2 no recibe ningún comando digital del dispositivo informático 4: el simulador de movimientos 2 se mantiene, así, fijo y la central inercial 31 se encuentra en su posición de referencia Pref. Dicho de otro modo, durante el desarrollo de los dos períodos de funcionamiento T1 y T2 encontrados en el curso de la trayectoria, el simulador de movimientos 2 no aplica ningún movimiento a la central inercial 31 y la mantiene en su posición de referencia Pref.

Así, durante la duración de los dos períodos de funcionamiento T1 y T2 encontrados en el curso de esta trayectoria, las informaciones inerciales medidas y suministradas por la central inercial 31 están ligadas exclusivamente a los efectos terrestres ejercidos sobre la central inercial. Más precisamente, la central inercial 31 suministra, en su punto de referencia ortonormal (X, Y, Z):

- informaciones inerciales medidas por sus acelerómetros según los ejes (X, Y, Z) de la central inercial, y denotadas  $dVX$ ,  $dVY$  y  $dVZ$ ; e

- informaciones inerciales medidas por sus girómetros alrededor de los ejes (X, Y, Z) de la central inercial y denotadas  $d\theta X$ ,  $d\theta Y$  y  $d\theta Z$ .

Un ejemplo de posicionamiento de los ejes (X, Y, Z) de la central inercial 31 antes de la armonización se representa en las figuras 3A y 3B, en las cuales:

- los puntos O y C designan, respectivamente, el punto de convergencia de los tres ejes X, Y y Z y el centro de la Tierra;

5 - los ejes N y E designan, respectivamente, el norte geográfico y el ecuador; y

- el plano H representa el plano horizontal perpendicular a la vertical del lugar en el punto O.

Se notará que, preferentemente, la invención será implementada con equipos (simulador de movimientos 2, central inercial 31, etc.) que hayan funcionado previamente un tiempo suficientemente largo como para haber alcanzado una temperatura interna de funcionamiento que varíe poco en el curso de las medidas realizadas para evaluar y compensar las desviaciones angulares que afectan al marco de referencia del simulador de movimientos.

10

Como se mencionó anteriormente, en el curso de la fase  $\Phi 1$ , la invención propone identificar y compensar las desviaciones angulares de situación y de inclinación susceptibles de existir entre los ejes de la central inercial y los del marco de referencia terrestre.

A este fin, en referencia a las figuras 3A y 3B, la invención utiliza, ventajosamente, el hecho de que la gravedad (representada por flechas en negrita en la figura 3A) es un efecto terrestre que se aplica radialmente y está dirigido hacia el centro C de la Tierra, dicho de otro modo, según la vertical del lugar. Reflejando las informaciones inerciales suministradas por los acelerómetros de la central inercial 31 la intensidad de la gravedad que se ejerce en el punto O, los ejes del simulador de movimientos serán orientados correctamente con respecto a la vertical del lugar si, y solamente si, solo la información inercial según el eje Z de la central inercial es no nulo. Dicho de otro modo, si la central inercial 31 mide una aceleración no nula (o no próxima a cero en función de la precisión de las medidas) sobre más de uno de sus ejes, esto es que su eje Z no está armonizado con la vertical del lugar y que los ejes X e Y no están incluidos en el plano horizontal H perpendicular a la vertical del lugar.

15

20

En referencia a las figuras 3A y 3B, en lo que sigue de la descripción, se designará:

- por  $\alpha$ , la distancia (o desviación) angular existente entre el eje X de la central inercial 31 y el plano horizontal H. El ángulo  $\alpha$  representa, dentro de la invención, la desviación de situación del marco de referencia de la central inercial (y pues, aquí, del simulador de movimientos 2) con respecto al marco de referencia terrestre (confróntese la figura 3A); y

25

- por  $\beta$ , la distancia angular existente entre el eje ZB y la recta (OC) (confróntese la figura 3B), sabiendo que:

o el eje ZB es la proyección del eje Z sobre el plano B; y

30 o el plano B es el plano perpendicular al plano A que contiene la recta (OC), siendo el plano A el plano meridiano que contiene la recta (OC).

El ángulo  $\beta$  representa, dentro de la invención, la desviación de inclinación del marco de referencia de la central inercial (y, así pues, del simulador de movimientos 2) con respecto al marco de referencia terrestre.

En referencia a la figura 2, el dispositivo informático 4 adquiere las informaciones inerciales  $dVX(t+k \times Te)$ ,  $dVY(t+k \times Te)$  y  $dVZ(t+k \times Te)$ , medidas y suministradas por los acelerómetros de la central inercial 31 en diversos instantes de muestreo  $t+k \times Te$  durante el período de funcionamiento T1, designando  $Te$  el período de muestreo y k un entero positivo (etapa E10). Se supone aquí que la duración del período de funcionamiento T1 es de N1 períodos de muestreo, o sea,  $N1 \times Te$ .

35

Las informaciones inerciales  $dVX$ ,  $dVY$  y  $dVZ$  caracterizan diferencias de velocidades medidas sobre una duración conocida. En el modo de realización descrito aquí, estas informaciones inerciales son discretizadas por la central inercial. Ellas permiten la evaluación de aceleraciones lineales, expresadas en unidades debidas a la discretización, sobre dicha duración conocida (es decir, multiplicando las informaciones inerciales por el paso de digitalización expresado, por ejemplo, en metros por segundo, y dividiendo el resultado de esta multiplicación entre la duración de medida expresada en segundos). Estas aceleraciones lineales representan una medida de la intensidad de la gravedad local repartida según los tres ejes (X, Y, Z) de la central inercial.

40

45

Más precisamente, las medidas  $dVX(t+k \times Te)$ ,  $dVY(t+k \times Te)$  y  $dVZ(t+k \times Te)$  entregadas por la central inercial caracterizan la evolución de la velocidad percibida por los acelerómetros de la central inercial 31 entre dos instantes de muestreo sucesivos  $t+(k-1) \times Te$  y  $t+k \times Te$  ( $0 < k \leq N1$ ). Se trata, en el modo de realización descrito aquí, de informaciones digitalizadas, es decir, discretas: cada medida suministrada por la central inercial al dispositivo informático 4 se presenta, así, bajo la forma de un número entero, de manera que el diferencial de velocidades realmente asociado a esta medida se obtiene, salvo un resto de digitalización, multiplicando la medida por el paso de digitalización denotado  $\delta$ .

50

Así, el diferencial de velocidades  $dVX1(t+k \times Te)$  realmente medido sobre el eje X de la central inercial 31 en el instante  $t+k \times Te$ , es igual a:

$$dVX1(t+k \times Te) = dVX(t+k \times Te) \times \delta + \eta X$$

caracterizando  $\eta X$  el resto de digitalización, que es inferior al paso de digitalización.

- 5 Lo mismo, los diferenciales de velocidades  $dVY1(t+k \times Te)$  y  $dVZ1(t+k \times Te)$ , realmente medidos sobre los ejes Y y Z, respectivamente, de la central inercial 31 en el instante  $t+k \times Te$ , son iguales a:

$$dVY1(t+k \times Te) = dVY(t+k \times Te) \times \delta + \eta Y$$

$$dVZ1(t+k \times Te) = dVZ(t+k \times Te) \times \delta + \eta Z$$

caracterizando  $\eta Y$  y  $\eta Z$  los restos de digitalización, inferiores al paso de digitalización.

- 10 Se notará que, en el modo de realización descrito aquí, los restos de digitalizaciones  $\eta X$ ,  $\eta Y$  y  $\eta Z$  son agregados por la central inercial 31, antes de la digitalización, a los diferentes diferenciales de velocidades medidos para el instante de muestreo siguiente.

Las medidas discretas entregadas por los acelerómetros de la central inercial van a presentar, pues, una variación en función del tiempo ligada a la digitalización, así como a la presencia de ruido de medida.

- 15 Para alisar estos efectos y aprovechar de forma fiable las informaciones inerciales discretas  $dVX$ ,  $dVY$  y  $dVZ$  suministradas por la central inercial 31, se implementa un tratamiento, en el modo de realización descrito aquí, por la computadora 4.

- 20 Más precisamente, se evalúa para cada eje X, Y y Z, en cada instante  $t+k \times Te$  durante el período T1 (es decir,  $0 < k \leq N1$ ), la integración de las informaciones inerciales discretas adquiridas en los instantes precedentes (etapa E20). Después, se calcula, a partir de las integraciones así obtenidas, una estimación de la aceleración medida por la central inercial sobre el período T1 para los tres ejes, denominada, respectivamente, AX1, AY1 y AZ1.

Así, se evalúa, para cada instante de muestreo  $t+k \times Te$  del período T1 (es decir,  $0 < k \leq N1$ ), los valores integrados CumuldVX, CumuldVY y CumuldVZ siguientes:

$$CumuldVX(t+nTe) = \sum_{k=1}^n dVX(t+kTe)$$

$$CumuldVY(t+nTe) = \sum_{k=1}^n dVY(t+kTe)$$

$$CumuldVZ(t+nTe) = \sum_{k=1}^n dVZ(t+kTe)$$

- 25 Las figuras 4A a 4C dan un ejemplo de los valores CumuldVX, CumuldVY y CumuldVZ obtenidos en función del tiempo sobre el período de funcionamiento T1. Los valores numéricos no se dan más que a título indicativo.

- 30 Se observa en las figuras 4A y 4B que las integraciones CumuldVX y CumuldVY de las informaciones inerciales discretas  $dVX$  y  $dVY$  no son nulas en los ejes X e Y de la central inercial: esto confirma la existencia de desviaciones angulares de situación  $\alpha$  y de inclinación  $\beta$  entre los ejes de la central inercial 31 y el marco de referencia terrestre. La obtención de un valor integrado CumuldVZ no nulo sobre el eje Z es en cambio esperado tenido en cuenta el hecho de que la intensidad de la gravedad local se aplica según el eje Z.

Después, se evalúa, a partir de las integraciones así calculadas, una estimación de la aceleración, medida sobre cada eje durante el período T1 de duración  $N1 \times Te$ , según las ecuaciones siguientes (etapa E20):

$$AX1 = CumuldVX(t+N1 \times Te) \times \frac{\delta}{N1 \times Te} \quad (1)$$

$$AY1 = CumuldVY(t+N1 \times Te) \times \frac{\delta}{N1 \times Te} \quad (2)$$

$$AZ1 = CumuldVZ(t+N1 \times Te) \times \frac{\delta}{N1 \times Te} \quad (3)$$

## ES 2 769 624 T3

Los datos AX1, AY1 y AZ1 constituyen datos representativos de una intensidad de la gravedad local vista por la central inercial 31 dentro de la invención.

El período T1 se escogerá suficientemente largo (es decir, N1 suficientemente grande) como para reducir los efectos de la digitalización y de los ruidos de medida. Una elección tal no planteará dificultades al experto en la técnica.

- 5 Para evaluar las desviaciones  $\alpha$  y  $\beta$ , la invención se apoya en el hecho de que, de forma conocida, en presencia de desviaciones angulares  $\alpha$  y  $\beta$ , la aceleración que debería medir teóricamente la central inercial 31 se expresa sobre los ejes X, Y y Z en función de la intensidad G de la gravedad local. Más precisamente, si se designa, respectivamente, por AX2, AY2 y AZ2 esta aceleración sobre los ejes X, Y y Z:

$$AX2 = -G \sin \alpha \quad (4)$$

$$AY2 = G \sin \beta \cos \alpha \quad (5)$$

$$AZ2 = G \cos \beta \cos \alpha \quad (6)$$

- 10 Se podrá tomar como valor de G, en primera aproximación:

$$G = 9.7803 + 0.0519 \sin^2(Lat) + 3.08 \times 10^{-6} \times Alt$$

15 *Lat* y *Alt* designan, respectivamente, la latitud y la altitud (conocidas) del lugar considerado (es decir, donde se encuentran el simulador de movimientos 2 y la central inercial 31). Se notará que, en esta expresión, la altitud *Alt* está expresada en un sistema de referencia denominado aeronáutico en el cual el eje Z está dirigido hacia abajo (de esta manera, la altitud de un punto situado por encima del nivel del mar es negativa).

Como variante, el valor de G podrá ser evaluado con la ayuda de algoritmos de cálculo de la intensidad de la gravedad local más precisos, conocidos por el experto en la técnica y no detallados aquí, en función de la precisión buscada en el marco de la aplicación considerada.

Se deriva de las ecuaciones (4), (5) y (6) que:

$$\beta = \arctan\left(\frac{AY2}{AZ2}\right) \quad (7)$$

$$\alpha = \arcsin\left(-\frac{AX2}{G}\right) \quad (8)$$

- 20 Una estimación de los valores de las desviaciones angulares  $\alpha$  y  $\beta$  se obtiene, entonces, por la computadora 4 reemplazando en las ecuaciones (7) y (8) las variables AX2, AY2 y AZ2 por los datos AX1, AY1 y AZ1 obtenidos gracias a las ecuaciones (1), (2) y (3) (etapa E30).

- 25 La compensación de las desviaciones así estimadas se realiza aquí, entonces, por la computadora 4 enviando, por vía de los medios de comunicación 44 al cuadro de control 22 del simulador de movimientos 2, el opuesto del valor de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  así evaluados (etapa E40).

- 30 A la recepción del opuesto de los valores de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ , el simulador de movimientos 2 aplica a la central inercial 31 estos valores, de manera que se modifica su posición de referencia Pref y se corrigen las desviaciones angulares existentes con el marco de referencia terrestre. La nueva posición de referencia Pref' de la central inercial 31 está entonces, armonizada con respecto a la vertical del lugar.

Como variante, la incorporación de ángulos  $(-\alpha)$  y  $(-\beta)$  en el cuadro 22 puede efectuarse por un operador.

Esta etapa cierra la fase  $\Phi 1$ . A la finalización de esta fase, los ejes de la central inercial 31 y, pues, los del simulador de movimientos 2, están armonizados con la vertical del lugar.

- 35 En el modo de realización contemplado aquí, a continuación de la fase  $\Phi 1$  que se orienta a corregir las desviaciones angulares de situación y de inclinación que afectan al marco de referencia del simulador de movimientos 2, es implementada la fase  $\Phi 2$  que se orienta a corregir una eventual desviación angular de orientación que afecta al marco de referencia del simulador de movimientos.

- 40 La fase  $\Phi 2$  difiere de la fase  $\Phi 1$  en que utiliza, para estimar el valor de la desviación de orientación y que afecta al marco de referencia de la central inercial 31 y del simulador de movimientos 2 con respecto al norte geográfico, las informaciones inerciales  $d\theta X$ ,  $d\theta Y$  y  $d\theta Z$  medidas y suministradas por los girómetros de la central inercial, durante un período de funcionamiento T2.

Las informaciones inerciales  $d\theta X$ ,  $d\theta Y$  y  $d\theta Z$  caracterizan diferencias de ángulos medidas sobre una duración conocida. En el modo de realización descrito aquí, estas informaciones inerciales son discretizadas por la central inercial. Éstas permiten la evaluación de velocidades angulares, expresadas en unidades debidas a la discretización, sobre dicha duración conocida. Estas velocidades angulares reflejan la velocidad de rotación terrestre repartida según los tres ejes (X, Y, Z) de la central inercial.

Las figuras 5A y 5B ilustran el vector de rotación terrestre  $\Omega t$  y el marco de referencia (X, Y, Z) de la central inercial, después de la corrección de las desviaciones de situación y de inclinación  $\alpha$  y  $\beta$ . En las figuras:

- Lat designa la latitud del lugar donde se encuentra el simulador de movimientos 2 que embarca la central inercial 31; y

-  $\gamma$  designa el ángulo de orientación que afecta al marco de referencia (X, Y, Z) de la central inercial con respecto al norte geográfico.

Para evaluar el ángulo  $\gamma$ , la invención utiliza, ventajosamente, el hecho de que cuando los marcos de referencia están armonizados, la central inercial 31 debe, teóricamente, medir un valor de rotación terrestre  $GY2$  nulo sobre su eje Y. Además, las informaciones inerciales que deberían, teóricamente, medir los girómetros de la central inercial 31, en ausencia de desviación angular de orientación, se expresan para los ejes X y Z bajo la forma:

$$GX2 = \|\Omega t\| \times \cos(Lat) \quad (9)$$

$$GZ2 = -\|\Omega t\| \times \sin(Lat) \quad (10)$$

donde  $\|\Omega t\|$  designa la norma del vector  $\Omega t$ .

En presencia de una desviación angular de orientación con respecto al norte geográfico, la velocidad de rotación medida teóricamente por los girómetros de la central inercial 31 sobre el eje Y se expresa bajo la forma siguiente:

$$GY2 = -\|\Omega t\| \times \cos(Lat) \times \sin(\gamma) \quad (11)$$

Se deriva de la ecuación (11) que:

$$\gamma = \arcsin \left[ -\frac{GY2}{\|\Omega t\| \times \cos(Lat)} \right] \quad (12)$$

Así, en referencia a la figura 2, de forma similar a la fase  $\Phi 1$ , para evaluar el ángulo de orientación  $\gamma$ , se procede de la manera siguiente.

En primer lugar, el dispositivo informático 4 adquiere las informaciones inerciales  $d\theta X(t+k \times Te)$ ,  $d\theta Y(t+k \times Te)$  y  $d\theta Z(t+k \times Te)$ , medidas y suministradas por los girómetros de la central inercial 31 en diversos instantes de muestreo  $t+k \times Te$  durante el período de funcionamiento  $T2$  (etapa E50). Se supone aquí que la duración del período de funcionamiento  $T2$  es de  $N2$  períodos de muestreo o sea  $N2 \times Te$ .

Como para el período  $T1$ , durante el período  $T2$  se asegura que el simulador de movimientos 2 no reciba ningún comando digital del dispositivo informático 4: el simulador de movimientos 2 es mantenido, así, fijo y la central inercial 31 se encuentra en su posición de referencia Pref (es decir, la posición de referencia corregida de las desviaciones angulares  $\alpha$  y  $\beta$ ). Dicho de otro modo, durante el período  $T2$ , el simulador de movimientos 2 no aplica ningún movimiento a la central inercial 31 y la mantiene en su posición de referencia Pref.

Las informaciones inerciales  $d\theta X(t+k \times Te)$ ,  $d\theta Y(t+k \times Te)$  y  $d\theta Z(t+k \times Te)$  son representativas del desplazamiento angular percibido por los girómetros de la central inercial 31 entre dos instantes de muestreo sucesivos, y medido, respectivamente, según los tres ejes (X, Y, Z) de la central inercial. Se trata, en el modo de realización descrito aquí, como para las informaciones  $dVX$ ,  $dVY$  y  $dVZ$ , de informaciones digitalizadas, es decir, discretas: cada medida suministrada por la central inercial 31 al dispositivo informático 4 se presenta, así, bajo la forma de un número entero, de manera que la velocidad de rotación realmente asociada a esta medida puede obtenerse, salvo un resto de digitalización, multiplicando la medida por el paso de digitalización  $\delta'$  (expresado por ejemplo en radianes) y dividiendo el resultado de esta multiplicación entre la duración ( $Te$ ) durante la cual se realiza la medida, expresada en segundos.

El diferencial de ángulos  $d\theta X1(t+k \times Te)$  realmente medido sobre el eje X de la central inercial 31 en el instante  $t+k \times Te$ , es igual a:

$$d\theta X1(t+k \times Te) = d\theta X(t+k \times Te) \times \delta' + \eta X'$$

caracterizando  $\eta X'$  el resto de digitalización, que es inferior al paso de digitalización.

Lo mismo, los diferenciales de ángulos  $d\theta Y1(t+k \times Te)$  y  $d\theta Z1(t+k \times Te)$ , realmente medidos sobre los ejes Y y Z, respectivamente, de la central inercial 31 en el instante  $t+k \times Te$ , son iguales a:

$$\begin{aligned} d\theta Y1(t+k \times Te) &= d\theta Y(t+k \times Te) \times \delta' + \eta Y' \\ d\theta Z1(t+k \times Te) &= d\theta Z(t+k \times Te) \times \delta' + \eta Z' \end{aligned}$$

5 caracterizando  $\eta Y'$  y  $\eta Z'$  los restos de digitalización, inferiores al paso de digitalización.

Se notará que, en el modo de realización descrito aquí, como para los diferenciales de velocidades  $dVX$ ,  $dVY$  y  $dVZ$ , los restos de digitalizaciones  $\eta X'$ ,  $\eta Y'$  y  $\eta Z'$  son agregados por la central inercial 31, antes de la digitalización, a los diferentes diferenciales de ángulos medidos para el instante de muestreo siguiente.

10 Las medidas discretas entregadas por los girómetros de la central inercial 31 van a presentar, pues, una variación en función del tiempo ligada a la digitalización, así como a la presencia de ruido de medida.

Para alisar estos efectos y aprovechar de forma fiable las informaciones inerciales discretas  $d\theta X$ ,  $d\theta Y$  y  $d\theta Z$  suministradas por la central inercial 31, se implementa por la computadora 4 un tratamiento, similar al descrito para las informaciones  $dVX$ ,  $dVY$  y  $dVZ$ .

15 Más precisamente, se evalúa para cada eje X, Y y Z, en cada instante  $t+k \times Te$  durante el período  $T2$  ( $0 < k \leq N2$ ), la integración de las informaciones inerciales discretas adquiridas en los instantes precedentes (etapa E60).

Después, se calcula, a partir de las integraciones así obtenidas, una estimación de la velocidad de rotación vista por la central inercial sobre el período  $T2$  para los tres ejes, denotada, respectivamente,  $GX1$ ,  $GY1$  y  $GZ1$ .

Así, se evalúa, para cada instante de muestreo  $t+n \times Te$  del período  $T2$  ( $0 < n \leq N2$ ), los valores integrados  $Cumuld\theta X$ ,  $Cumuld\theta Y$  y  $Cumuld\theta Z$  siguientes:

$$\begin{aligned} Cumuld\theta X(t+n \times Te) &= \sum_{k=1}^n d\theta X(t+k \times Te) \\ Cumuld\theta Y(t+n \times Te) &= \sum_{k=1}^n d\theta Y(t+k \times Te) \\ Cumuld\theta Z(t+n \times Te) &= \sum_{k=1}^n d\theta Z(t+k \times Te) \end{aligned}$$

20 Las figuras 6A a 6C dan un ejemplo de los valores  $Cumuld\theta X$ ,  $Cumuld\theta Y$  y  $Cumuld\theta Z$  obtenidos en función del tiempo sobre el período de funcionamiento  $T2$ . Los valores numéricos no se dan más que a título indicativo.

25 Se observa en la figura 6B que la integración  $Cumuld\theta Y$  de las informaciones inerciales discretas  $d\theta Y$  no es nula sobre el eje Y de la central inercial: esto confirma la existencia de una desviación angular de orientación y entre los ejes de la central inercial 31 y el marco de referencia terrestre.

Después, se evalúa, a partir de las integraciones así calculadas, una estimación de la velocidad de rotación, medida sobre cada eje durante el período  $T2$  de duración  $N2 \times Te$ , según las ecuaciones siguientes (etapa E60):

$$GX1 = Cumuld\theta X(t+N2 \times Te) \times \frac{\delta'}{N2 \times Te} \quad (13)$$

$$GY1 = Cumuld\theta Y(t+N2 \times Te) \times \frac{\delta'}{N2 \times Te} \quad (14)$$

$$GZ1 = Cumuld\theta Z(t+N2 \times Te) \times \frac{\delta'}{N2 \times Te} \quad (15)$$

30 Los datos  $GX1$ ,  $GY1$  y  $GZ1$  constituyen datos representativos de una velocidad de rotación terrestre vista por la central inercial 31 dentro de la invención.

## ES 2 769 624 T3

El período T2 se escogerá suficientemente largo (es decir, N2 suficientemente grande) como para reducir los efectos de la digitalización y de los ruidos de medida. Una elección tal no planteará dificultades al experto en la técnica.

5 Una estimación del valor de la desviación angular  $\gamma$  es, entonces, obtenida por la computadora 4 reemplazando en la ecuación (12) la variable GY2 por el valor GY1 obtenido gracias a la ecuación (14) (etapa E70). El valor  $|\Omega_f|$ , por otro lado, es conocido por el experto en la técnica.

Se notará que la evaluación del valor de la desviación angular  $\gamma$  no necesita, hablando en propiedad, la evaluación de los datos GX1 y GZ1, siendo conocido de por sí el valor de la velocidad de rotación terrestre  $|\Omega_f|$ . Así, en una variante de realización, la etapa E60 puede no incluir más que la evaluación del dato GY1.

10 La compensación de la desviación angular  $\gamma$ , así estimada, se realiza aquí, entonces, por la computadora 4 enviando, por vía de los medios de comunicación 44 al cuadro de control 22 del simulador de movimientos 2, el opuesto del valor de la desviación angular  $\gamma$  así evaluada (etapa E80).

15 A la recepción del opuesto del valor del ángulo  $\gamma$ , el simulador de movimientos 2 aplica este valor a la central inercial 31, de manera que se modifica su posición de referencia Pref y se corrige la desviación angular de orientación existente con el marco de referencia terrestre. La nueva posición de referencia Pref' de la central inercial está, entonces, armonizada con respecto al norte geográfico.

Como variante, la incorporación del ángulo  $(-\gamma)$  en el cuadro de control 22 puede efectuarse por un operador.

Esta etapa cierra la fase  $\Phi 2$ . A la finalización de esta fase, los ejes de la central inercial 31, y pues los del simulador de movimientos 2, están armonizados con la vertical del lugar y con el norte geográfico, es decir, con el marco de referencia terrestre.

20 Se notará que la armonización del marco de referencia del simulador de movimientos se realiza aquí enviando al simulador de movimientos el opuesto de los valores de las desviaciones angulares  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  evaluadas por vía de la invención, de manera que aquél puede tomarlas en cuenta en sus comandos digitales cuando aplica movimientos sobre la central inercial 31, o más generalmente, sobre los móviles que embarca. No obstante, podrían contemplarse otras formas de compensar las desviaciones angulares de situación, de inclinación y de orientación.

25

**REIVINDICACIONES**

- 1 Procedimiento de armonización con respecto a un marco de referencia terrestre de un marco de referencia de un posicionador angular (2) apto para recibir un móvil o un artefacto volante, embarcando dicho posicionador angular un dispositivo de medida (31) de informaciones inerciales de dicho móvil o artefacto volante, siendo los ejes del  
 5 posicionador angular (2) y del dispositivo de medida (31) de informaciones inerciales paralelos, o confundidos, o teniendo entre ellos una o varias distancias angulares conocidas, comprendiendo el procedimiento:
- una etapa de obtención (E20), a partir de informaciones inerciales medidas (E10) por el dispositivo de medida (31) durante un primer período de funcionamiento (T1) predeterminado del dispositivo de medida (31), durante el cual el  
 10 dispositivo de medida se encuentra en una posición denominada de referencia (Pref), de datos representativos de una intensidad de la gravedad local vista por el dispositivo de medida, siendo mantenido el posicionador angular fijo durante dicho período de funcionamiento y manteniendo fijo dicho dispositivo de medida en dicha posición de referencia (Pref), siendo obtenidos los datos representativos de una intensidad de la gravedad local vista por el dispositivo de medida, integrando dichas informaciones inerciales medidas sobre dicho primer período de funcionamiento;
  - 15 - una etapa de evaluación (E30) de una desviación angular de situación y de una desviación angular de inclinación ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), que afectan al marco de referencia del posicionador, a partir de los datos obtenidos; y
  - una etapa de armonización (E40) del marco de referencia del posicionador con respecto al marco de referencia terrestre compensando dichas desviaciones angulares de situación y de inclinación así evaluadas.
2. Procedimiento de armonización según la reivindicación 1, caracterizado por que dicha etapa de armonización comprende una aplicación de dichas desviaciones angulares de situación y de inclinación evaluadas al dispositivo de  
 20 medida conduciendo a una modificación de la posición de referencia del dispositivo de medida, comprendiendo dicho procedimiento de armonización, además:
- una etapa de obtención (E60), a partir de informaciones inerciales medidas (E50) por el dispositivo de medida (31) durante un segundo período de funcionamiento (T2) predeterminado del dispositivo de medida (31), durante el cual  
 25 el dispositivo de medida se encuentra en la posición de referencia modificada (Pref'), de datos representativos de una velocidad de rotación terrestre, siendo mantenido el posicionador angular fijo durante dicho segundo período de funcionamiento y manteniendo fijo dicho dispositivo de medida en dicha posición de referencia modificada (Pref'), siendo obtenidos los datos representativos de una velocidad de rotación terrestre vista por el dispositivo de medida integrando dichas informaciones inerciales medidas sobre dicho segundo período de funcionamiento;
  - 30 - una etapa de evaluación (E70) de una desviación angular ( $\gamma$ ) de orientación, que afecta al marco de referencia del posicionador, a partir de estos datos; y
  - una etapa de armonización (E80) del marco de referencia del posicionador con respecto al marco de referencia terrestre compensando dicha desviación angular de orientación así evaluada.
3. Procedimiento de armonización según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho posicionador angular es un simulador de movimientos o un banco de control o una mesa micrométrica.  
 35
4. Procedimiento de armonización según la reivindicación 1, caracterizado por que las informaciones inerciales son medias con la ayuda de al menos un acelerómetro y/o de al menos un girómetro que equipan el dispositivo de medida.
5. Sistema de armonización (1), con respecto a un marco de referencia terrestre, de un marco de referencia de un  
 40 posicionador angular (2) apto para recibir un móvil o un artefacto volante, embarcando dicho posicionador angular un dispositivo de medida (31) de informaciones inerciales de dicho móvil o artefacto volante, siendo los ejes del posicionador angular (2) y del dispositivo de medida (31) de informaciones inerciales paralelos, o confundidos, o teniendo entre ellos una o varias distancias angulares conocidas, comprendiendo el sistema:
- medios de obtención, a partir de informaciones inerciales medidas por el dispositivo de medida durante un primer  
 45 período de funcionamiento (T1) predeterminado del dispositivo de medida (31) durante el cual el dispositivo de medida se encuentra en una posición denominada de referencia (Pref), de datos representativos de una intensidad de la gravedad local vista por el dispositivo de medida, siendo mantenido el posicionador angular (2) fijo durante dicho primer período de funcionamiento y manteniendo fijo dicho dispositivo de medida en dicha posición de referencia (Pref), siendo aptos dichos medios de obtención para obtener los datos representativos de una intensidad  
 50 de la gravedad local vista por el dispositivo de medida integrando dichas informaciones inerciales medidas sobre dicho primer período de funcionamiento;
  - medios de evaluación de una desviación angular de situación y de una desviación angular de inclinación, que afectan al marco de referencia del posicionador, a partir de los datos obtenidos; y

- medios de armonización del marco de referencia del posicionador con respecto al marco de referencia terrestre que comprenden los medios de compensación de dichas desviaciones angulares de situación y de inclinación así evaluadas.
- 5 6. Sistema de armonización según la reivindicación 5, caracterizado por que los medios de armonización son aptos para aplicar dichas desviaciones angulares de situación y de inclinación evaluadas al dispositivo de medida conduciendo a una modificación de la posición de referencia del dispositivo de medida, y por que:
- los medios de obtención son aptos para obtener datos representativos de una velocidad de rotación terrestre a partir de informaciones inerciales medidas por el dispositivo de medida (31) durante un segundo período de funcionamiento (T2) predeterminado del dispositivo de medida (31) durante el cual el dispositivo de medida se encuentra en la posición de referencia modificada (Pref'), siendo mantenido el posicionador angular fijo durante dicho segundo período de funcionamiento y manteniendo fijo dicho dispositivo de medida en dicha posición de referencia modificada (Pref'), y siendo obtenidos los datos representativos de una velocidad de rotación terrestre vista por el dispositivo de medida integrando dichas informaciones inerciales medidas sobre dicho segundo período de funcionamiento;
- 10
- 15 - los medios de evaluación son aptos para evaluar una desviación angular de orientación a partir de estos datos; y.
- los medios de armonización son aptos para compensar dicha desviación angular de orientación así evaluada.
7. Sistema de armonización según la reivindicación 6, caracterizado por que dicho posicionador angular es un simulador de movimientos o un banco de control o una mesa micrométrica.
- 20 8. Sistema de armonización según la reivindicación 6, caracterizado por que las informaciones inerciales son medias con la ayuda de al menos un acelerómetro y/o de al menos un girómetro que equipan el dispositivo de medida.
9. Programa de computadora que incluye instrucciones para la ejecución del procedimiento de armonización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 cuando dicho programa es ejecutado por una computadora.
- 25 10. Soporte de registro legible por una computadora sobre el cual está registrado un programa de computadora que comprende instrucciones para la ejecución de las etapas del procedimiento de armonización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

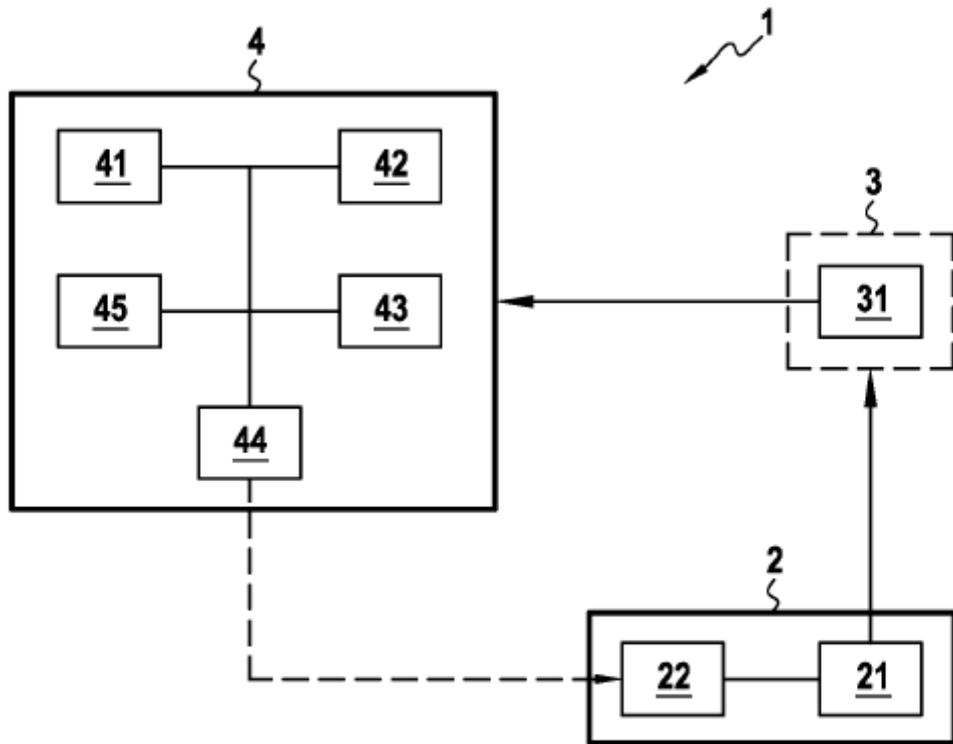
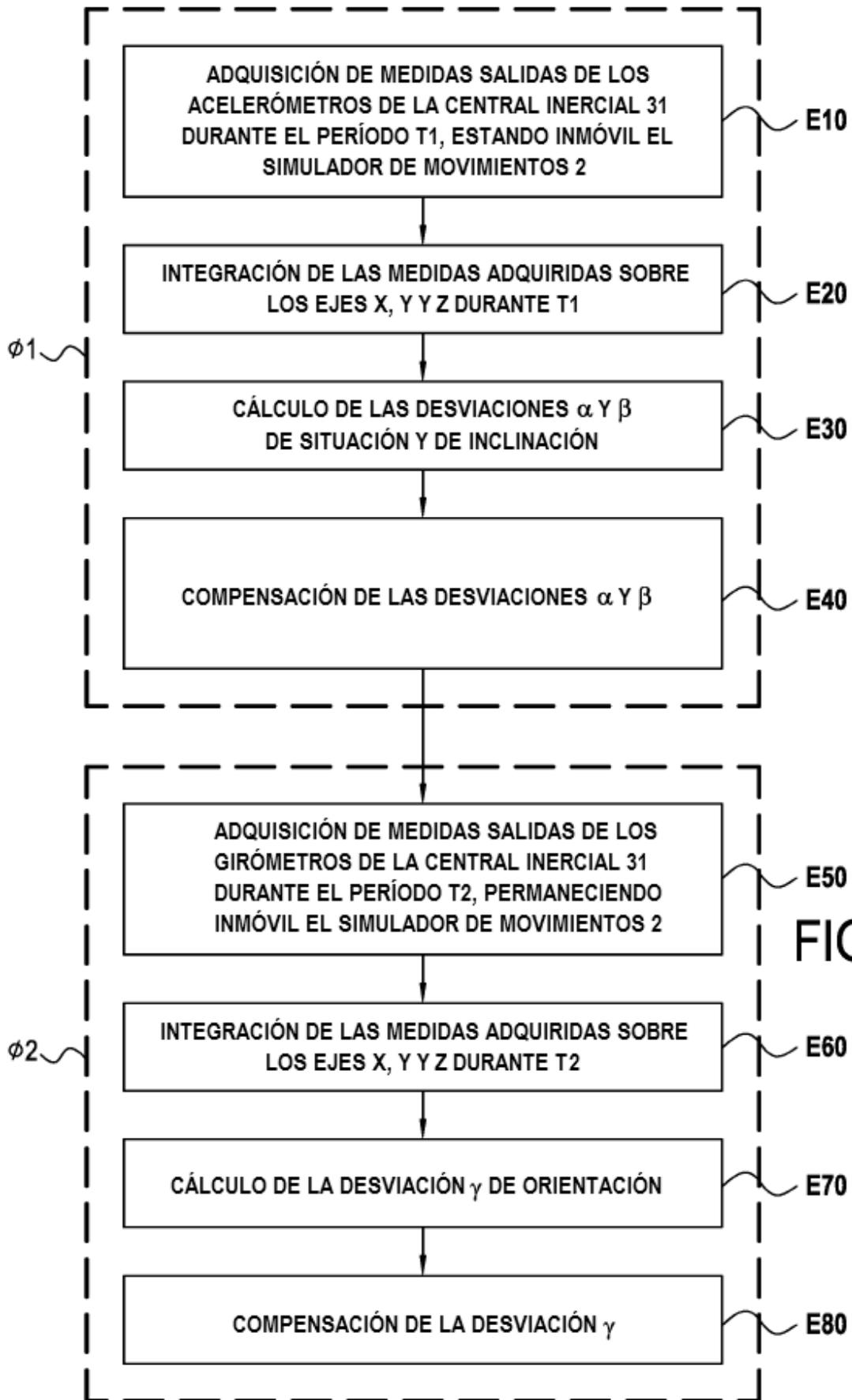


FIG.1



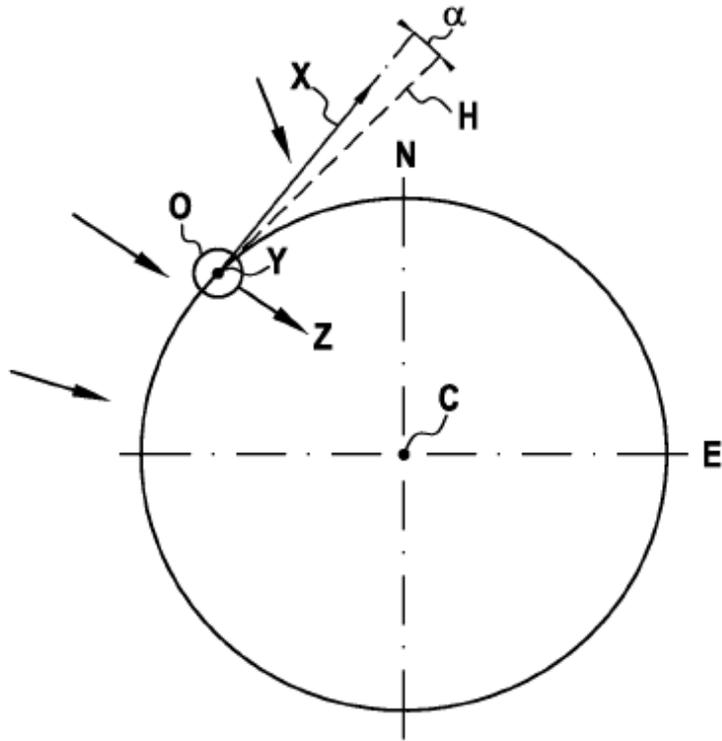


FIG.3A

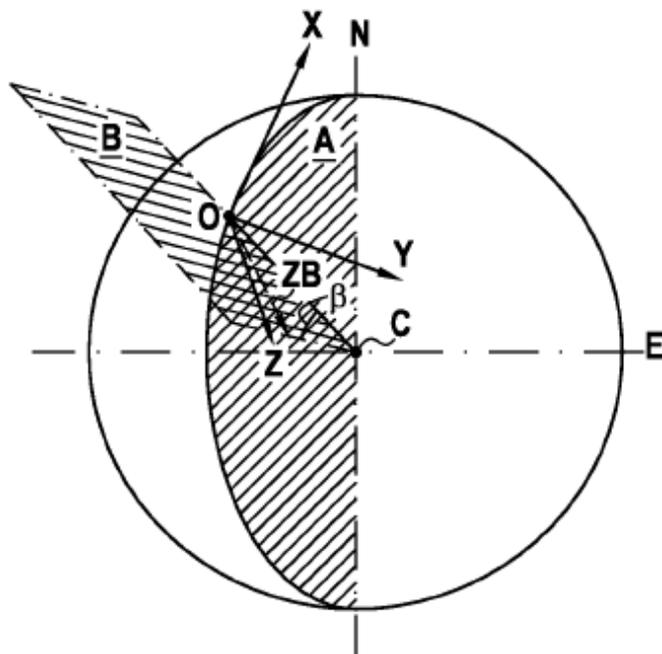


FIG.3B

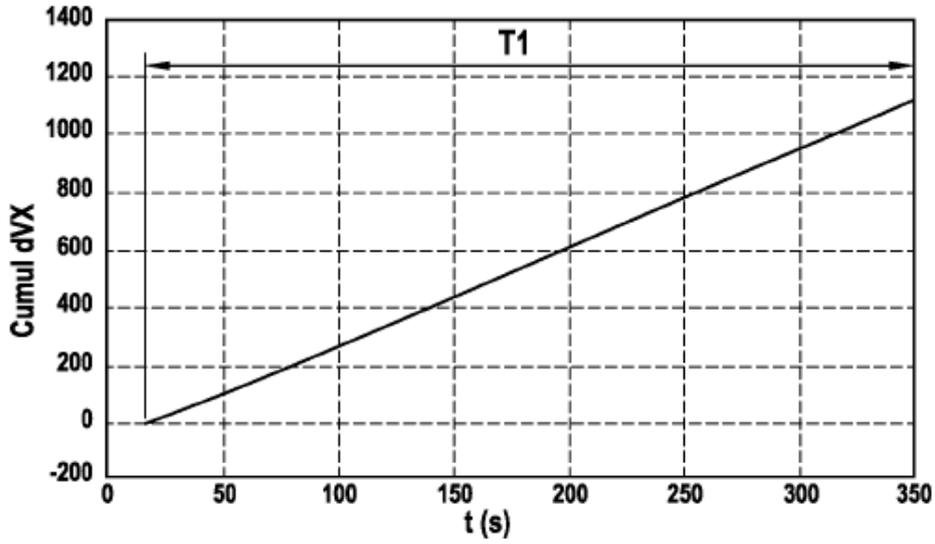


FIG.4A

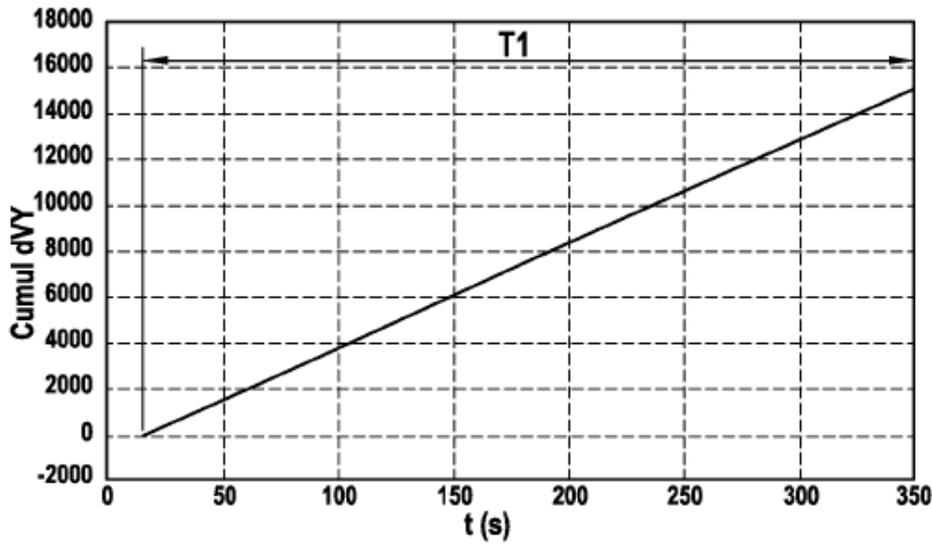


FIG.4B

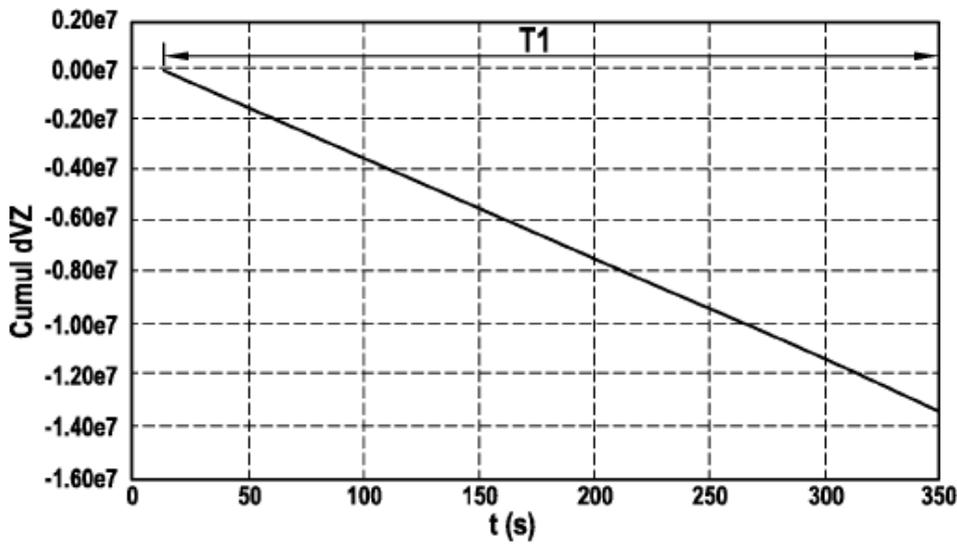


FIG.4C

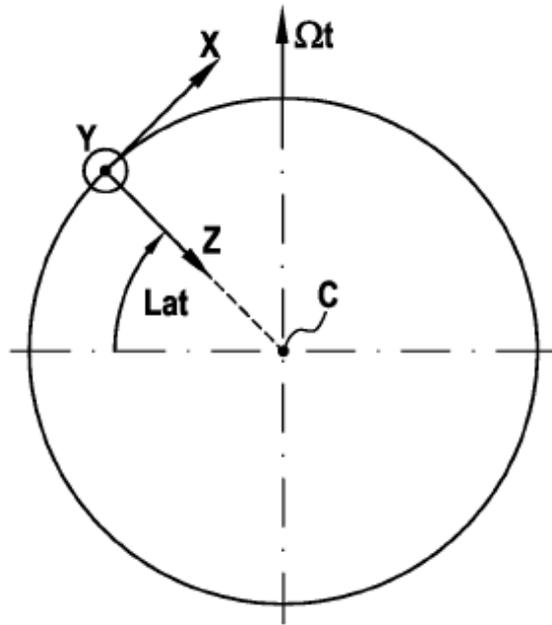


FIG.5A

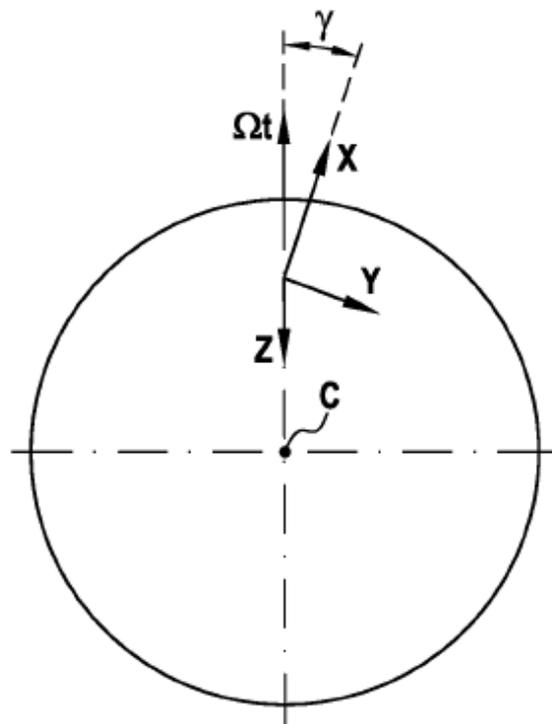


FIG.5B

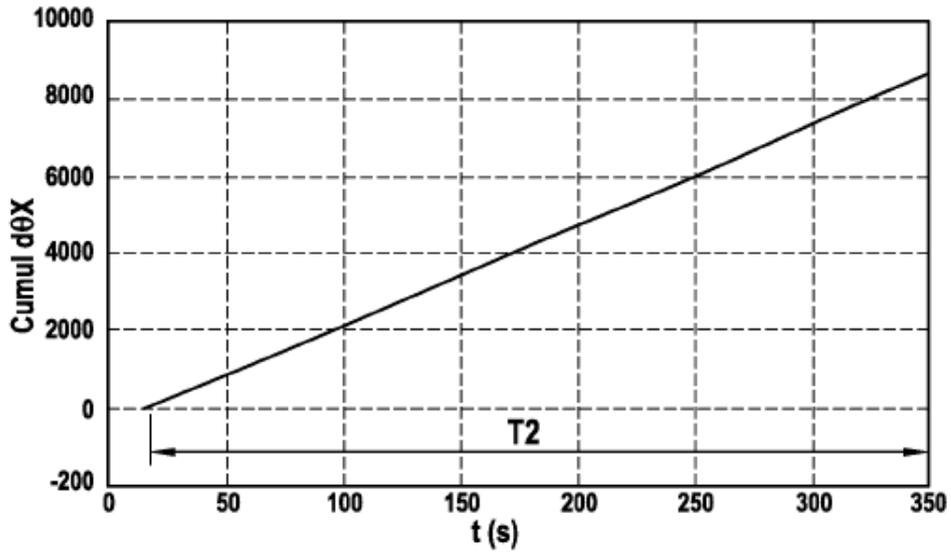


FIG.6A

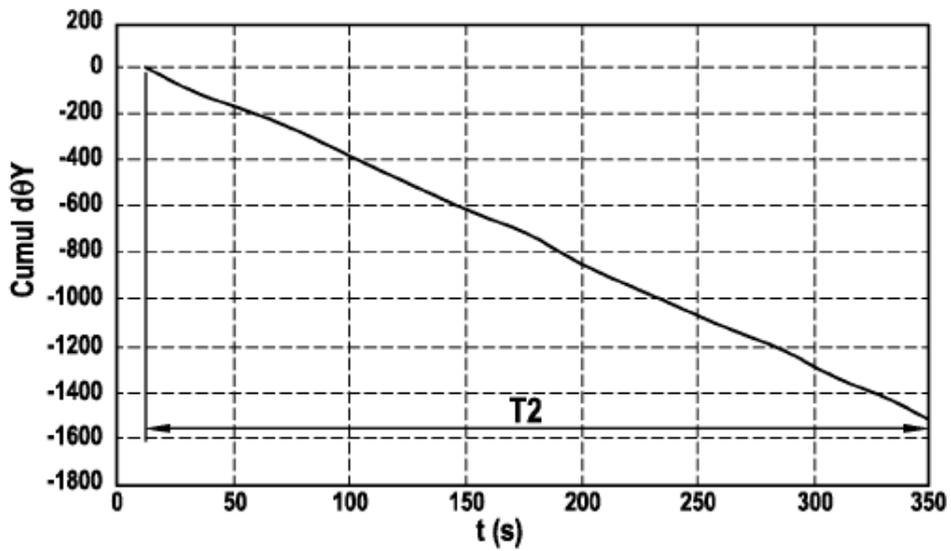


FIG.6B

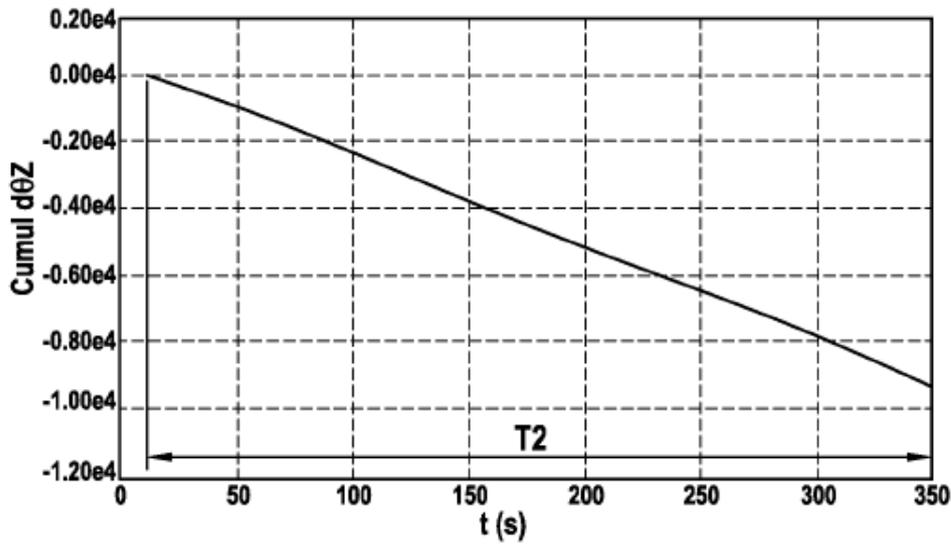


FIG.6C