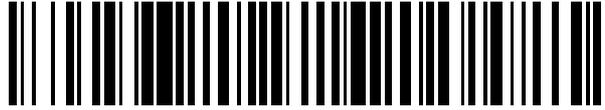


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 022**

51 Int. Cl.:

G02C 13/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.02.2008 PCT/FR2008/000268**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.10.2008 WO08129168**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.02.2008 E 08775613 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2137569**

54 Título: **Procedimiento de medición de al menos un parámetro geométrico-fisonómico de implantación de una montura de gafas de corrección visual sobre la cara de un usuario**

30 Prioridad:

**18.04.2007 FR 0702800
20.06.2007 FR 0704406**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.01.2018

73 Titular/es:

**ESSILOR INTERNATIONAL (100.0%)
147, rue de Paris
94220 Charenton-le-Pont, FR**

72 Inventor/es:

**NAUCHE, MICHEL;
CHAUVEAU, JEAN-PIERRE;
BARANTON, KONOCHAN y
EVAIN, SÉBASTIEN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 651 022 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 de medición de al menos un parámetro geométrico-fisonómico de implantación de una montura de gafas de corrección visual sobre la cara de un usuario

DOMINIO TÉCNICO AL QUE SE REFIERE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere de manera general a la confección de gafas de corrección visual y más precisamente a las mediciones geométrico-fisonómicas efectuadas por el óptico sobre el usuario equipado de las monturas que ha elegido para determinar datos relativos a la configuración de implantación de los cristales correctores enfrente de los ojos del usuario. Estos datos son típicamente explotados para el montaje de las lentes correctoras sobre la montura, en particular para su centrado óptico con relación al ojo del usuario y/o para la concepción óptica personalizada de las lentes correctoras.

ANTECEDENTES TECNOLÓGICOS

15 La confección de una lente correctora de gafas incluye, por una parte, la concepción óptica y la conformación de las caras de refracción de la lente y, por otra parte, la adaptación de la lente a la montura elegida. La presente invención trata de la medición, sobre la cara del usuario, de parámetros geométrico-fisonómicos que tengan en cuenta la configuración de implantación de las gafas sobre la cara del usuario. Estos parámetros son susceptibles de ser explotados en las dos etapas de confección de una lente correctora, a fin de que la lente ejerza finalmente la función óptica correctora para la que ha sido concebida y prescrita. Se trata en la práctica, principalmente, de los parámetros siguientes, considerados en una postura ortostática del usuario que mira al horizonte en el infinito:

- las separaciones pupilares, distancias horizontales de las pupilas en el plano sagital,
- 20 - las alturas pupilares, distancias sensiblemente verticales de las proyecciones de las pupilas según el eje principal de la mirada (al infinito) sobre la lente con relación al borde inferior de la montura o de la lente rebordeada (definición llamada « datum ») o a la tangente a este borde en su punto más bajo (definición llamada « boxing »),
- la distancia entre cada lente y el ojo correspondiente,
- 25 - el ángulo de inclinación pantoscópico que forma el plano general de la montura o de la lente con relación a la vertical.

Para ser tenidos en cuenta eficazmente, estos parámetros deben ser medidos con cuidado y precisión, lo que se revela difícil en la práctica. Para racionalizar la toma de medida, se ha propuesto efectuar ésta a partir de fotografías digitales de la cara del usuario equipada con la montura. Se sabe por el documento FR 2719463 que las separaciones y alturas pupilares pueden ser medidas por tratamiento de una imagen digital frontal de la cara del usuario. Para obtener la precisión de medición deseada, se ha considerado hasta ahora como indispensable que el aparato de captura de imagen esté montado verticalmente sobre una columna de base asegurando que el eje óptico del objetivo del aparato de captura de imagen queda horizontal y puede ser ajustado a la altura correcta. Se busca así evitar los errores de paralaje vertical que correrían el riesgo de otro modo de ser cometidos sobre las mediciones de las alturas de ojo en particular.

35 Sin embargo, el dispositivo de toma de medida que resulta de ello se revela relativamente voluminoso y poco ergonómico para un uso en un espacio de venta. Además, el protocolo de toma de medida es percibido como relativamente restrictivo, largo y fastidioso tanto para el usuario como para el óptico.

OBJETO DE LA INVENCION

40 El propósito de la presente invención es remediar en la totalidad o en parte inconvenientes ya citados proponiendo un procedimiento de medición por captura de imagen frontal susceptible de ser puesto en práctica con un protocolo de toma de medida rápido y flexible y por medio de un aparato de captura de imagen portátil, sin columna de base, preservando al mismo tiempo una precisión de medición elevada.

A este efecto, se propone según la invención un procedimiento de medición tal como se ha enunciado en la reivindicación 1 de la presente solicitud.

45 La captura de imagen puede así ser efectuada en una configuración imperfecta de alineación o de frontalidad, es decir con un desfase vertical, del aparato de captura de imagen con relación a la cara del usuario. El error inducido por el ángulo de visión, o paralaje vertical, es corregido durante el cálculo gracias a la toma en cuenta directa o indirecta del ángulo vertical de observación absoluto que es precisamente generador de este error. Se puede gracias a esta corrección suavizar y acelerar el protocolo de captura de imagen preservando al mismo tiempo, o incluso mejorando, la precisión global de la medición.

50 El parámetro geométrico-fisonómico incluye típicamente la altura de un punto notable del ojo con relación a la montura y/o el ángulo de inclinación pantoscópico que forma el plano general de la montura o de la lente con relación a la vertical.

Ventajosamente, el aparato de captura de imagen es un aparato portátil sostenido en la mano por un operador durante la captura de imagen. Se mejora así considerablemente la comodidad y la ergonomía de la toma de medida.

Según un modo de realización ventajoso, para medir el ángulo vertical de observación absoluto, se mide un ángulo de estabilidad que forma el eje óptico del aparato de captura de imagen con su proyección sobre el plano horizontal.

- 5 La medición del ángulo de estabilidad pueden por ejemplo ser proporcionada por un inclinómetro que equipa el aparato de captura de imagen, adaptado para proporcionar una señal representativa del valor tomado por el ángulo de estabilidad en el momento de la captura de imagen.

10 Alternativamente, se puede también proceder de la siguiente manera. Previamente a la captura de imagen, se equipa la cabeza del usuario con un dispositivo de horizonte artificial que incluye un elemento de referencia de horizonte móvil en rotación alrededor de un eje perpendicular al plano sagital y adaptado para conservar una posición fija con respecto al plano horizontal, teniendo este elemento de referencia de horizonte una característica geométrica conocida. Después de la captura de imagen, se identifica, sobre la imagen capturada, la imagen de este elemento de referencia de horizonte, se mide una característica geométrica de esta imagen correspondiente a la característica geométrica conocida de este elemento de referencia de horizonte y se calcula el ángulo de estabilidad en función de la característica geométrica medida de la imagen capturada y de la característica geométrica conocida del elemento de referencia de horizonte.

15 Ventajosamente entonces, el cálculo del ángulo de estabilidad es además función de un ángulo de observación relativo de referencia formado entre, por una parte, una recta de observación que pasa por un punto del elemento de referencia de horizonte y por la pupila del aparato de captura de imagen y, por otra parte, el eje óptico del aparato de captura de imagen, siendo deducido este ángulo de observación relativo de la medición, sobre la imagen capturada, de un descentrado de la imagen del elemento de referencia de horizonte con relación a un centro de imagen asociado al eje óptico del aparato de captura de imagen.

20 Para medir el ángulo vertical de observación absoluto, se puede, por ejemplo, combinar el ángulo de estabilidad con un ángulo de observación relativo formado entre la recta de observación y el eje óptico del aparato de captura de imagen. Este ángulo de observación relativo es deducido de la medición, sobre la imagen capturada de un descentrado de la imagen del punto notable del ojo con relación a un centro de imagen asociado al eje óptico del aparato de captura de imagen.

25 Alternativamente, para medir el ángulo vertical de observación absoluto, se puede hacer de manera que, durante la captura de imagen, el aparato de captura de imagen esté orientado de tal manera que el punto notable sea centrado sobre una marca de centrado del sistema de visión del aparato de captura de imagen. El eje óptico del aparato de captura de imagen se confunde entonces con la recta de observación, de modo que el ángulo vertical de observación absoluto es igual al ángulo de estabilidad.

En una variante, para medir el ángulo vertical de observación absoluto, se puede también medir una altitud al menos relativa del aparato de captura de imagen con respecto a la cabeza del usuario.

35 Según un aspecto particularmente ventajoso de la invención, se dispone sobre la montura un elemento de referencia pantoscópico que posee al menos una característica geométrica conocida y que está dispuesto de tal manera que la imagen frontal capturada por medio del aparato de captura de imagen íntegra una imagen del elemento de referencia pantoscópico. Al ser tratada la imagen del elemento de referencia para medir en ella una característica geométrica dependiente de la característica geométrica conocida, el cálculo del parámetro geométrico-fisonómico es función de la característica geométrica medida y de la característica geométrica conocida del elemento de referencia.

40 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UN EJEMPLO DE REALIZACIÓN

La descripción siguiente, con respecto a los dibujos adjuntos, dada a título de ejemplo no limitativo, hará comprender mejor en qué consiste la invención y cómo puede ser realizada.

En los dibujos adjuntos:

La fig. 1 es una vista de perfil de la cabeza de un usuario, equipada con un par de gafas;

- 45 La fig. 2 es una vista esquemática en perspectiva de un dispositivo que permite la medición de parámetros geométrico-fisonómicos de implantación de las gafas sobre la cara del usuario conforme a la invención.

La fig. 3 es una vista en perspectiva de un accesorio de referencia que equipa la montura según un primer ejemplo de realización;

- 50 La fig. 4 es una vista esquemática en alzado de perfil, con las proporciones deformadas para facilitar su lectura, que ilustra la captura de una imagen frontal de la montura y del ojo con los elementos de geometría explotados en el cálculo de los parámetros geométrico-fisiológicos, según un primer ejemplo de puesta en práctica del procedimiento de medición según la invención, utilizando el accesorio de referencia de la fig. 3;

La fig. 5 es una vista análoga a la fig. 3 que ilustra un segundo modo de realización del accesorio de referencia que equipa la montura;

La fig. 6 es vista análoga a la fig. 4, que ilustra la captura de una imagen frontal de la montura y del ojo con los elementos de geometría explotados en el cálculo de los parámetros geométrico-fisiológicos según un segundo ejemplo de puesta en práctica del procedimiento de medición según la invención, utilizando el accesorio de referencia de la fig. 5;

La fig. 7 es una vista de la imagen capturada del elemento de referencia de horizonte;

La fig. 8 es una vista análoga a la fig. 7 que ilustra una variante del elemento de referencia de horizonte y del procedimiento para la medición de un ángulo de balanceo absoluto de la cabeza del usuario;

La fig. 9 es una vista análoga a la fig. 8 que ilustra otra variante del elemento de referencia de horizonte y del procedimiento, para la medición de un ángulo de balanceo absoluto de la cabeza del usuario.

La fig. 10 es una vista análoga a la fig. 3, que ilustra una variante del segundo modo de realización del accesorio de referencia que equipa la montura.

En la descripción que sigue, se considera, como se ha ilustrado por la fig. 1, que el usuario está en una configuración sentada o de pie que es tal que su cabeza TP está recta, es decir que el plano de Frankfurt PF relativo a la cabeza del usuario es sensiblemente horizontal. Como se ha representado en la fig. 1, el plano de Frankfurt PF es definido como el plano que pasa por los puntos orbitales inferiores OR y el "porion" PO del usuario, siendo el "porion" el punto más elevado del conducto auditivo, que corresponde al "tragion" de la oreja. Se dice igualmente que el usuario toma una posición ortostática, posición en la que realiza un mínimo de esfuerzos. El eje de la mirada o recta de visión DV del usuario es inicialmente el eje de la mirada principal DVI, horizontal, correspondiente al caso en el que el usuario mira el horizonte recto delante de él en el infinito.

Se define también un plano medio o sagital PSAG de la cabeza del usuario TP, paralelo al plano de la fig. 1 y esquematizado en la fig. 3.

El usuario está equipado de una montura 10 que ha sido elegida previamente y sobre la que serán montadas lentes que ejerzan una función óptica de corrección visual conforme a una prescripción. Esta montura 10 incluye clásicamente dos aros 11, unidos por un puente nasal 13, y dos patillas 12. Cada aro 11 se extiende en un plano medio PM que, vista de perfil, forma con un plano vertical PV (que pasa por ejemplo por el puente nasal 13) un ángulo de inclinación vertical TETA alrededor de una dirección horizontal perpendicular al plano sagital PSAG. Este ángulo TETA es comúnmente denominado ángulo pantoscópico.

En los ejemplos que siguen, se trata principalmente de determinar los parámetros geométrico-fisonómicos de la cabeza TP del usuario y de la montura 10 con vistas a realizar la concepción personalizada y/o la adaptación del par de lentes correctoras a la fisonomía de la cabeza del usuario y a la geometría de la montura, de conformidad con la función óptica de corrección deseada.

Se trata en particular de determinar con precisión:

- por una parte, la altura H de la pupila PU de cada ojo OD, OG con relación al punto más bajo PB del aro en cuestión 11 de la montura 10, para permitir el centrado conveniente de la lente correctora, es decir el posicionamiento del punto de centrado o punto pupilar C de su sistema de referencia óptico con relación a la montura, con vistas a su rebordeado adaptado al usuario y a la montura elegida; esta altura H es en este caso la distancia entre, por una parte, el punto más bajo PB del aro 11 de la montura y, por otra parte, el punto de centrado o punto pupilar C definido por la intersección del eje de la mirada principal DVI (recta de visión al infinito) con el plano medio PM del aro 11 de la montura, pudiendo ser retenidas alternativamente otras definiciones conocidas de la altura de ojo;

- por otra parte, el ángulo de inclinación pantoscópico TETA del plano medio del aro 11 de la montura y, por tanto, de las lentes correctoras, para permitir la concepción óptica personalizada de una y/o la otra de las dos caras de refracción de la lente correctora.

En las figs. 2 y 3, se ha representado un dispositivo de determinación de parámetros geométrico-morfológicos individuales de un usuario equipado con un par de gafas de presentación.

Este dispositivo incluye un aparato de captura de imagen digital 1 que es por ejemplo, como en el ejemplo ilustrado por la fig. 2, similar a un aparato de fotografía digital de bolsillo del comercio al por mayor, que incluye una caja 2, un botón de disparo 3 y una pantalla de visor 4. El aparato de captura de imagen 1 incluye además aquí una fuente o mira luminosa 5, tal como un diodo, apto para atraer la mirada del usuario y para generar una imagen de reflejo por la córnea de cada ojo del usuario. Esta mira luminosa 5 es adyacente al objetivo del aparato de captura de imagen 1. En una variante, la imagen del reflejo corneal puede ser generada por un flash asociado al aparato de captura de imagen.

Se podrá en una variante de manera ventajosa utilizar como aparato de captura de imagen una cámara de video o un

aparato de fotografía de disparo rápido, apto para proporcionar una pluralidad de tomas de vista a partir de las cuales se podrá calcular una media o aplicar un filtrado o aún seleccionar la toma de vista más pertinente.

Como quiera que sea, el aparato de captura de imagen 1 es apto para ser manipulado por el óptico para calcular en un plano facial de captura de imágenes PCI, una imagen de la cara del usuario equipado con la montura.

5 El aparato de captura de imagen 1 posee por otra parte medios para su comunicación con un ordenador 8 equipado con medios de comunicación correspondientes. Los medios de comunicación del aparato de captura de imagen 1 y del ordenador 8 son de tipo mediante cables o inalámbricos y, siendo de una concepción corriente cualquiera, no serán descritos. Ventajosamente, estos medios de comunicación se integran en una arquitectura de red común o de unión punto a punto que permiten al aparato de captura de imagen comunicar con varios ordenadores.

10 El dispositivo de medición incluye además medios de medición de un ángulo de estabilidad o cabeceo ALPHA que forma el eje óptico AO del objetivo del aparato de captura de imagen 1 con su proyección sobre el plano horizontal PF. En este primer ejemplo, el aparato de captura de imagen 8 está equipado con un inclinómetro electrónico integrado 6 adaptado para proporcionar una señal representativa del valor tomado por el ángulo de estabilidad ALPHA en el momento de la captura de imagen. Se podrá por ejemplo utilizar un inclinómetro de volumen reducido del género captador capacitivo
15 (que comprende un acelerómetro o gravímetro) captador magnético apto para medir el campo magnético terrestre, o un campo artificial. Se podrá también utilizar un sistema de captura de posición tal como el comercializado por la sociedad Polhemus, o aún un giroscopio, etc.

El dispositivo de medición incluye ventajosa, pero no necesariamente, un accesorio de referencia 20 que está colocado sobre la montura 10 y que permite, como veremos, favorecer la fiabilidad y la precisión de las tomas de medida.

20 Un ejemplo de tal accesorio de referencia 20 está representado en la fig. 3 y descrito a continuación en configuración de servicio, es decir colocado sobre una montura que está a su vez considerada en configuración de implantación sobre la cara del usuario observando la postura ortostática precedentemente descrita. Este accesorio incluye una estructura articulada compuesta por un estribo 21 en forma de U invertida que se extiende en un plano sensiblemente vertical y por
25 dos palancas de bloqueo 22, 23. El estribo 21 posee un travesaño horizontal 24 y dos montantes verticales 25, 39 cuyas extremidades apuntan hacia abajo. Las dos palancas de bloqueo 22, 23 están montadas sobre las extremidades de los montantes 25, 39 para pivotar en el plano del estribo, y por tanto alrededor de ejes horizontales. Un resorte (no representado) está montado entre cada palanca de bloqueo 22, 23 y el estribo para solicitar de manera permanente a estas palancas hacia el travesaño 24. Las palancas de bloqueo 22, 23 se apoyan así sobre los aros de la montura 10 (o directamente sobre las lentes si las gafas son del tipo sin aro, de lentes perforadas) para asegurar el mantenimiento del
30 accesorio de referencia 20 sobre la montura. Unos patines 26, 27, 28, 29 en forma de V provistos de un revestimiento antideslizante equipan el travesaño 24 y las palancas 22, 23 para acoger los aros de la montura (o los bordes de las lentes) y cooperar sin deslizamiento con estos, de manera que realicen una fijación estable del accesorio de referencia 20 sobre las gafas. El conjunto está dispuesto de tal manera que el estribo 21 presenta un plano de simetría PS, que en servicio, se confunde, aproximadamente al menos, con el plano sagital PSAG del usuario.

35 El accesorio de referencia 20 está provisto de varios elementos de referencia, entre los cuales se distinguen:

- un "unicornio" (protuberancia única) central 30 acuñado sobre el plano de simetría PS del estribo 21, que se extiende horizontalmente en saliente desde el travesaño 24 apuntando hacia delante de (es decir en oposición a la cara del usuario) y que posee una extremidad libre redondeada tintada 33,

40 - dos "unicornios" laterales 31, 32 simétricos entre sí con relación al plano de simetría PS que se extienden horizontalmente en saliente desde el travesaño 24 apuntando hacia delante y divergiendo lateralmente y que posee cada uno una extremidad libre redondeada 34, 35 sobre la que está prevista una marca contrastada, por ejemplo negra o tintada,

45 - un pedestal ("tótem") 36 centrado sobre el plano de simetría PS, que se extiende verticalmente en saliente superior desde el travesaño 24 de manera que esté en la vertical del "unicornio" central 30 y que posee una cara delantera 37 de la que la parte superior lleva una marca contrastada 38, por ejemplo negra o tintada en forma de disco.

Las posiciones respectivas en el espacio de tres dimensiones de las marcas de las extremidades de los "unicornios" 30, 31, 32 y de la marca 38 constituyen características geométricas conocidas que son memorizadas como parámetros fijos del software de cálculo instalado sobre el ordenador 8.

50 Los dos "unicornios" laterales 31, 32 son solidarios de los patines 28, 29 que están a su vez montados sobre el travesaño 24 para pivotar libremente (con un desplazamiento vertical angular limitado y una solicitud de retorno elástica en una posición angular dada) alrededor de ejes sensiblemente verticales. Así, cuando el accesorio de referencia 20 está montado sobre la montura 10, los patines 28, 29 se orientan ellos mismos, gracias a su forma en V, en correspondencia con la orientación horizontal (es decir alrededor de la vertical) del plano medio del aro 11 correspondiente a la montura (o del cristal de presentación correspondiente en el caso de gafas de montaje perforado, sin aros).

55 El dispositivo de medición descrito anteriormente permite poner en práctica el procedimiento siguiente de medición de

parámetros geométrico-fisonómicos de implantación de la montura 10 sobre la cara del usuario.

Antes de cualquier medición, deben realizarse dos etapas de calibrado. Estas etapas de calibrado son hechas antes de la primera medición, y no es necesario renovarlas antes de cada medición.

5 Se realiza en primer lugar el calibrado del aparato de captura de imagen 1 a fin de definir una función característica de este aparato, que permita determinar, para un punto objeto dado del espacio en el sistema de referencia del aparato de captura de imagen 1, las coordenadas del punto de imagen asociado a este punto objeto sobre una imagen capturada.

10 Este calibrado es realizado gracias a imágenes tomadas por el aparato de captura de imagen 1 de diferentes miras planas conocidas. Tales métodos son conocidos y han sido descritos en numerosos documentos, en particular en un artículo titulado « Modelling and Calibration of Automated Zoom Lenses », de R. G. Willson, publicado en Proceedings de la SPIE 2350: Videometrics III, páginas 170-186, en Boston, Massachussetts, Estados Unidos de Norteamérica, en octubre de 1994.

15 Se realiza a continuación el calibrado del accesorio de referencia 20 determinando un modelo de este accesorio de referencia 20. Para ello se determinan las posiciones relativas de las marcas contrastadas 33, 38, 46, 47. A fin de determinar estas posiciones relativas, se puede utilizar un mínimo de cuatro marcas presentes en el accesorio de referencia 20, y como mínimo, tres capturas de imagen diferentes. El modelo del accesorio de referencia 20 incluye, por una parte, parámetros globales, comunes a todas las imágenes, tales como parámetros relativos a la geometría del accesorio de referencia 20 y, por otra parte variables intermedias propias a la configuración de captura de imagen tales como la posición y la orientación del accesorio de referencia 20 con relación al aparato de captura de imagen 1. Estos parámetros y variables del modelo son entonces calculados por iteración de manera que se aproximen, por una parte, las coordenadas calculadas a partir del modelo para las marcas contrastadas proyectadas sobre la imagen teórica, y, por otra parte, las coordenadas tomadas sobre las diferentes imágenes capturadas para estas mismas marcas.

20 Una vez calibrado el aparato de captura de imagen 1 y el accesorio de referencia 20, se dispone de las informaciones (ecuaciones, constantes, parámetros) necesarias para el tratamiento de las imágenes registradas a continuación. Éstas informaciones permiten unir la posición de las marcas contrastadas en dos dimensiones sobre una imagen cualquiera y sus posiciones reales en tres dimensiones.

25 A título de ejemplo, puede ser seguido el proceso siguiente.

30 Un sistema de referencia del accesorio de referencia es definido gracias a cuatro marcas, por ejemplo las marcas 46, 47, 33, 38, y un punto de origen O. Un eje (Ox) pasa por las dos marcas 46 y 47, un eje (Oy) pasa por la marca 38 y el punto de origen O, que es definido como la proyección ortogonal de la marca 38 sobre el eje (Ox), y un eje (Oz) es tal que la referencia (O, Ox, Oy, Oz) sea cartesiana ortonormal directa. Las coordenadas de las cuatro marcas son entonces determinadas en el sistema de referencia del accesorio de referencia así definido: la marca 47 tiene como coordenadas (d, 0, 0), la marca 46 tiene como coordenadas (-g, 0, 0), la marca 38 tiene como coordenadas (0, h, 0) y la marca 33 tiene como coordenadas (a, b, c).

35 Se pasa del sistema de referencia del accesorio de referencia al sistema de referencia del aparato de captura de imagen 1 por una transformación que comprende una traslación y tres rotaciones según los tres ejes del sistema de referencia del accesorio de referencia. El paso del sistema de referencia del accesorio de referencia al sistema de referencia del aparato de captura de imagen 1 implica por tanto en un caso cualquiera:

- una rotación de un ángulo N1 alrededor del eje (Oz) correspondiente a la matriz de transformación R1:

40

$$R1 = \begin{pmatrix} \cos(N1) & \text{sen}(N1) & 0 \\ -\text{sen}(N1) & \cos(N1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- una rotación de un ángulo N2 alrededor del eje (Ox) correspondiente a la matriz de transformación R2:

45

$$R2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(N2) & \text{sen}(N2) \\ 0 & -\text{sen}(N2) & \cos(N2) \end{pmatrix}$$

- una rotación de un ángulo N3 alrededor del eje (Oy) correspondiente a la matriz de transformación R3:

50

$$R3 = \begin{pmatrix} -\cos(N3) & 0 & \text{sen}(N3) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\text{sen}(N3) & 0 & -\cos(N3) \end{pmatrix}$$

- y una traslación T = [Tx Ty Tz]

El vector de coordenadas M_{raci} de un punto objeto M del accesorio de referencia 20 en el sistema de referencia del aparato de captura de imagen 1 puede entonces ser calculado a partir del vector de coordenadas conocido M_{rar} de este punto en el sistema de referencia del accesorio de referencia 20 gracias a la expresión: $M_{raci} = T + M_{rar}.R1.R2.R3$.

5 Finalmente, el vector de coordenadas M_{image} del punto de imagen asociado a este punto objeto sobre una imagen capturada puede ser calculado a partir del vector de coordenadas M_{raci} de este punto objeto en el sistema de referencia del aparato de captura 1 gracias al calibrado del aparato de captura. La función característica del aparato de captura 1 puede por ejemplo corresponder a una función polinómica. Se obtienen entonces las coordenadas (u,v) del punto de imagen asociado a un punto de coordenadas (x, y, z) del espacio por una transformación que puede describirse en la forma: $u = k1.X^5 + k2.X^4.Y + \dots + kn$ y $v = k1'.X^5 + k2'.X^4.Y + \dots + kn'$, donde $X = x/z$ e $Y = y/z$. Con un aparato de
 10 captura de imagen del tipo agujero estenópico, la transformación se escribiría: $u = f.x/z + u0$ y $v = f.y/z + v0$. Los parámetros de la función característica del aparato de captura de imagen utilizado, por ejemplo $(k1, k2, \dots, kn, k1', k2', \dots, kn')$, o $(f, u0, v0)$, son determinados durante el calibrado del aparato de captura de imagen 1.

Los parámetros globales d, g, h, a, b y c del accesorio de referencia y las variables intermedias $N1, N2, N3, Tx, Ty,$ y Tz que definen su posición con relación al aparato de captura de imagen durante diferentes capturas de imagen son
 15 determinados de manera iterativa a fin de hacer coincidir las posiciones teóricas de las marcas del accesorio de referencia sobre la imagen con sus posiciones reales sobre las imágenes capturadas.

El óptico posiciona el par de gafas de presentación 10 equipado con el accesorio de referencia 20 sobre la cara del usuario. El usuario está en postura ortostática, sentado o de pie, con su cabeza recta, es decir, como se ha recordado
 20 anteriormente, que el plano de Frankfurt PF es sensiblemente horizontal. El óptico vigila que esta postura sea bien respetada.

Se define una recta de "boxing" superior HOM que une los vértices de los patines en V 28, 29. Esta recta es sensiblemente tangente a las partes altas de los dos aros 11 de la montura y es por tanto sensiblemente perpendicular al plano de simetría PS de la montura 10.

En la descripción que sigue del procedimiento de medición, puesto en práctica por el software instalado en el ordenador 8, las reglas de cálculo aplicadas por el software y dadas a título de ejemplos recurren a magnitudes geométricas
 25 definidas en relación con las figuras. En particular, las figs. 4 y 6 son vistas esquemáticas en alzado, en proyección en el plano PS o PSAG según la dirección de la recta de "boxing" superior HOM.

El óptico u operador coge el aparato de captura de imagen 1 y coloca este último enfrente de la cara del usuario y sensiblemente a la misma altura, a su mejor conveniencia. La frontalidad es entonces aproximada, pero perfecta. El óptico activa el diodo luminoso 5 apretando en un primer nivel el botón 3 y solicita al usuario mirar a este diodo. Se puede
 30 entonces considerar, sin cometer un error significativo, que el usuario observa la pupila de entrada del aparato de captura de imagen 1, es decir que el eje de la mirada DV se confunde con la recta de observación DO. El óptico pide al usuario conservar sin embargo su posición de cabeza en postura ortostática como se ha descrito anteriormente, lo que se puede suponer que este último hará sin dificultad en la medida en que el aparato de captura de imagen 1 esté dispuesto de
 35 frente, aproximadamente (aunque de manera imperfecta) a la altura de la cara.

El óptico ajusta el aparato de captura de imagen 1 con ayuda de la pantalla del visor 4 para enmarcar convenientemente la cara del usuario, luego dispara una captura de imagen por medio del botón 3, así como, simultáneamente, el suministro del ángulo de estabilidad ALPHA por el inclinómetro integrado 6.

Si el ángulo ALPHA excede de un valor de umbral en valor absoluto, por ejemplo de 20 grados, la medición es rechazada y un mensaje de alerta visual y/o sonora es emitido por el aparato de captura de imagen 1 o por el ordenador 8 para invitar al óptico a capturar una nueva imagen posicionando del aparato de captura de imagen 1 más de frente a una altura más próxima de la del usuario.

El aparato de captura de imagen 1 transmite la imagen así capturada al ordenador 8 que la registrada en memoria viva o de masa, con vistas a su tratamiento por el software de tratamiento y de cálculo instalado en el ordenador 8.

45 El aparato de captura de imagen 1 transmite igualmente al ordenador 8, que lo registra en memoria viva o de masa accesible al software de tratamiento y de cálculo instalado en el ordenador 8, el ángulo de estabilidad ALPHA que formaba el eje óptico AO del aparato de captura de imagen 1 con su proyección sobre el plano horizontal PF durante la captura de imagen y que ha sido proporcionado por el inclinómetro integrado 6.

El software está concebido para realizar un cálculo de aproximación de las características geométricas conocidas con las características geométricas correspondientes de la imagen plana capturada, medidas por tratamiento de esta imagen y recuento de sus píxeles, aproximación a partir de la cual son deducidos:

55 - por una parte, habida cuenta de una nueva puesta a escala dimensional de la imagen capturada y de un recuento de píxeles sobre esta imagen, las posiciones de las pupilas de los ojos del usuario con relación a la montura (o inversamente), las dimensiones de la montura, etc., vistas en proyección en el plano de captura de imagen (que es perpendicular al eje óptico del aparato de captura de imagen y que puede estar inclinado con relación al plano general de

la montura),

- por otra parte, los valores de las componentes horizontal y vertical de la orientación relativa del accesorio de referencia 20 con relación al eje óptico del aparato de captura de imagen 1, no necesitando el cálculo de estos ángulos necesariamente una nueva puesta a escala.

- 5 La nueva puesta a escala dimensional de la imagen consiste en calcular un factor de escala que da, en la configuración de captura de imagen, la proporcionalidad entre una dimensión real de un elemento geométrico cuya imagen es capturada y el número de píxeles de la imagen de este elemento según la dirección de la dimensión considerada.

10 La nueva puesta a escala es por ejemplo realizada por el software de tratamiento y de cálculo comparando la distancia entre las imágenes, sobre la imagen capturada, de los dos puntos notables del accesorio de referencia 20, tales como las extremidades del travesaño 24 o las marcas 46, 47, con la distancia real conocida entre estos puntos notables (que está integrada en el software de tratamiento y de cálculo como parámetro).

15 Esta puesta a escala puede también ser realizada por la medición, con ayuda de un subconjunto de telemetría, de la distancia que separa el aparato de captura de imagen de la cabeza del usuario. Se pueden por ejemplo utilizar sistemas de captura de posición que equipan, por una parte, al usuario o la montura y, por otra parte, al aparato de captura de imagen 1 para proporcionar la distancia relativa entre el aparato de captura de imagen 1 y la cabeza del usuario. Se puede alternativamente utilizar cualquier otro sistema de telemetría por ultrasonidos, láser, triangulación, estigmómetro de tipo Dodin o análogo.

20 Para calcular el ángulo pantoscópico TETA de la montura, el software calcula, descontando los píxeles y habida cuenta de la nueva puesta a escala, la separación de altura entre, por una parte la imagen de la marca 38 del pedestal 36 y, por otra parte, la imagen de la extremidad 33 del "unicornio" central 33. Se comprende en efecto que el desplazamiento hacia delante de la extremidad 33 del "unicornio" central 33 tiene por efecto hacer variar sensiblemente la altitud de esta extremidad 33 con el ángulo pantoscópico TETA. Resulta de ello que esta separación de altura es representativa de un ángulo de inclinación vertical relativo SIGMA que forma el plano medio de la montura PM con el plano de captura de imagen PCI perpendicular al eje óptico AO del objetivo del aparato de captura de imagen 1. El software combina entonces este ángulo SIGMA con el ángulo de estabilidad ALPHA proporcionado por el inclinómetro 6 del aparato de captura de imagen 1, para deducir de ello el ángulo pantoscópico TETA buscado. El software integra la fórmula

$$\text{TETA} = \text{ALPHA} + \text{SIGMA} \text{ o } \text{TETA} = \text{ALPHA} - \text{SIGMA}$$

según el convenio de signos de los ángulos orientados.

30 El software calcula a continuación la altura H del ojo. Identifica a este efecto, en la imagen capturada, la imagen de un punto notable predeterminado, directa o indirectamente asociado a la cara del usuario o a la montura 10. Este punto notable puede, típicamente, pertenecer al ojo considerado, a la montura o al accesorio de referencia. En este caso, el software identifica sobre la imagen el centro de la pupila del ojo considerado que corresponde al reflejo corneal RC del diodo 5 del aparato de captura de imagen 1.

35 Se define una recta de observación DO que une la pupila 7 del aparato de captura de imagen 1 y el reflejo corneal RC. El software calcula un ángulo de observación relativo BETA formado entre la recta de observación DO y el eje óptico AO del aparato de captura de imagen 1. Este ángulo de observación relativo BETA es deducido directamente por el software, habida cuenta de la nueva puesta a escala, de la medición, sobre la imagen capturada, de un descentrado de la imagen del reflejo corneal RC con respecto a un centro de imagen asociado al eje óptico AO del aparato de captura de imagen 1 y correspondiente a la imagen F' del punto F de intersección del eje óptico AO con el plano PM.

40 El software calcula entonces un ángulo vertical de observación absoluto GAMMA que forma la recta de observación DO con su proyección sobre un plano horizontal PF. A este efecto, el software combina el ángulo de observación relativo BETA que acaba de calcular con el ángulo de estabilidad ALPHA proporcionado por el inclinómetro integrado 6 durante la captura de imagen. El software aplica la fórmula

$$\text{GAMMA} = \text{BETA} - \text{ALPHA} \text{ o } \text{GAMMA} = \text{BETA} + \text{ALPHA}$$

45 según el convenio de signo de los ángulos orientados.

El software calcula por otra parte la distancia Hm entre, por una parte, el punto más bajo PB del aro 11 de la montura y, por otra parte, el punto de intersección Cm de la recta de observación DO con el plano medio PM del aro 11 de la montura.

50 A este efecto, el software puede por ejemplo medir sobre la imagen capturada una distancia Hm' entre el punto más bajo de la imagen del aro 11 de la montura y el centro de la imagen de la pupila PU (en este caso el centro del reflejo corneal RC). El software deduce de ello entonces la altura Hm en el plano PM por medio de la fórmula:

$$\text{Hm} = \text{Hm}' / \cos(\text{GAMMA}-\text{TETA}).$$

Finalmente, el software calcula la altura H del ojo por medio de la fórmula siguiente:

$$H = (H_m + d(\text{CRO}, C) \cdot \sin(\text{GAMMA})) / \cos(\text{TETA} - \text{GAMMA}).$$

donde d(CRO,C) es la distancia entre el centro de rotación CRO del ojo considerado, en este caso del ojo derecho OD, y el punto C. Esta distancia del ojo es determinada por ejemplo a partir de una medición de la distancia d(PU,C) entre la pupila y el punto C a la que se añade un radio de ojo medio o deducido aproximadamente de la prescripción del usuario. La distancia d(PU,C), generalmente llamado distancia lente-ojo, puede ser fácilmente obtenida por medio de una medición directa sobre el usuario con ayuda de una simple regleta, de una medición automática o manual sobre una toma de vista de perfil, de una medición automática o manual de cara con un sistema de telemetría tal como un estigmómetro o telémetro de prisma Dodin o análogo. Se puede también realizar una medición indirecta a partir de una combinación de dos tomas de vista frontales asociada a un cálculo de paralaje, permitiendo este último método obtener directamente la distancia d(CRO,C) buscada.

Como alternativa, se puede también utilizar la fórmula siguiente:

$$H = (H_m + d(\text{CRO}, C_m) \cdot \sin(\text{GAMMA})) / \cos(\text{TETA}).$$

Como variante, se puede también deducir de la distancia d(CRO,C), la posición del centro de rotación CRO del ojo sobre la recta de observación DO, y luego deducir de ello la intersección de la recta de visión al infinito DVI con el plano medio PM del aro 11 de la montura, lo que corresponde al punto C buscado.

En una variante, se podría también prever que, durante la captura de imagen, el usuario no mira al aparato de captura de imagen, sino que mira recto delante de él, según la recta de visión al infinito DVI. Esto favorecería el respeto por el usuario de la postura ortostática definida precedentemente. En este caso, se procede como se ha expuesto anteriormente, pero aplicando de manera fina la siguiente fórmula para el cálculo de la altura H del ojo:

$$H = (H_m + d(\text{PU}, C) \cdot \sin(\text{GAMMA})) / \cos(\text{TETA} - \text{GAMMA})$$

donde d(PU,C) es la distancia entre la pupila PU del ojo y el punto C, siendo medida esta distancia de una de las maneras mencionadas precedentemente.

En una variante, se podría aún prever que, durante la captura de imagen, el aparato de captura de imagen 1 esté orientado de tal manera que el punto notable esté centrado sobre una marca descentrado del sistema de visión del aparato de captura de imagen 1 de tal manera que el eje óptico AO del aparato de captura de imagen 1 se confunda con la recta de observación DO. El descentrado es entonces nulo, así como el valor del ángulo BETA.

Además se ha previsto ventajosamente un método de auto-diagnóstico de integridad geométrica del accesorio de referencia y, por tanto, de la validez de los cálculos efectuados. En efecto, el accesorio de referencia 20 que posee al menos cuatro marcas 33, 38, 46 y 47, una imagen cualquiera de este accesorio de referencia 20 da ocho coordenadas para estas cuatro marcas representadas en dos dimensiones. Estas ocho coordenadas permiten definir un sistema de ocho ecuaciones gracias a las etapas de calibrado descritas precedentemente. La determinación de la posición relativa del accesorio de referencia 20 con respecto al aparato de captura de imagen corresponde a la determinación de solamente seis incógnitas (tres traslaciones y tres rotaciones). El sistema de ocho ecuaciones con seis incógnitas está por tanto sobre-determinado, y su resolución da un residuo. Un cálculo de este residuo permite un auto-diagnóstico que recae sobre la validez de los resultados obtenidos por resolución de este sistema. En efecto, si el modelo determinado durante el calibrado del accesorio de referencia representa correctamente la geometría de este accesorio de referencia en el momento de la medición, el valor de este residuo es muy pequeño. Un residuo muy pequeño muestra por tanto que el accesorio de referencia no ha sido deformado desde la etapa de calibrado. Por el contrario, si el valor del residuo es grande, el accesorio de referencia no corresponde ya al modelo determinado durante el calibrado, lo que significa que el accesorio de referencia ha sido deformado. En este caso, sistema emite una alerta que señala que la medición corre el riesgo de ser falsa y sugiere efectuar un nuevo calibrado del accesorio de referencia en el estado de antes de realizar una nueva medición.

Una variante de este método de auto-diagnóstico consiste en añadir dos incógnitas al sistema. Se puede elegir por ejemplo medir una componente en z para las dos marcas 46 y 47 de las extremidades del estribo 21, lo que corresponde a una deformación en flexión del accesorio de referencia 20 alrededor de un eje vertical transversal al eje del "unicornio" 30. Se introducen entonces dos parámetros zd y zg tales que las coordenadas de las marcas 47 y 46 se escriben respectivamente (d, o, zd) y (-g, 0, zg) en el sistema de referencia del accesorio de referencia 20. El sistema de ocho ecuaciones posee así ocho incógnitas y no está ya sobre-determinado. Las coordenadas de las componentes en z de las marcas 46 y 47 son determinadas durante la resolución del sistema, y comparadas a las del modelo del accesorio de referencia determinado por el calibrado. Si las coordenadas calculada son diferentes de las del modelo, el accesorio de referencia ha sido deformado. Esta deformación es cuantificada aquí y el sistema puede emitir una alerta si la diferencia de las coordenadas de los componentes en z de las marcas 46 y 47 rebasan un cierto umbral.

El principio de este método de auto-diagnóstico puede ser aplicado a otras partes o sub-partes del accesorio de referencia que incluyen un juego de marcas adecuadas y modeladas por un juego de parámetros. Reposa sobre la

elección previa de un modo de deformación probable. Se puede considerar por ejemplo que el accesorio de referencia no se deforma en alargamiento según la dirección transversal del estribo, pero se deforma fácilmente por curvatura o torsión.

5 Se obtiene así una medición de distancia y de nueva puesta a escala correcta, lo que permite asegurar medidas de geometría de montura y de morfología del usuario exactas y precisas.

10 Ventajosamente, el modelo del accesorio de referencia puede ser afinado por un método de entrenamiento. El modelo del accesorio de referencia contiene varios parámetros globales, de los cuales un juego de parámetros físicos y un juego de parámetros ajustables corresponden respectivamente a partes rígidas no deformables y a partes flexibles deformables del accesorio de referencia. El principio de mejora del modelo por entrenamiento consiste en utilizar una serie de imágenes sobre las que el accesorio de referencia conserva la misma geometría. Los parámetros físicos son por definición los mismos para todas las imágenes, y los parámetros ajustables determinados a partir de las imágenes debería ser idénticos para toda la serie de imágenes considerada. Si se captura un número suficiente de imágenes, el sistema es sobre-determinado, y el residuo puede ser explotado para evaluar la confianza en la medición, o aumentar eventualmente el modelo transformando parámetros físicos en parámetros ajustables en el caso en que el residuo resultante de la resolución del sistema es demasiado importante.

15 Las figs. 5 y 6 ilustran un segundo modo de realización del dispositivo y del procedimiento de medición según la invención. El dispositivo de medición es similar al que se ha descrito precedentemente con referencia a las figs. 3 y 4 y los elementos tomados se encuentran con las mismas referencias numéricas. Se han aportado dos modificaciones principales: por una parte, el aparato de captura de imagen 1 está desprovisto de inclinómetro integrado, por otra parte, el accesorio de referencia está provisto de un dispositivo de horizonte artificial 40.

20 El dispositivo de horizonte artificial 40 incluye una bola de referencia de horizonte 41 montada sobre el estribo 21 para girar libremente alrededor de un eje 42 paralelo al travesaño 24, y por tanto horizontal. Más precisamente, la bola 41 está montada entre las extremidades de dos ramas verticales de una horquilla 43 que se elevan en saliente desde el travesaño 24 a una parte y otra del pedestal 36, de tal manera que la bola 41 está en la vertical de este pedestal.

25 La bola 41 es lastrada, o vaciada asimétricamente, de tal manera que su centro de gravedad esté desplazado con relación a su eje de rotación 42. La bola 41 es por tanto llevada a conservar naturalmente, por efecto de la atracción gravitatoria, una posición angular fija con relación al plano horizontal PF, cualquiera que sea el ángulo de inclinación pantoscópico TETA de la montura.

30 La bola 41 presenta una superficie esférica que lleva una marca puntual 45 que, cuando la esfera 41 está en posición estabilizada de atracción gravitatoria, está situada en el vértice del hemisferio delantero formado por la parte delantera de la superficie de la bola 41 delimitada por el plano vertical que contiene el eje de rotación 42.

En servicio, el óptico captura una imagen de la cara del usuario equipada con la montura y con el accesorio de referencia, como se ha indicado anteriormente. Sobre la imagen capturada de la cara del usuario, como se ha representado en la fig. 7, aparece una imagen 41' de la bola de referencia de horizonte 41.

35 El software identifica, sobre la imagen capturada, la imagen 41' de la bola de referencia de horizonte 41, luego mide la separación vertical EV entre el centro 42' del contorno de la imagen 41' de la bola 41 (que corresponde a la imagen del centro 42 de la bola 41) y el centro de la imagen 45' de la marca 45, habida cuenta de la nueva puesta a escala. Esta separación es representativa del ángulo de estabilidad ALPHA del aparato de captura de imagen 1. Se tiene en efecto la relación:

40
$$\text{ALPHA} = \arcsen (EV/R) = \text{OMEGA}$$

45 donde R es el radio de la bola 41 y OMEGA el ángulo, llamado ángulo de observación de la bola, formado entre, por una parte, una recta de observación de la bola DOB que une el centro de la pupila 7 del aparato de captura de imagen 1 al centro 42 de la bola 41 y, por otra parte, el eje óptico AO del aparato de captura de imagen 1. Este ángulo de observación de bola OMEGA es directamente deducido por el software, habida cuenta de la nueva puesta a escala, de la medición, sobre la imagen capturada, de un descentrado de la imagen 42' del centro de la bola 41 con relación a un centro de imagen asociado al eje óptico AO del aparato de captura de imagen 1 y correspondiente a la imagen F' del punto de intersección F del eje óptico AO con el plano PM.

50 El software está además concebido para calcular, a partir de la imagen capturada, un ángulo de balanceo absoluto de usuario LAMBDA del accesorio de referencia 21 y por tanto de la cabeza del usuario en postura natural. Este ángulo LAMBDA está representado en la fig. 5 y corresponde al ángulo formado por la recta de boxing superior HOM que une las partes superiores de los patines en V 28, 29 con su proyección ortogonal sobre el plano horizontal terrestre HOT. Este ángulo de balanceo absoluto de usuario LAMBDA en postura natural del usuario es útil para el cálculo óptico y/o la adaptación de las lentes al usuario y a la montura elegida.

55 El ángulo de balanceo absoluto de usuario LAMBDA es determinado de la manera siguiente por el software de tratamiento de imagen y de cálculo instalado sobre el ordenador 8.

Se define una línea de horizonte interno HOA unida al aparato de captura de imagen 1, que constituye un parámetro interno del software interno del aparato 1 y que es unida a la imagen capturada, de tal manera que esta línea HOA sea paralela al plano horizontal terrestre HOT cuando el ángulo absoluto de balanceo del aparato de captura de imagen 1 es nulo.

5 El software determina el ángulo de balanceo relativo KAPPA del accesorio de referencia 21 en el sistema de referencia del aparato de captura de imagen 1. Como se ha ilustrado por las figs. 8 y 9, Este ángulo KAPPA es el formado, sobre la imagen capturada, entre la línea de horizonte interno HOA del aparato de captura de imagen 1 y la imagen de una recta de horizonte cualquiera unida al usuario (directa o indirectamente) tal como la imagen HOM' de la recta HOM unida al accesorio 21 y a la montura 10 o aún la recta que une las imágenes de las marcas 46, 47. Esta recta de horizonte unida al usuario es determinada por un simple tratamiento de imagen a partir de puntos característicos identificables por el software.

El software determina a continuación un ángulo de balanceo absoluto de aparato DELTA del aparato de captura de imagen 1 alrededor de su eje óptico AO o alrededor de la proyección de su eje óptico sobre un plano horizontal. Este ángulo es el que forma la línea de horizonte interna HOA con su proyección sobre el plano horizontal terrestre HOT.

15 Este ángulo DELTA puede ser determinado de diferentes maneras.

El ángulo DELTA puede por ejemplo ser captado directamente por un inclinómetro que equipa el aparato de captura de imagen 1, como se ha mencionado precedentemente para la determinación del ángulo de estabilidad del aparato de captura de imagen 1.

20 El software calcula entonces por adición o sustracción del ángulo de balanceo absoluto de aparato DELTA y del ángulo de balanceo relativo KAPPA (según los convenios de signos) el ángulo de balanceo absoluto de usuario LAMBDA del accesorio de referencia 21 y por tanto de la cabeza del usuario en postura natural.

25 En un perfeccionamiento ilustrado por la fig. 8, se puede prever que el software determina el ángulo de balanceo absoluto de aparato DELTA del aparato de captura de imagen 1, sin captador propio implantado sobre el aparato 1, sino a partir de la imagen capturada. Para ello, se pueden por ejemplo prever las disposiciones siguientes. La bola de referencia de horizonte 41 es montada para girar libremente alrededor de un segundo eje de rotación horizontal perpendicular al eje 42. Este segundo eje de rotación es paralelo a la recta de observación al infinito DOI. La bola de referencia de horizonte está además lastrada o vaciada asimétricamente, de tal manera que su centro de gravedad esté desplazado con relación a este segundo eje de rotación. La bola 41 es por tanto llevada a conservar naturalmente, por efecto de atracción gravitatoria, una posición angular fija con relación al plano horizontal PF, cualquiera que sea el ángulo absoluto de balanceo de la montura.

30 En una variante, se puede utilizar un nivel de burbuja circular, del tipo propuesto por la sociedad LEVEL DEVELOPMENT, de referencia AV12 230', asociado a un espejo de reenvío a 45°. La burbuja es entonces el elemento análogo de la marca puntual 45.

35 Para calcular el ángulo de balanceo absoluto de aparato DELTA, el software mide, sobre la imagen capturada, tal como se ha representado en la fig. 8, el desplazamiento horizontal Eh (según la línea de horizonte interno HOA) de la imagen 45' de la marca puntual 45 con relación al centro de la imagen 41' de la bola 41. Alternativamente, el software puede también calcular por tratamiento de la imagen el ángulo entre la línea de horizonte interno HOA y la recta que une el centro geométrico de la imagen de la bola 41 al centro de la imagen de la marca 45'. El complementario de este ángulo corresponde al ángulo de balanceo absoluto del aparato DELTA buscado.

40 En una variante ilustrada por la fig. 9, se puede también prever ventajosamente que la superficie de la bola de referencia 41 está, además de la marca puntual 45, provista de una marca lineal de latitud 48 que es paralela al plano horizontal terrestre HOT cuando el ángulo de balanceo absoluto de usuario LAMBDA es nulo, es decir en este caso cuando la recta HOM es sensiblemente horizontal. La orientación de la imagen 48' de la marca de latitud 48 sobre la imagen capturada es entonces representativa del ángulo de balanceo absoluto de aparato DELTA del aparato de captura de imagen 1.

45 La fig. 9 ilustra, en esta hipótesis, la imagen capturada por el aparato de captura de imagen 1. Se ha anotado como HOT la tangente a la imagen 48' de la marca de latitud 48 en su intersección con la imagen 45' de la marca puntual 45. Esta tangente HOT es representativa del horizonte terrestre. El ángulo de balanceo absoluto de aparato DELTA buscado es el ángulo que forma la tangente de horizonte HOT con la línea de horizonte interno HOA del aparato de captura de imagen 1. Es calculado como tal por tratamiento de la imagen capturada.

50 El software calcula por otra parte el ángulo de perfil de la montura 10. Se sabe que el ángulo de perfil de la montura corresponde globalmente al ángulo del diedro formado por los planos medios de los dos aros (o de los dos cristales de presentación en el caso de gafas de montaje perforado, sin aros).

55 El software detecta a este efecto, sobre la imagen capturada, la posición de la extremidad 34, 35 de cada "unicornio" lateral 31, 32 y calcula la distancia horizontal entre esta extremidad 34, 35 del "unicornio" lateral 31, 32 considerada, por una parte, y la base 90, 91 de este "unicornio", por otra parte. Estas separaciones respectivas de las extremidades 34, 35

de los "unicornios" laterales 31, 32 al plano de simetría PS son representativas de los ángulos de orientación horizontal, es decir alrededor de la vertical, de los "unicornios" laterales 31, 32. Como los "unicornios" laterales 31, 32 son solidarios de los patines 28, 29 que se orientan por sí mismos alrededor de la vertical en correspondencia con el plano medio de cada uno de los aros 11 de la montura (o de los cristales de presentación correspondientes en el caso de gafas de montaje perforado, sin aros), el software deduce entonces de las posiciones de las extremidades 34, 35 de los "unicornios" laterales 31, 32, la orientación de cada uno de los aros 11 de la montura alrededor de la vertical y, en consecuencia, el perfil de la montura.

El software puede por otra parte, ventajosamente operar correcciones de anamorfosis de la imagen resultante de los defectos horizontal y vertical de paralelismo del plano de captura de imagen PCI con el plano del estribo 21 o, dicho de otro modo, por el hecho de que la toma de vista no es efectuada de frente. El software puede a este efecto por ejemplo explotar la imagen del "unicornio" central 30 para cuantificar el defecto de paralelismo de este "unicornio" central con relación al eje óptico AO y deducir de ello una matriz de corrección de la anamorfosis de la imagen.

La fig. 10 ilustra una variante del segundo modo de realización del dispositivo y del procedimiento de medición según la invención. El dispositivo de medición es similar al que ha sido descrito precedentemente con referencia a las figs. 3 y 4 y los elementos tomados se encuentran con las mismas numéricas. Se han aportado dos modificaciones principales: por una parte, el travesaño horizontal ha sido escindido en dos elementos de travesaños horizontales 54 y 53 cuyas separación es regulable, y por otra parte, el accesorio de referencia 20 ha sido provisto de un dispositivo de horizonte artificial 60 utilizando un dispositivo de péndulo de dos cuchillas 70.

El accesorio de referencia 20 puede ser aquí adaptado a la anchura de la montura de gafas sobre la que está fijado. Los dos elementos de travesaños 54 y 53 se extienden en un plano sensiblemente horizontal y están prolongados en un plano sensiblemente vertical por dos montantes 25 y 39 cuyas extremidades apuntan hacia abajo. Como en el modo de realización representado en la fig. 3, dos palancas de bloqueo 22 y 23 están montadas sobre las extremidades de los montantes 25 y 39, y de los patines 26, 28 y 27, 29 en forma de V y provistas de un revestimiento antideslizante que equipa respectivamente la palanca 22, el elemento de travesaño horizontal 54, la palanca 23 y el elemento de travesaño horizontal 53. Unos "unicornios" laterales 31, 32, están montados sobre partes salientes 55, 56 de los elementos de travesaños horizontales 54, 53 para pivotar alrededor de un eje vertical A1 y A2, como en el modo de realización representado en la fig. 3. La fijación del accesorio de referencia 20 y la determinación de la componente horizontal de la orientación de este dispositivo gracias a los "unicornios" 31 y 32 se hacen por tanto aquí de la misma manera que en el modo de realización ligado a la fig. 3.

En la variante del accesorio libre de referencia 20 descrito en la fig. 10, los dos elementos de travesaños 53 y 54 presentan una perforación terrajada que desemboca en su extremidad libre para permitir su cooperación con un vástago fileteado 51. Este vástago fileteado 51 está provisto de una moleta central 50, solidaria de dicho vástago fileteado. El accionamiento por rotación de esta moleta 50 permite roscar el vástago fileteado 51 en el interior de la perforación terrajada de los elementos de travesaños 53, 54, o desenroscarlo. Esto permite por tanto aumentar o reducir la longitud del vástago fileteado 51 comprendida entre las dos extremidades libres de los elementos del travesaños horizontales 54 y 53. La longitud total del accesorio de referencia 20 según el eje común de los elementos de travesaños horizontales puede entonces ventajosamente ser ajustada, de manera que los patines 26, 28 y 27, 29 sean posicionados en la vertical de la pupila concernida del usuario, sensiblemente al nivel del centro de las lentes llevadas por la montura de gafas. Esto asegura que los ángulos medidos por el dispositivo corresponden bien a los buscados que forman el plano tangente a la lente en el punto de centrado pupilar y no sean falseados por un defecto de montaje del accesorio de referencia 20 sobre la montura de gafas 10.

El dispositivo de horizonte artificial 60 es una variante del dispositivo de bola presentado precedentemente. Es llevado por un soporte 60 que comprende dos partes laterales horizontales 61 y 62, cuatro plaquitas de cierre 81, 82, 83, 84 y un promontorio 67. Las dos partes laterales horizontales 61, 62 en forma de U rodean los elementos de travesaños horizontales 53 y 54 de manera que el fondo de las partes laterales en U reposa sobre ellos. Cuatro plaquitas de cierre 81, 82, 83, 84 cierran estas partes laterales en U alrededor de los elementos de travesaños 53, 54. Estas plaquitas están posicionadas a una y otra parte de las partes salientes 55, 56 de manera que delimiten entre ellas aberturas 64 y 63 donde los elementos de travesaños 53, 54 pueden deslizar. El recorrido de los elementos de travesaños 53, 54 está limitado por la llegada a tope de las partes salientes 55, 56 contra las plaquitas de cierre 81 a 84. El promontorio 67 del dispositivo de horizonte artificial 60 soporta por una parte un "unicornio" 30 provisto de una marca contrastada 33 en su extremidad, y por otra parte un péndulo de dos cuchillas 70.

El péndulo de dos cuchillas 70 comprende un marco 77 montado móvil alrededor de un eje A3 paralelo al eje común de los elementos de travesaños horizontales, gracias a dos dedos 75 que reposan en dos cunas en V 74 previstas sobre el promontorio 67 según el eje A3. En el interior de este marco 77, una pirámide de base cuadrada 73 cuya punta está girada hacia abajo, hacia el interior del elemento de referencia 60, está montada para pivotar alrededor del eje A4 gracias a dos dedos que reposan en dos cunas en V 78 del marco 77. Esta pirámide es tal que su centro de gravedad está situado por debajo del eje de rotación A4, aunque sufre un efecto de atracción gravitatoria similar al descrito precedentemente en el caso del horizonte artificial de bola. Los dedos 75 del marco 77 son colocados en las cunas 74 gracias a las ranuras 76 que permiten hacer deslizar el marco 77 en el centro del promontorio 67. La pirámide 73 es colocada en las cunas en V 78 previstas en el marco 77 y es mantenida por una tapa 71 que recubre el marco 77. Un

vástago 72 está fijado sobre la base de la pirámide 73 y apunta hacia arriba. Los dos grados de libertad del vástago 72 aseguran que éste queda sensiblemente vertical. La orientación de este vástago 72 es por tanto una referencia del eje vertical sobre las imágenes capturadas del accesorio de referencia 20. El ángulo entre el vástago 72 y la cara delantera del marco 77 informa por tanto sobre la inclinación del accesorio de referencia 20 alrededor del eje A4, es decir el ángulo de estabilidad. La inclinación del accesorio de referencia 20 alrededor del eje A3, es decir el ángulo de balanceo, puede ser estimada midiendo la altura de la cara delantera del marco 77 con relación a las dos partes laterales 61, 62.

El accesorio de referencia 20 lleva cinco marcas contrastadas. Además de las descritas en la fig. 3, la marca 33 llevada por el "unicornio" 30, y las marcas 46, 47 llevadas por los montantes verticales 25, 26, otras dos marcas 65 y 66 están situadas en las extremidades de los elementos de soporte 62 y 63 que rodean a los elementos de travesaños horizontales 54 y 53, sobre su cara delantera (sensiblemente perpendicular al plano sagital PSAG). Las posiciones respectivas en el espacio de tres dimensiones de las marcas 33, 46, 47, 65 y 66 constituyen características geométricas conocidas que son memorizadas como parámetros físicos del software de cálculo instalado sobre el ordenador 8.

La presente invención no está limitada a ninguna forma a los modos de realización descritos y representados, sino que el experto en la materia sabrá aportar a ella cualquier variante conforme a su espíritu.

Se podrá prever en particular ventajosamente que el dispositivo y el procedimiento sean concebidos para funcionar para una orientación del plano de Frankfurt que no es paralela al plano horizontal terrestre. Basta en esta hipótesis medir el ángulo de inclinación del plano de Frankfurt con relación a la horizontal terrestre y corregir en función de este ángulo el ángulo de estabilidad ALPHA y el ángulo de observación absoluto GAMMA. Se puede, en particular, a este efecto prever que el software de tratamiento y de cálculo deduzca una posición de cabeza previsible del usuario a partir del ángulo absoluto de visión que forma la dirección de la mirada (o recta de visión DV) con la horizontal durante la captura de imagen, habida cuenta de una función de correlación de comportamiento extraída de un ábaco genérico o de un análisis de comportamiento personalizado del usuario en cuestión.

Aunque, en los ejemplos dados precedentemente, la medición del ángulo vertical de observación absoluto sea realizada a partir de la medición del ángulo de estabilidad del aparato de captura de imagen, es igualmente posible prever que la medición del ángulo vertical de observación absoluto sea realizada a partir de la medida de la altitud al menos relativa del aparato de captura de imagen con respecto a la cabeza del usuario. En este caso, hay previstos medios de medición, como por ejemplo un sistema de medición del tipo de los comercializados por la sociedad Polhemus o cualquier otro sistema de telemetría por ultrasonidos, láser, triangulación, estígrómetro del tipo Dodin o análogo, para medir la posición vertical del aparato de captura de imagen y estos medios se sustituyen en el inclinómetro o en el horizonte artificial que son utilizados en los ejemplos precedentemente descritos y que resultan entonces superfluos.

De manera más general, se puede prever que el software mida, a partir de la única imagen capturada fundamentalmente, la posición y la orientación del aparato de captura de imagen, y en particular su ángulo de inclinación vertical (estabilidad) y/o horizontal (balanceo), midiendo una deformación unida a la perspectiva de al menos un objeto conocido presente en el campo del aparato de toma de imagen. Por ejemplo, unas líneas (típicamente, verticales y/o horizontales) y paralelas entre si son posicionadas detrás del usuario y el software mide, sobre la imagen capturada, el ángulo entre las imágenes de estas rectas sobre la imagen capturada, lo que le permite deducir de ello la inclinación vertical del aparato de captura de imagen. A título de ejemplo, las líneas verticales permanecen paralelas sobre la imagen únicamente cuando el ángulo de inclinación vertical (estabilidad) del aparato de fotos es nulo.

En el ejemplo ilustrado, el par de gafas es de tipo con aro, es decir que las lentes están montadas en los aros de la montura. En una variante, el par de gafas de presentación puede ser de tipo perforado, es decir que las lentes están perforadas y fijadas cada una, a favor de las perforaciones así realizadas, en una extremidad del puente nasal y en una extremidad de la patilla correspondiente de la montura. El procedimiento descrito puede igualmente ser aplicado en el caso de tal par de gafas de tipo perforado. En este caso, el accesorio de referencia es fijado directamente sobre la lente de presentación correspondiente. Los cálculos o mediciones realizados relativamente a los aros (geometría, orientación) en la descripción anterior son entonces realizados con relación a las lentes de presentación montadas sobre la montura de tipo perforado.

El sistema de tratamiento y de cálculo de la imagen adquirida consiste, en el ejemplo ilustrado, en un microordenador sobre el que está instalado un software de tratamiento y de cálculo de la imagen adquirida. En una variante, se puede prever que el sistema de tratamiento y de cálculos sea un sistema autónomo que incluye, por una parte, una pantalla de presentación para comunicar los resultados obtenidos y, por otra parte, un sistema de conexión para permitir comunicar estos resultados a otros aparatos. Se puede prever igualmente en el caso de un sistema autónomo de tratamiento que este sistema esté integrado o no en los medios de captura de imágenes.

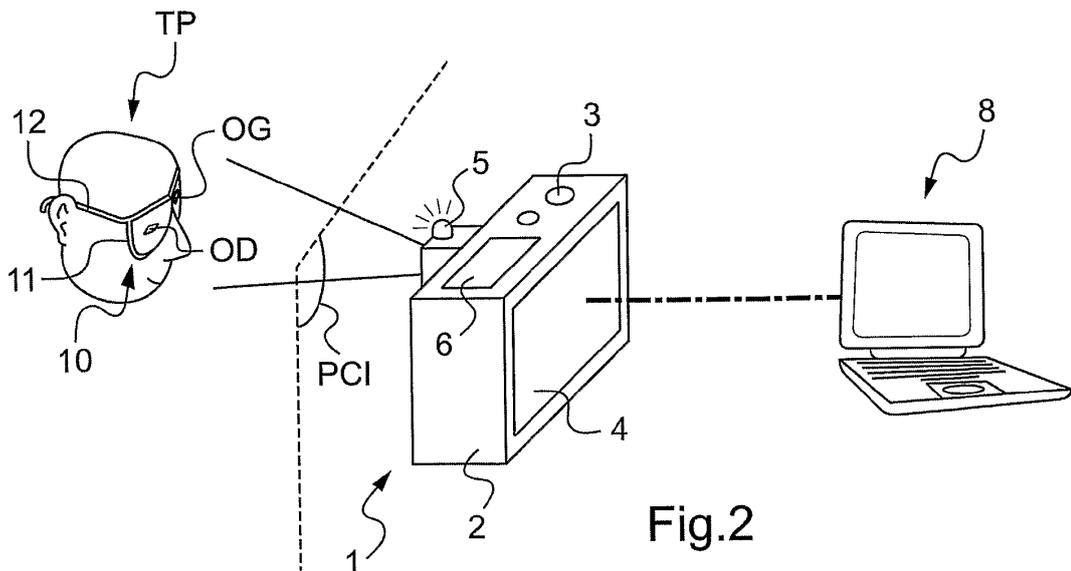
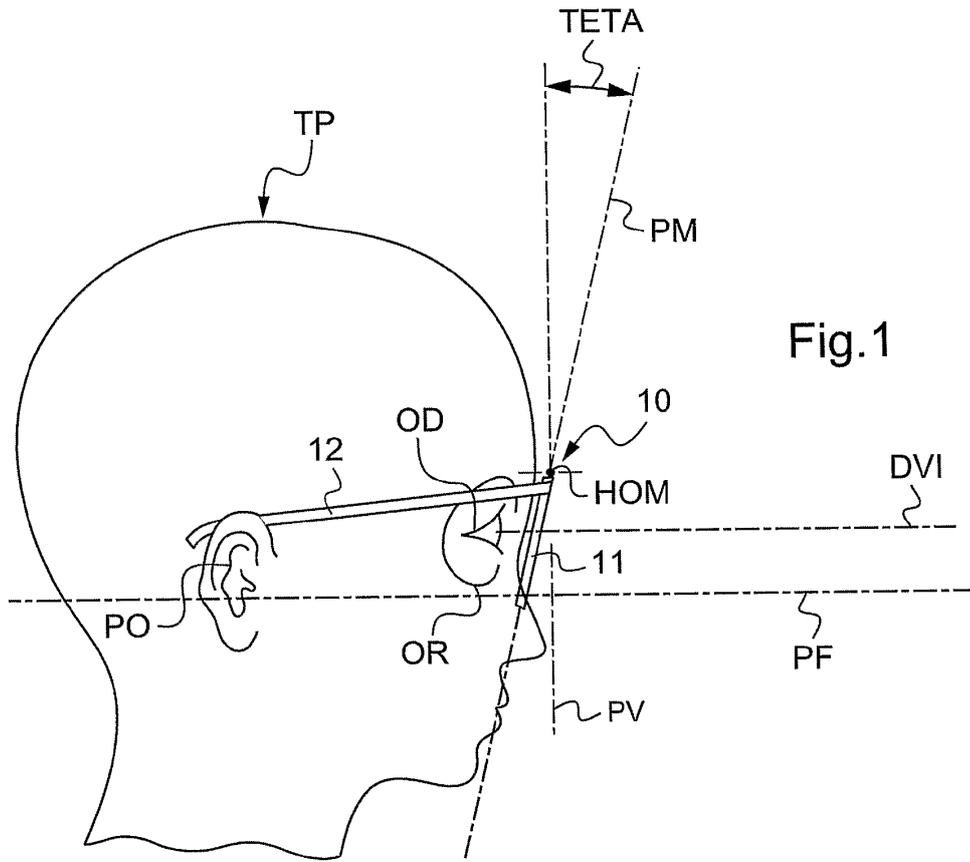
Finalmente, el orden de ejecución de las operaciones no es limitativo y el experto en la técnica sabrá modificarlo a su manera preservando siempre la coherencia de conjunto del procedimiento.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de medición de al menos un parámetro geométrico-fisonómico (H, TETA) de implantación de una montura (10) de gafas de corrección visual sobre la cara de un usuario con vistas al montaje y/o cálculo personalizado de las lentes correctoras asociadas a esta montura, que incluye una operación de captura de una imagen digital sensiblemente frontal de la cara del usuario equipada al menos con la montura (10), por medio de un aparato de captura de imagen (1), y una operación de cálculo del parámetro geométrico-fisonómico (H, TETA) a partir de un tratamiento de la imagen capturada, caracterizado por que el cálculo del parámetro geométrico-fisonómico (H, TETA) incluye una identificación sobre esta imagen, de la imagen de un punto notable predeterminado (RC), directa o indirectamente asociado a la cara del usuario o a la montura, y toma en consideración una magnitud representativa del ángulo vertical de observación absoluto (GAMMA) que forma una recta de observación (DO), que une la pupila (7) del aparato de captura de imagen (1) y el punto notable (RC), con su proyección sobre un plano horizontal (PF).
2. Procedimiento según la reivindicación precedente, en el que el aparato de captura de imagen (1) es un aparato portátil sostenido en la mano por un operador durante la captura de imagen.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que, para medir el ángulo vertical de observación absoluto (GAMMA), se mide un ángulo de estabilidad (ALPHA) que forma el eje óptico (AO) del aparato de captura de imagen (1) por su proyección sobre el plano horizontal (PF).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que, la medición del ángulo de estabilidad (ALPHA) es proporcionada por un inclinómetro que equipa el aparato de captura de imagen, adaptado para proporcionar una señal representativa del valor tomado por el ángulo de estabilidad (ALPHA) en el momento de la captura de imagen.
5. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que, previamente a la captura de imagen, se equipa a la cabeza del usuario (TP) con un dispositivo de horizonte artificial (40) que incluye un elemento de referencia de horizonte (41) móvil en rotación alrededor de un eje (42) perpendicular al plano sagital (PSAG) y adaptado para conservar una posición fija con relación al plano horizontal (PF), teniendo este elemento de referencia de horizonte una característica geométrica conocida, y en el que, después de la captura de imagen, se identifica, sobre la imagen capturada, la imagen de este elemento de referencia de horizonte (41), se mide una característica geométrica (Ev) de esta imagen correspondiente a la característica geométrica conocida de este elemento de referencia de horizonte y se calcula el ángulo de estabilidad (ALPHA) en función de la característica geométrica medida de la imagen capturada y de la característica geométrica conocida del elemento de referencia de horizonte.
6. Procedimiento según la reivindicación precedente, en el que el cálculo del ángulo de estabilidad (ALPHA) es además función de un ángulo de observación relativo de referencia (OMEGA) formado entre, por una parte, una recta de observación (DOB) que pasa por un punto del elemento de referencia de horizonte (41) y por la pupila (7) del aparato de captura de imagen (1) y, por otra parte, el eje óptico (AO) del aparato de captura de imagen (1), siendo deducido este ángulo de observación relativo (BETA) de la medición, sobre la imagen capturada, de un descentrado de la imagen del elemento de referencia de horizonte (41) con relación a un centro de imagen asociado al eje óptico (AO) del aparato de captura de imagen (1).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que, para medir el ángulo vertical de observación absoluto (GAMMA), se combina el ángulo de estabilidad (ALPHA) con un ángulo de observación relativo (BETA) formado entre la recta de observación (DO) y el eje óptico (AO) del aparato de captura de imagen (1), siendo deducido este ángulo de observación relativo (BETA) de la medición, sobre la imagen capturada, de un descentrado de la imagen del punto notable (RC) del ojo con relación a un centro de imagen asociado al eje óptico del aparato de captura de imagen (1).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que, para medir el ángulo vertical de observación absoluto (GAMMA), se hace de manera que, durante la captura de imagen, el aparato de captura de imagen (1) esté orientado de tal forma que el punto notable (RC) esté centrado sobre una marca de centrado del sistema de visión del aparato de captura de imagen (1), siendo entonces el ángulo vertical de observación absoluto (GAMMA) igual al ángulo de estabilidad (ALPHA).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que, para medir el ángulo vertical de observación absoluto (GAMMA), se mide una altitud al menos relativa del aparato de captura de imagen (1) con relación a la cabeza del usuario.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el parámetro geométrico-fisonómico incluye la altura (H) de un punto notable (PU) del ojo con relación a la montura y/o el ángulo de inclinación pantoscópico (TETA) que forma el plano general de la montura o de la lente (PM) con relación a vertical.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que se dispone sobre la montura un elemento de referencia pantoscópico (30, 33, 36, 38) que posee al menos una característica geométrica conocida y que está dispuesto de tal manera que la imagen frontal capturada por medio del aparato de captura de imagen (1) integra una imagen del elemento de referencia pantoscópico (30, 33, 36, 38) y en el que, al ser tratada la imagen del elemento de

referencia (30, 33, 36, 38) para medir una característica geométrica dependiente de la característica geométrica conocida, el cálculo del parámetro geométrico-fisonómico es función de la característica geométrica medida y de la característica geométrica conocida del elemento de referencia.

- 5 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el cálculo del parámetro geométrico-fisonómico (H, TETA) tiene en cuenta un factor de escala que da, en la configuración de captura de imagen, la proporcionalidad entre una dimensión real de un elemento geométrico cuya imagen es capturada y el número de píxeles de la imagen de este elemento según la dirección de la dimensión considerada.



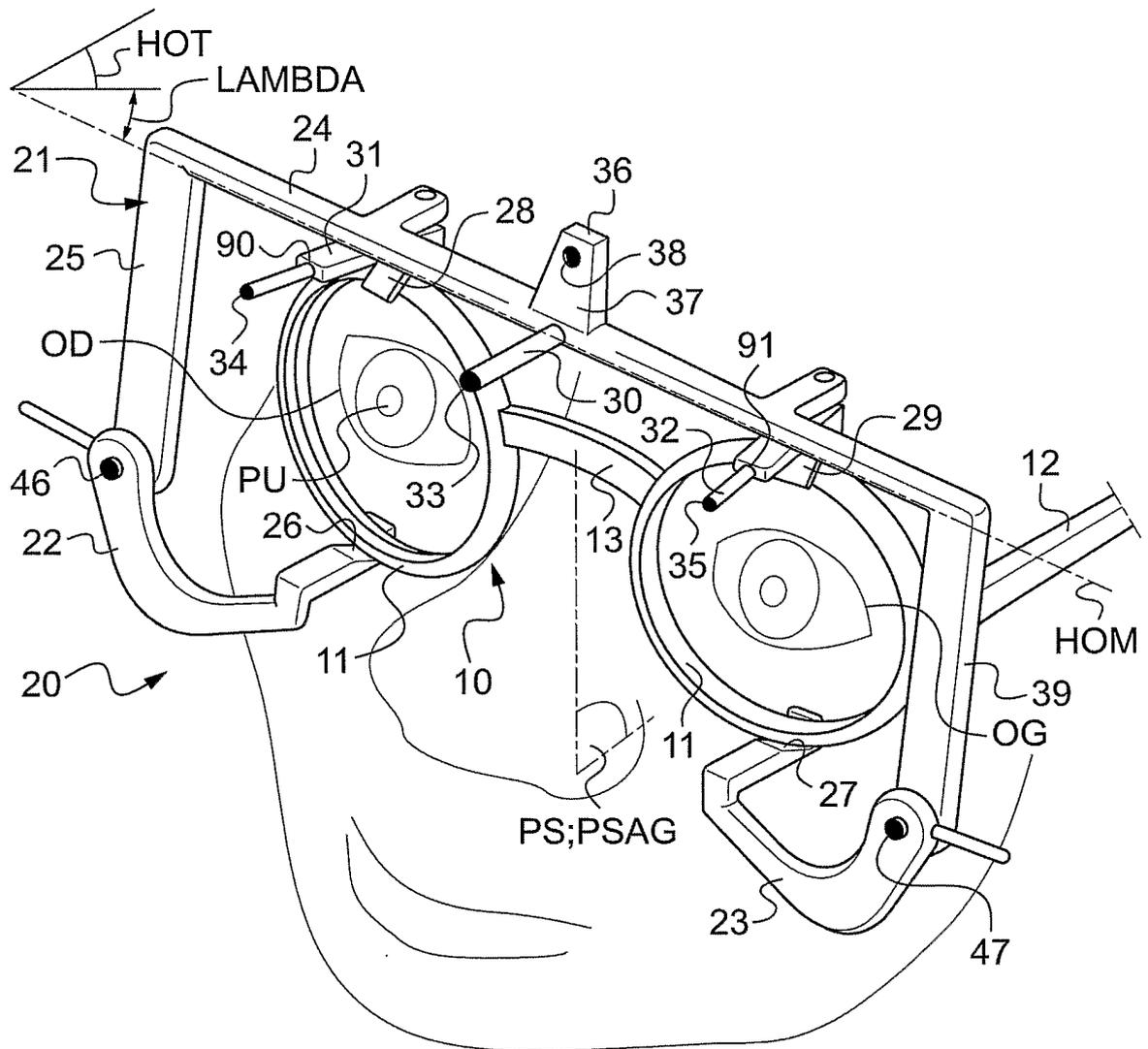


Fig.3

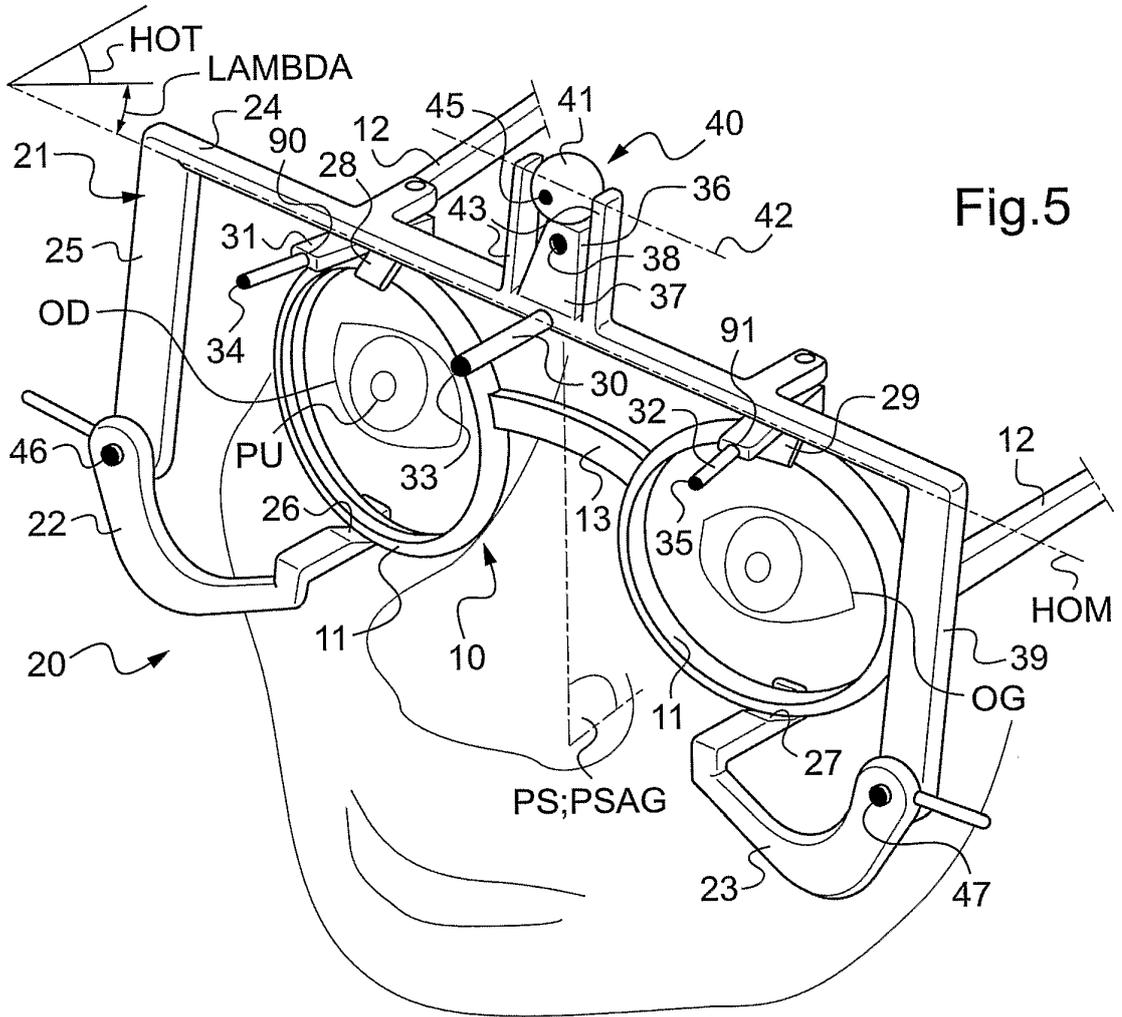


Fig.5

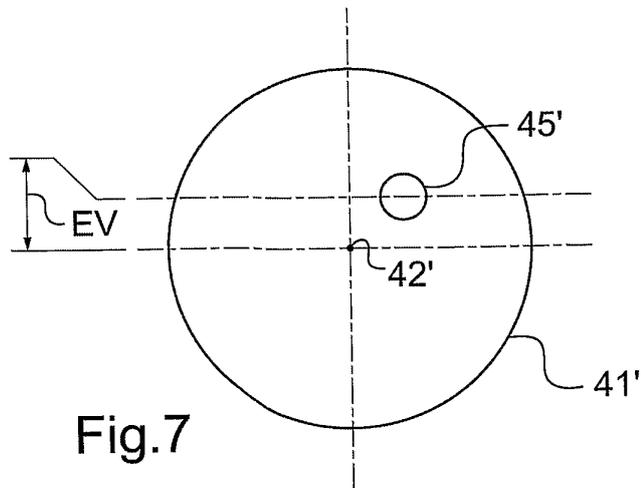


Fig.7

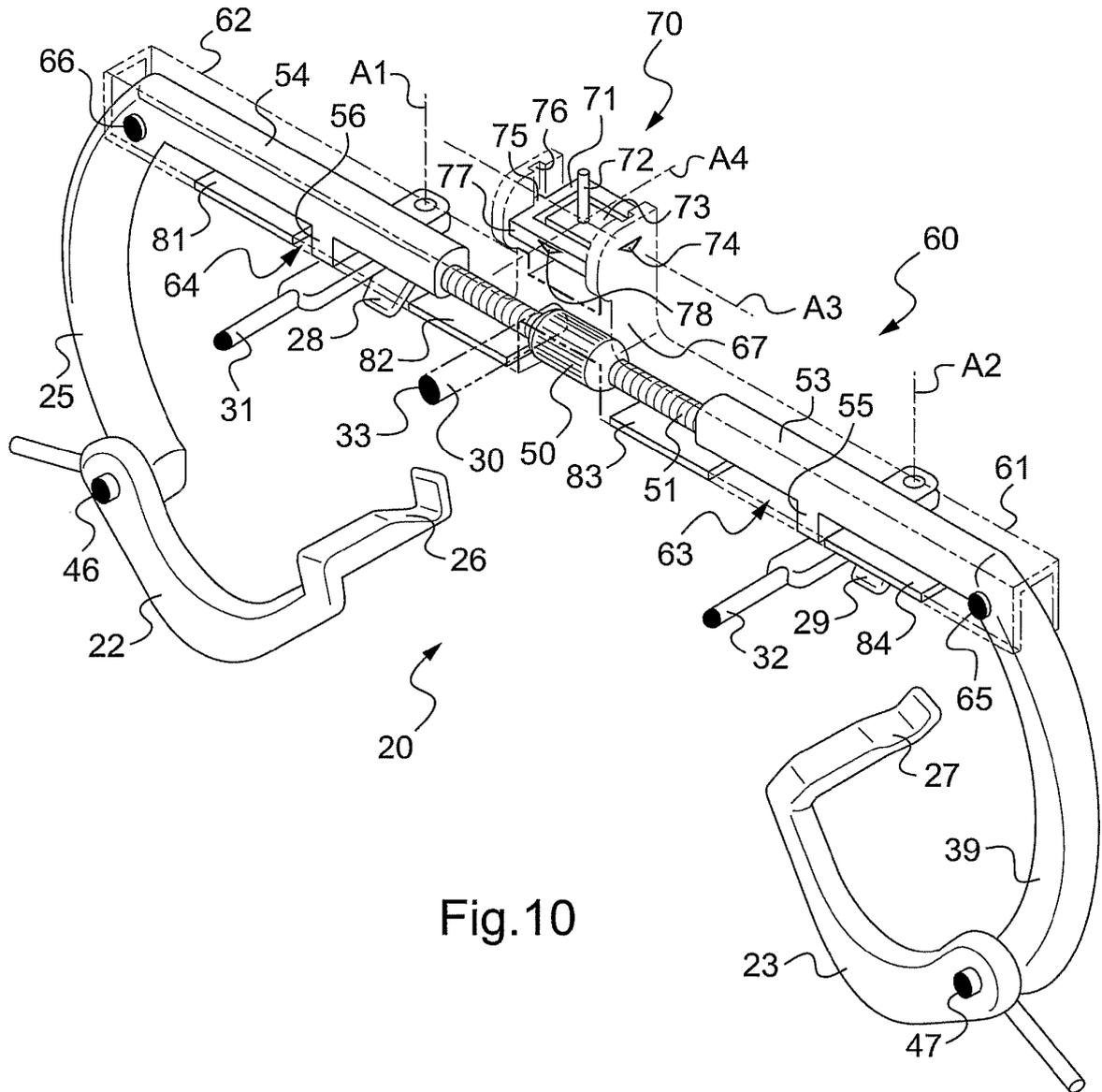


Fig.10