

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 405 980**

51 Int. Cl.:

A61B 3/113 (2006.01)

A61B 3/14 (2006.01)

G02C 13/00 (2006.01)

A61B 3/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2008 E 08787855 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013 EP 2134249**

54 Título: **Procedimiento de medición de la posición según una dirección horizontal del plano sagital del centro de rotación de un ojo de un sujeto**

30 Prioridad:

30.03.2007 FR 0702335

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

04.06.2013

73 Titular/es:

**ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE
GENERALE D'OPTIQUE) (100.0%)
147 RUE DE PARIS
94220 CHARENTON LE PONT, FR**

72 Inventor/es:

CHAUVEAU, JEAN-PIERRE

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 405 980 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 la posición según una dirección horizontal del plano sagital del centro de rotación de un ojo de un sujeto.

Campo técnico al que se refiere la invención

La presente invención se refiere, de manera general, a la toma de mediciones geométrico-morfológicas sobre un sujeto. Prevé más particularmente un procedimiento de medición de la posición de un punto relevante del ojo del sujeto. Encuentra aplicación particular, pero no exclusiva, en la toma de mediciones geométrico-morfológicas para un futuro portador de gafas, con vistas a la concepción óptica personalizada de lentes oftálmicas correctoras para montar en la montura elegida por este futuro portador.

Antecedentes tecnológicos

Durante la concepción óptica de una lente oftálmica correctora, se busca actualmente tener más en cuenta unos parámetros geométrico-morfológicos individuales, denominados concepción óptica personalizada, vinculados al portador y a la montura que éste ha elegido. Estos parámetros comprenden en particular la configuración espacial de la lente con respecto a la cabeza del portador, en las condiciones de utilización. Esta configuración espacial se determina por (i) la orientación de la lente con respecto al ojo correspondiente del portador y (ii) la distancia entre la lente y el ojo correspondiente del portador.

Para determinar esta configuración espacial, el óptico coloca un par de gafas de presentación sobre la nariz del portador. Las gafas de presentación comprenden la montura seleccionada por el portador y unas lentes no correctoras montadas en los cercos de la montura.

La medición de la distancia entre cada lente y el ojo correspondiente del portador se efectúa manualmente: el óptico observa al portador de perfil, y realiza una medición estimada, por medio de una cinta métrica, de la distancia entre la córnea y la cara trasera de la lente de presentación.

Se ha propuesto automatizar esta medición fotografiando de perfil al portador y tratando la imagen así adquirida para intentar determinar la distancia que separa la lente del ojo. Sin embargo, la operación de tratamiento de imagen ha resultado poco fiable en la medida en que los cercos y las patillas de la montura pueden ocultar el ojo y en la que el reconocimiento del punto de la cara trasera de la lente frente al ojo resulta peligroso. Además, la toma de vista de perfil del portador se añade a otras mediciones geométrico-morfológicas sobre el portador, tales como la medición de las distancias interpupilares y las alturas de los ojos, de la forma de la montura, del ángulo pantoscópico de cada lente cuando se usa (ángulo que forma el plano general de la lente con respecto a la vertical), o también el comportamiento visual del portador (en particular su tendencia a mover más o menos los ojos o la cabeza cuando escruta el campo visual). Ahora bien, la totalidad o parte de estas otras mediciones se pueden efectuar por medio de una o varias tomas de frente del portador. La solicitante se ha fijado por lo tanto como objetivo, en el marco de la presente invención, proponer un método que permita efectuar una medición de la distancia entre el ojo y la lente a partir de tomas de vista globalmente frontal, y no de perfil.

Por otra parte, la distancia que separa la pupila de la cara trasera de la lente no es la magnitud más pertinente para realizar un cálculo de diseño óptico personalizado por trazados de radio de la lente correctora destinada a equipar la montura. En efecto, el movimiento del ojo es globalmente asimilable a una combinación de rotaciones alrededor de un punto particular denominado Centro de Rotación del Ojo (CRO). Es la posición de este punto la que desea conocer el diseñador de la lente para efectuar convenientemente su cálculo. Según la práctica actual, la posición del CRO se deduce de manera aproximada de la de la córnea, considerando un valor medio de radio del ojo, típicamente de aproximadamente 15 mm. Ahora bien, el radio del ojo varía sustancialmente de un individuo a otro, de modo que esta aproximación conduce a unos errores importantes que penalizan en gran medida la pertinencia del cálculo óptico personalizado.

Un aparato de medición del centro de rotación del ojo se conoce a partir del documento WO 2006/106248 A1, que describe un procedimiento y un dispositivo para la determinación del centro de rotación de un ojo (CRO) de una persona con respecto a una referencia relacionada con la persona o con su par de gafas, que permite la determinación del eje visual de esta persona en por lo menos dos direcciones no paralelas por medio de una diana visualizada y la definición de un punto óptimo denominado de cruce de estos ejes como centro de rotación del ojo, siendo medidas por lo menos dos posiciones relativas de esta diana (2) y de la cabeza de la persona. Dicha diana está constituida por una fuente de luz y está dispuesta en un extremo de un soporte tubular (3) cuyo otro extremo está destinado a estar dispuesto enfrente del ojo de la persona, soportando este soporte un primer sensor de posición (4), estando un segundo sensor de posición (7) destinado a ser colocado sobre la cabeza de la persona.

Otros procedimientos de medición del movimiento de los ojos son conocidos a partir de los documentos DE 10 2004 020 356 A1, EP 1 747 750 A1 y WO 02/09025 A1.

Objetivo de la invención

El objetivo de la presente invención es evitar la totalidad o parte de los inconvenientes citados anteriormente.

5 Para ello, se propone según la invención un procedimiento de medición de la posición, según una dirección horizontal del plano sagital, de un punto relevante de un ojo de un sujeto en un referencial relacionado con la cabeza de este sujeto, de acuerdo con la reivindicación 1.

10 El acercamiento de las imágenes de los primer y segundo puntos de referencia del ojo es representativo del desplazamiento angular aparente del ojo a partir de dos puntos de vista diferentes que corresponden a las primera y segunda posturas relativas. Un cálculo de paralaje permite entonces, teniendo en cuenta las informaciones sobre los dos puntos de vista que constituyen los primer y segundo valores del parámetro de postura, obtener la posición buscada.

15 Además, el procedimiento según la invención se puede realizar con la ayuda de un único aparato de captura de imagen.

20 Por último, el cálculo del parámetro de postura que corresponde a cada postura del sujeto se realiza a partir de las únicas imágenes planas capturadas de frente en las diferentes posturas, sin que se efectúen otras mediciones.

Otras características ventajosas y no limitativas del procedimiento según la invención están enunciadas en las reivindicaciones 2 a 14.

25 Según también otra característica ventajosa de la invención, durante las etapas S1) y S4), se dispone la cabeza del sujeto con respecto a la pupila de entrada del aparato de captura de imagen, en las primera y segunda posturas relativas, de manera que la posición relativa de la pupila del aparato de captura de imagen con respecto a un eje de rotación vertical de la cabeza del sujeto no se modifique entre dichas primera y segunda posturas por un desplazamiento transversal de más de 200 milímetros según una dirección perpendicular al eje óptico del aparato de captura de imagen, y de manera que el sujeto gire la cabeza con respecto a dicho eje de rotación vertical en por lo
30 menos 5 grados y en como máximo 60 grados entre dichas primera y segunda posturas para mirar respectivamente unos primer y segundo puntos de mira, que tienen unas posiciones distintas conocidas una con respecto a la otra.

35 Esta combinación de características resuelve el problema técnico adicional explicado anteriormente, que se refiere a la obtención de dos posturas relativas diferentes de la cabeza del sujeto con respecto a la pupila de entrada del aparato de captura de imagen.

Para que la cabeza del sujeto se coloque en dos posturas relativas diferentes con respecto a la pupila de entrada del aparato de captura de imagen, se puede proceder de diferentes maneras.

40 Si el aparato de captura de imagen es móvil, se puede desplazar este aparato de captura de imagen entre las primera y segunda capturas de imagen mientras que el eje de rotación vertical de la cabeza del sujeto permanece inmóvil. La cabeza del sujeto gira con respecto a este eje de rotación vertical para que los ojos del sujeto miren la pupila del aparato de captura de imágenes cuando éste se desplaza. En este caso, el óptico debe asegurarse de que el conjunto de la cara del portador es visible sobre la imagen capturada por el aparato de captura de imagen y
45 de que los ajustes de altura y de inclinación relativos entre la cabeza del portador y el aparato de captura de imágenes estén bien realizados. Estas operaciones limitan la rapidez de ejecución de las capturas de imagen así como su precisión.

50 Si el aparato de captura de imagen presenta una posición idéntica durante las primera y segunda capturas de imagen, el óptico puede pedir al sujeto que se desplace mirando al mismo tiempo la pupila de entrada de este aparato de captura de imagen. Las consignas de posicionamiento dadas por el óptico al sujeto aseguran que la cara del portador permanezca visible sobre cada imagen capturada por el aparato de captura de imagen. Las interacciones complejas y fastidiosas entre el sujeto y el óptico limitan sin embargo la rapidez de ejecución de las
55 primera y segunda capturas de imagen.

60 Las dos posturas relativas de la pupila del aparato de captura de imagen y de la cabeza del sujeto se obtienen de manera más simple y más rápida si la posición relativa de la pupila del aparato de captura de imagen y del eje de rotación vertical de la cabeza del sujeto continúan sustancialmente idénticas durante las primera y segunda capturas de imagen, y que sólo la cabeza del sujeto gire con respecto a este eje de rotación vertical mirando al mismo tiempo unas primera y segunda posiciones de un punto de mira del aparato de captura de imágenes.

65 Las consignas de posicionamiento dadas por el óptico al sujeto, y más generalmente las interacciones entre el óptico y el sujeto, son entonces limitadas. Además, el óptico puede efectuar una captura de imagen con una mejor precisión, ya que no tiene que ajustar sucesivamente entre dos capturas de imagen la altura o la inclinación relativa entre el sujeto y el aparato de captura de imagen, o bien más generalmente el encuadre para que la cabeza del sujeto permanezca visible sobre la imagen capturada.

Descripción detallada de un ejemplo de realización

5 La descripción siguiente, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, dada a título de ejemplo no limitativo, hará que se entienda bien en qué consiste la invención y cómo se puede realizar.

En los dibujos adjuntos:

- 10 - la figura 1 es una vista en perspectiva de un par de gafas de presentación dispuesto delante de los ojos de un futuro portador;
- la figura 2 es una vista en perspectiva de un sistema de localización destinado a equipar el par de gafas de presentación;
- 15 - la figura 3 es una vista esquemática de la imagen de las gafas de presentación y del sistema de localización capturada de frente;
- la figura 4 es una vista en perspectiva del sistema de localización de la figura 2 fijado sobre el par de gafas de presentación, y de los medios de captura de imagen que se comunican con un sistema de tratamiento y de cálculo;
- 20 - la figura 5 es una vista de perfil de la cabeza de un portador equipado con las gafas de presentación en una configuración ortoestática;
- 25 - la figura 6 es una vista por encima del portador equipado con las gafas de presentación en una postura en la que gira la cabeza en un cierto ángulo con respecto al aparato de captura de imagen;
- la figura 7 es una vista por encima de la montura equipada con las lentes de presentación;
- 30 - la figura 8 es una vista en plano de principio, desde arriba, del sistema de localización y de los medios de captura de imagen;
- la figura 9 es otra vista en plano de principio, desde arriba, del sistema de localización y de los medios de captura de imagen, en una primera postura;
- 35 - la figura 10 es una vista análoga a la anterior en una segunda postura;
- la figura 11 es una vista análoga a la anterior en una tercera postura, con una fuente luminosa visible adicional que forma un punto de mira conocido para el portador.

40 En la descripción siguiente, el óptico determina la configuración del referencial de cada lente oftálmica correctora (no representada) a montar en una montura 10 de gafas en un referencial unido a la cabeza del portador y en la configuración de uso. Esta configuración se utiliza para realizar un procedimiento de concepción óptica personalizada de la lente oftálmica correctora calculando unas geometrías de una y/o de la otra de las caras ópticamente útiles de la lente y/o de los gradientes de índice de la lente en función del referencial de la lente con respecto al referencial del portador.

50 El portador está en una configuración sentada o de pie, tal que la cabeza del portador está recta, es decir que el plano de Francfort PF relativo a la cabeza del portador es sustancialmente horizontal. Como se representa en la figura 5, el plano de Francfort PF está definido como el plano que pasa por los puntos orbitales inferiores OR y el porion PO del portador, siendo el porion el punto del cráneo más elevado del conducto auditivo, que corresponde al tragion de la oreja. El eje de mirada del portador es el eje de mirada primaria, es decir que mira el horizonte recto delante de él. Se dice asimismo que el portador adopta una posición ortoestática, posición en la que realiza un mínimo de esfuerzo.

55 Se define un plano sagital PSAG como el plano vertical que pasa por la mediatriz AO de los dos ojos OG, OD. La mediatriz AO de los ojos es el eje que pasa por el medio del segmento definido por los centros de rotación CROG, CROD de los dos ojos y paralelo al plano de Francfort PF. Se define también un plano vertical de ojo PVO como el plano vertical que une los centros CROG, CROD de los ojos.

60 La configuración buscada del referencial de cada lente correctora está determinada por:

- la orientación de cada lente correctora a montar sobre la montura con respecto a la cabeza del portador, y
- 65 - la distancia, en la configuración de uso, entre la lente y el ojo correspondiente del portador según una dirección horizontal del plano sagital PSAG (dirección del eje Z que se define más adelante).

El referencial de cada lente correctora se obtiene en este caso a partir de la determinación de la configuración del referencial de cada una de las lentes de presentación 100, 101 no correctoras que equipa, para la venta y las tomas de mediciones, la montura y que sustituye, para la determinación de parámetros geométrico-morfológicos relativos al portador y a la montura, a la lente correctora a concebir.

El par de gafas de presentación comprende la montura 10 seleccionada por el portador y unas lentes de presentación derecha e izquierda 100, 101 (no correctoras). En el ejemplo ilustrado, el par de gafas es de tipo de montura completa, es decir que las lentes están montadas en los cercos 11, 12 de la montura 10. Como variante, el par de gafas de presentación puede ser de tipo abierto, es decir que las lentes están abiertas y mantenidas cada una por un extremo del puente nasal y un extremo de la patilla asociada a la lente, que cooperan con unos orificios de perforación.

Dispositivo

En las figuras 2 a 4, se ha representado un dispositivo de determinación de parámetros geométrico-morfológicos individuales de un portador equipado con un par de gafas de presentación. Estos parámetros comprenden la configuración del referencial de cada lente correctora a concebir con respecto a la cabeza del portador, así como otros parámetros geométrico-morfológicos de distribución de gradientes de índice evocados más adelante.

Este dispositivo comprende un sistema de localización 20 a montar sobre la montura 10 y unos medios de captura de imagen 90 para capturar en un plano facial de captura de imagen PCI, la imagen del sistema de localización 20 montado sobre la montura 10 en posición de uso. Los medios de captura de imagen 90 están conectados a un sistema de tratamiento y de cálculo 93 de la imagen capturada.

El sistema de localización 20 comprende un armazón articulado que comprende dos varillas 23, 24 sustancialmente rectilíneas y sustancialmente coplanarias, unidas entre sí por una bisagra 29 que presenta un eje de articulación A1 sustancialmente vertical en la configuración de uso.

Cada varilla 23, 24 está provista de medios de fijación que se presentan en este caso en forma de un par de pinzas 25, 26, 27, 28. Estas pinzas permiten fijar, con una capacidad de pivotamiento, cada varilla 23, 24 sobre la parte superior sustancialmente horizontal del cerco 11, 12 de la montura (figura 3) o, cuando las gafas son del tipo abierto, de la lente de presentación.

Cada varilla 23, 24 está coronada por un elemento de localización horizontal 70, 80 que se presenta en forma de una placa triangular, de un cierto grosor, cuyo canto presenta una figura geométrica 71, 81 concebida de tal manera que la configuración geométrica de esta figura geométrica 71, 81 proyectada en dicho plano facial de captura de imagen PCI sea representativa de la componente horizontal de la orientación de este elemento de localización horizontal 70, 80. La componente horizontal de la orientación de un elemento está definida por el ángulo que forma la dirección longitudinal de este elemento con respecto al plano vertical del ojo PVO en proyección en el plano de Francfort PF. Asimismo, la componente vertical de la orientación de un elemento está definida por el ángulo que forma la dirección longitudinal de este elemento con respecto al plano vertical de ojo PVO en proyección en el plano sagital PSAG.

En este caso, la figura geométrica comprende unos motivos repetidos de espaciado conocido que están constituidos por unas bandas oscuras, alternadas con unas porciones claras para asegurar un contraste suficiente. Los motivos de la figura geométrica 71, 81 se extienden según la dirección longitudinal del canto correspondiente del elemento de localización horizontal 70, 80. Cada banda oscura está por lo tanto sustancialmente vertical en la configuración del portador.

Cada elemento de localización horizontal 70, 80 está fijado en la varilla 23, 24 correspondiente de tal manera que, por un lado, el canto que soporta la figura geométrica 71, 81 sea visible de frente y, por otro lado, la dirección de extensión de esta figura geométrica (es decir la dirección longitudinal del canto correspondiente) forma, en el plano horizontal o plano de Francfort PF, un ángulo TETA de aproximadamente 30 grados con la dirección longitudinal de la varilla 23, 24 (es decir, la recta que pasa por las pinzas de fijación).

Los dos elementos de localización horizontal 70, 80 están asimismo unidos entre sí mediante un elemento de localización mediano 190 que está asociado mecánicamente a dos elementos de localización horizontales 70, 80 de manera que permanezcan constantemente en una posición fija con respecto a un plano vertical mediano de simetría de estos dos elementos 70, 80 sustancialmente confundido con un plano de simetría PS de la montura (sustancialmente confundido a su vez con el plano sagital PSAG del portador). Este elemento de localización mediano soporta una figura geométrica conocida cuya imagen, vista en proyección en el plano de captura de imagen PCI por los medios de captura de imagen 90, permite, en combinación con las imágenes de los elementos de localización 70, 80, identificar en el espacio la orientación y la posición del sistema de localización 20, como se explica con mayor detalle en la continuación.

ES 2 405 980 T3

5 En este caso, este elemento de localización mediano está constituido por una barra de mantenimiento 190 que presenta una dirección longitudinal sustancialmente perpendicular al plano de simetría PS y por lo tanto al plano sagital PSAG. Dos luces 191, 192 de forma oblonga están practicadas en la barra de mantenimiento 190 estando orientadas según la dirección longitudinal de la barra. Las luces 191, 192 reciben dos clavijas de guiado 195, 196 sujetas a la cara superior de los elementos de localización 70, 80. Cada medio de identificación 70, 80 se puede deslizar entonces con respecto a la barra de mantenimiento 190 según la dirección longitudinal de la barra, guiando las clavijas 195, 196 el desplazamiento de los medios de identificación 70, 80 a lo largo de las luces.

10 Esta movilidad de deslizamiento de los medios de identificación 70, 80 con respecto a la barra de mantenimiento 190 combinada con su movilidad de pivotamiento alrededor del eje de giro A1 permite que los elementos de localización horizontal 70, 80 se fijen sin tensión sobre los cercos 11, 12 por medio de las varillas 23, 24, con el fin de seguir libremente la componente horizontal de la orientación de los cercos 11, 12 de la montura 10.

15 La barra de mantenimiento 190 comprende asimismo en su canto que se encuentra frente a los medios de captura de imagen 90, una figura geométrica 193 constituida por bandas oscuras espaciadas entre sí en una distancia conocida. Como se explicará más adelante, estas bandas oscuras pueden servir para calcular la distancia que separa el sistema de localización 20 de los medios de captura de imagen 90 y determinar así el factor de escala de la imagen capturada.

20 Se prevé asimismo un medio de centrado que permite centrar el sistema de localización 20 sobre el plano de simetría PS de la montura, de tal manera que el puente nasal 15 esté centrado sobre el eje A1.

25 El sistema de localización 20 comprende asimismo un elemento de localización vertical 60 que está constituido asimismo por una placa triangular de un grosor determinado, que se extiende en un plano sustancialmente perpendicular al plano medio de los dos elementos de localización horizontal 70, 80 asociados a las lentes 100, 101. Este elemento de localización 60 presenta en uno de sus cantos que está destinado a ser orientado hacia los medios de captura de imagen 90, una figura geométrica 61 constituida por motivos geométricos que, como anteriormente, son unas bandas oscuras separadas unas de otras en una distancia conocida y que se extienden según la dirección longitudinal del canto correspondiente del elemento de localización 60. Resulta de ello en este caso que cada banda oscura está dispuesta sustancialmente en horizontal en la configuración de uso y que la dirección longitudinal de la figura geométrica 61 es sustancialmente vertical.

35 El elemento de localización vertical 60 está fijado sobre la cara superior de la barra de mantenimiento 190 en su centro. El canto del elemento 60 que soporta la figura geométrica 61 se extiende en un plano que es sustancialmente paralelo a la línea que une los centros de rotación CROG, CROD de los ojos y que forma, en el plano sagital PSAG, un ángulo fijo GAMMA de 30 grados con la normal N90 al plano de la cara superior de la barra de mantenimiento 190 (figura 2).

40 En la proximidad de los extremos libres de las varillas 23, 24, están previstos dos montantes 21, 22, paralelos entre sí y perpendiculares a las varillas 23, 24. En la configuración de uso, los montantes 21, 22 son sustancialmente verticales. Cuando el sistema de localización 20 está fijado sobre la montura, los montantes 21, 22 están situados por el lado de las sienas derecha e izquierda del portador, en la proximidad de las patillas 13, 14 de la montura 10 (véase la figura 3).

45 Dos vástagos 37, 38 horizontales están montados deslizantes a lo largo de los montantes 21, 22. Cada vástago comprende en su extremo dirigido hacia el otro vástago, una bola de apoyo 30, 40. La estructura del sistema de localización 20 está concebida de tal manera que las bolas de apoyo 30, 40 se apoyen por gravitación contra las lentes de presentación 100, 101, cuando el sistema de localización 20 está montado sobre la montura 10 dispuesta sobre la nariz del portador. Este apoyo por gravitación se obtiene concibiendo el sistema de localización de tal manera que su centro de gravedad esté situado hacia delante, es decir por el lado de las figuras geométricas. Se puede lastrar asimismo la parte delantera de las placas triangulares 70, 80. Como variante, para apoyar las bolas 30, 40 sobre cada lente, se pueden prever unos medios de retorno elásticos de los vástagos 21, 22 hacia atrás. El retorno de las bolas 30, 40 en apoyo contra la lente de presentación correspondiente 100, 101 permite materializar un plano general de esta lente.

55 Los medios de captura de imagen 90 consisten típicamente en un aparato de fotografía digital portátil o montado sobre un soporte o base.

60 Preferentemente, los medios de captura de imagen 90 comprenden un diodo luminiscente 92, lo cual permite, por un lado, obtener un reflejo córneo fácilmente localizable en la imagen capturada y, por otro lado, atraer la mirada del portador hacia este diodo cuya posición es conocida. Se facilita entonces el tratamiento de la imagen capturada.

65 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 de la imagen adquirida comprende en este caso un microordenador sobre el cual está instalado un programa de tratamiento y de cálculo de la imagen adquirida. Como variante, se puede prever que el sistema de tratamiento y de cálculo sea un sistema autónomo que comprende, por un lado, una pantalla de visualización para comunicar los resultados obtenidos y, por otro lado, un sistema de conexiones para

permitir comunicar estos resultados a otros aparatos. Se puede prever también, en el caso de un sistema autónomo de tratamiento, que este sistema esté integrado o no en los medios de captura de imagen 90.

Procedimiento

5 El dispositivo de determinación descrito anteriormente permite realizar el procedimiento siguiente de determinación de la configuración del referencial de cada lente correctora a montar en la montura, con respecto al referencial del portador.

10 Como se ha representado en la figura 4, el óptico posiciona el par de gafas de presentación coronada por el sistema de localización 20 sobre la nariz del portador. El portador está en configuración sentada o de pie y su cabeza está recta, es decir que el plano de Francfort PF está sustancialmente horizontal.

15 Como se representa en la figura 3, las dos pinzas de fijación 25, 26 de la varilla 23 están aplicadas sobre la parte superior del cerco derecho 11 de la montura 10. Asimismo, las dos pinzas de fijación 27, 28 de la varilla 24 están aplicadas sobre la parte superior del cerco izquierdo 12 de la montura 10. Preferentemente, las pinzas de fijación 25, 26, y 27, 28, de cada par están lo más separadas posible una de la otra, de manera que la varilla 23, 24 correspondiente siga la componente horizontal de la orientación del cerco 11, 12 sobre el cual está fijada. La componente horizontal de la orientación de cada cerco corresponde globalmente a la inclinación de la lente de presentación asociada con respecto al plano sagital, en proyección en el plano de Francfort.

20 La barra de mantenimiento 190 permite asegurar que los dos elementos de localización horizontal 70, 80 permanezcan sustancialmente coplanarios. Resulta de ello que el elemento de localización vertical 60 se extiende bien en el plano de simetría de la montura PS (y por lo tanto en el plano sagital PSAG) cuando el sistema de localización 20 está montado en la montura 10 (véanse las figuras 3 y 5).

25 Cada bola de apoyo 30, 40 soportada por el vástago 37, 38 regulable en altura está dispuesta por el óptico sustancialmente a la altura de las pupilas PG, PD de los ojos. El sistema de localización 20 está concebido de tal manera que las bolas 30, 40 se apoyan por gravedad contra las caras delanteras de las lentes de presentación 110, 101. El apoyo por gravedad de las bolas 30, 40 contra la lente de presentación 100, 101 correspondiente está realizada gracias a un balanceo de las varillas 23, 24 con respecto a un eje de balanceo sustancialmente paralelo al eje que pasa por los centros de las dos pupilas (por lo tanto, sustancialmente perpendicular al plano sagital PSAG y paralelo al eje X definido más adelante). Las pinzas de fijación desempeñan así un papel de bisagra para el balanceo del sistema de localización con respecto al eje de balanceo.

30 Resulta de ello que la normal N90 al plano de la cara superior de la barra de mantenimiento 190 sigue la componente vertical de la orientación de la montura 10, que corresponde globalmente al ángulo de inclinación, en el plano sagital PSAG, del plano medio de los cercos de la montura con respecto al plano vertical ojo PVO (figura 5).

35 Los dos puntos de apoyo de las pinzas de fijación 25, 26 sobre el cerco 11, la montura 10 y el punto de apoyo de la bola 30 sobre la lente de presentación 100 (es decir, el punto del emplazamiento de la cruz de montaje) definen un plano medio PLD de la lente de presentación 100 que se asocia al plano medio de la lente correctora en la configuración de uso (figuras 1 y 3). Se define asimismo el plano PLG de la lente de presentación 101 que pasa por los dos puntos de apoyo de las pinzas de fijación 27, 28 sobre el cerco 12, la montura 10 y el punto de apoyo de la bola de apoyo 40 sobre la lente de presentación 101.

40 Como se representa en la figura 1, se define un referencial asociado a la montura (y por lo tanto indirectamente a la cabeza del portador) que tiene un sistema de referencia ortonormal (O, X, Y, Z) y materializado por el sistema de localización 20. El centro O de la marca de este referencial es el medio del segmento que une las pinzas de fijación 26, 27. El eje X es horizontal y pasa por las pinzas 26, 27. El eje Y es perpendicular al plano de Francfort, por lo tanto en este caso vertical. El plano OYZ es entonces vertical y corresponde al plano sagital PSAG, así como al plano de simetría PS. El eje OZ es paralelo a la mediatriz AO de los ojos. El plano OXZ es paralelo al plano de Francfort PF y por lo tanto en este caso es horizontal. El plano OXY se denomina plano vertical de montura PVM y es sustancialmente paralelo al plano facial de captura de imagen PCI.

Determinación de la orientación de cada lente con respecto al ojo correspondiente del portador

45 La orientación de cada lente está dada por los componentes, en el referencial (O, X, Y, Z) del vector normal al plano tangente a la lente en el punto de la cruz de montaje CMG, CMD. Esta cruz de montaje corresponde a un punto de la lente que debe estar situado enfrente de la pupila del ojo del portador para que la lente ejerza de manera precisa sus funciones de corrección óptica para las cuales ha sido concebida. La componente vertical de la orientación de la lente corresponde al ángulo que forma el eje, o el vector, normal al plano de la lente con respecto al plano facial, en proyección en el plano sagital. Se define asimismo la componente horizontal de la orientación de la lente que corresponde al ángulo que forma el eje, o el vector, normal al plano de la lente con respecto al plano facial, en proyección en el plano de Francfort.

Se intenta determinar la orientación de los planos PLG, PLD, para conocer la orientación de cada lente correctora a realizar, con respecto al referencial del portador. Para ello, se determina la orientación del eje XLG, XLD que pasa por el punto de apoyo de las bolas 30, 40 sobre la lente de presentación 100, 101 y que es normal al plano PLG, PLD.

Como se ha representado en la figura 7, se definen los ejes XLGH, XLDH como las proyecciones en el plano horizontal, o plano de Francfort, de los ejes XLG, XLD. Asimismo, se definen los ejes XLV como las proyecciones en el plano sagital de los ejes XLG, XLD (figura 5). En este caso, se considera que las proyecciones en el plano sagital de los ejes XLG, XLD dan cada una el mismo eje proyectado XLV. Como variante, es posible distinguir las dos proyecciones de los ejes XLG, XLD en el plano sagital.

La componente horizontal de la orientación de cada lente 100, 101 corresponde así al ángulo AXLGH, AXLDH que forma el eje XLGH, XLDH con el plano sagital PSAG de la cabeza del portador. Asimismo, la componente vertical de la orientación de cada lente 100, 101 corresponde al ángulo AXV que forma el eje XLV con el plano de Francfort. Queda por lo tanto determinar los ángulos AXLGH, AXLDH y AXV para determinar la orientación de cada lente con respecto al portador.

El ángulo AXLDH, formado entre el eje XLDH y su proyección en el plano sagital PSAG, corresponde sustancialmente al ángulo AMD formado en el plano horizontal, o plano de Francfort PF, entre, por un lado, la recta D1 que pasa por las pinzas de fijación 25, 26 situadas sobre el cerco derecho 11, cerca, respectivamente, de la patilla derecha 13 y del puente nasal 15 y, por otro lado, el plano vertical de la montura PVM. Asimismo, el ángulo AXLGH corresponde sustancialmente al ángulo AMG formado entre, por un lado, la recta D2 que pasa por las pinzas de fijación 27, 28 situadas sobre el cerco izquierdo 12 cerca del puente nasal 15 y de la patilla izquierda 14 y, por otro lado, el plano vertical de la montura PVM. Para determinar cada uno de los ángulos AXLGH, AXLDH, basta así con determinar los ángulos AMG y AMD.

Como se ha representado en la figura 5, el ángulo AXV es sustancialmente igual al ángulo AMV formado, en proyección en el plano sagital PSAG entre, por un lado, el plano vertical del ojo PVO y, por otro lado, el plano medio PMC de las dos lentes 100, 101 (o también de los dos cercos 11, 12 de la montura 10). Para determinar el ángulo AXV, basta así con determinar el ángulo AMV.

El óptico posiciona el aparato de captura de imágenes portátil 90 frente a la cabeza del portador y captura en el plano de captura de imagen PCI la imagen de la cabeza del portador equipado con el par de gafas de presentación coronado por el sistema de localización 20. La imagen obtenida corresponde a la imagen de la figura 3. La captura de la imagen se realiza típicamente a una distancia del portador comprendida entre 50 y 120 centímetros en un plano de captura de imagen PCI. Este plano de captura de imagen PCI es facial, es decir sustancialmente paralelo a los planos PVO y PVM (figuras 4 y 5).

Como se ha representado en la figura 2, el ángulo ARHD se define como el ángulo formado, en el plano horizontal o plano de Francfort PF entre, por un lado, el plano vertical de la montura PVM y, por otro lado, la dirección longitudinal de la figura geométrica 71. Cuando varía este ángulo ARHD, la separación entre las bandas negras varía a su vez en proyección en el plano de captura de imagen PCI. Este ángulo ARHD es igual a la suma del ángulo AMD y del ángulo fijo TETA de 30 grados. El ángulo ARHD varía por lo tanto de la misma manera que el ángulo AMD. Esto es igual para el elemento de localización horizontal 80 para el cual el ángulo ARHG se define como la suma del ángulo AMG y del ángulo fijo TETA de 30 grados.

El sistema de tratamiento y de cálculo 93 mide la distancia entre las bandas oscuras de la figura geométrica 71 del elemento de localización horizontal 70 sobre la imagen que ha capturado, en la configuración de uso. Para limitar los errores de medición sobre la imagen capturada, debidos a los píxeles de la imagen capturada, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 mide la distancia entre las bandas de dos en dos y calcula una media de esta distancia. Después, mediante comparación con una configuración de referencia de la figura geométrica 71 para la cual el ángulo ARHD y la distancia entre las bandas son conocidos, determina la variación de separación entre las bandas entre la configuración de uso y la configuración de referencia. Después, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 determina, en función de esta variación de separación, el ángulo ARHD. El ángulo AMD se determina después a partir del ángulo ARHD.

Para realizar una comparación válida de las separaciones entre las bandas, el sistema de tratamiento y de cálculo debe tener en cuenta el factor de escala de la imagen capturada. El conocimiento del factor de escala permite devolver los valores de separación de bandas medidas sobre la imagen capturada y los valores de separación de bandas de referencia a la misma escala para poder realizar una comparación de las separaciones de banda. Este factor de escala se determina a partir de la distancia que separa el sistema de localización de los medios de captura de imagen 90.

La distancia de separación, referenciada D, se puede obtener mediante el método de cálculo expuesto a continuación.

ES 2 405 980 T3

Como se esquematiza en la figura 8, la dirección longitudinal de la figura geométrica 193 de la barra de mantenimiento 190 forma un ángulo ALPHA0 con la normal NAOP al eje óptico AOP, en vista por arriba del dispositivo de determinación. Asimismo, la dirección longitudinal de cada figura geométrica 71, 81 de los elementos de localización correspondiente 70, 80 forma un ángulo BETA con la dirección longitudinal de la figura geométrica 193 de la barra de mantenimiento 190. Se considera asimismo que las figuras geométricas 71, 81 tienen cada una la misma longitud H conocida y que la figura geométrica 193 posee también una longitud L conocida.

Se mide, considerando la separación entre las bandas oscuras, la longitud aparente T de la figura geométrica 193 de la barra de mantenimiento 190 en el plano focal PFOC del objetivo 94. Se obtiene la relación:

$$L \cdot \cos(\text{ALPHA0}) \cdot F/D = T$$

siendo F la distancia focal del objetivo 94 y D la distancia entre el aparato de captura de imagen 90 y el origen O de la referencia asociada al sistema de localización 20.

Se miden asimismo las longitudes aparentes T1 y T2 de las figuras geométricas 71, 81, en el plano focal PFOC. Se obtienen las relaciones:

$$N \cdot \cos(\text{BETA0} - \text{ALPHA0}) \cdot F/D = T1 \text{ y } H \cdot \cos(\text{BETA0} + \text{ALPHA0}) \cdot F/D = T2.$$

Se calcula entonces de manera aproximada BETA0 sumando las dos longitudes aparentes T1 y T2:

$$T1 + T2 = 2 \cdot \cos \text{BETA0} \cdot \cos \text{ALPHA0} \cdot H \cdot F/D$$

y, considerando $\cos \text{ALPHA0}$ próximo a 1, se obtiene:

$$T1 + T2 = 2 \cdot \cos \text{BETA0} \cdot H \cdot T/L$$

Se obtiene un valor aproximado de BETA0.

Se calcula después la relación K de estas dos longitudes para eliminar $H \cdot F/D$: $K = (\cos \text{BETA0} \cos \text{ALPHA0} + \sin \text{BETA0} \sin \text{ALPHA0}) / (\cos \text{BETA0} \cos \text{ALPHA0} - \sin \text{BETA0} \sin \text{ALPHA0})$. Conociéndose los valores de K y BETA0, se calcula ALPHA0 con la relación:

$$\tan(\text{ALPHA0}) = [(K-1) \cdot \cos \text{BETA0}] / [(K+1) / \sin \text{BETA0}]$$

Se deduce por lo tanto la distancia D gracias a la medición de T, conociéndose los valores de F y L:

$$D = L \cdot \cos(\text{ALPHA0}) \cdot F/T$$

Es posible utilizar asimismo un telémetro con diodos láser para determinar directamente esta distancia de separación.

El sistema de tratamiento y de cálculo 93 mide asimismo la distancia entre las bandas oscuras de la figura geométrica 81 del elemento de localización horizontal 80 sobre la imagen que ha capturado, en la configuración de uso. Como anteriormente, para limitar los errores de medición sobre la imagen capturada, debidos a los píxeles de la imagen capturada, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 mide la distancia entre las bandas de dos en dos y calcula una media de esta distancia. Después, por comparación con una configuración de referencia de la figura geométrica 81, para la cual el ángulo ARHG y la separación entre las bandas son conocidos, determina la variación de separación entre las bandas entra la configuración de uso y la configuración de referencia. La comparación de las separaciones de bandas se realiza teniendo en cuenta el factor de escala de la imagen capturada. Después, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 determina, en función de esta variación de separación, el ángulo ARHG. Y después el ángulo AMG se determina a partir del ángulo ARHG.

Como se ha representado en la figura 2, el ángulo ARV se define como el ángulo formado, en proyección en el plano sagital PSAG entre, por un lado, el plano vertical de la montura PVM y, por otro lado, la dirección longitudinal de la figura geométrica 61. Cuando este ángulo ARV varía, la distancia entre las bandas negras varía también en proyección en el plano de captura de imagen PCI. Este ángulo ARV es igual a la suma del ángulo AMV y del ángulo fijo GAMMA de 30 grados que forma la figura geométrica 61 con la normal N90. El ángulo ARV varía por lo tanto de la misma manera que el ángulo AMV.

El sistema de tratamiento y de cálculo 93 mide entonces la separación entre las bandas de la figura geométrica 61 sobre la imagen que ha capturado. Como anteriormente, está prevista una configuración de referencia de la figura geométrica 61 para la cual se conocen el par de datos constituidos por el ángulo ARV y por la separación entre las bandas. Por comparación de los valores de mediciones de separación de bandas realizadas sobre la imagen capturada con los valores de separación de bandas de referencia, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 deduce

una variación de separación. Como anteriormente, la comparación de las separaciones de bandas se realiza teniendo en cuenta el factor de escala de la imagen capturada. Después, el sistema de tratamiento y de cálculo determina, en función de esta variación de separación, el ángulo ARV. Después, el ángulo AMV se determina a partir del ángulo ARV.

5 El sistema de tratamiento y de cálculo determina así la orientación de los ejes XLG, XLD de cada lente izquierda y derecha con respecto al plano de Francfort, y al plano sagital PSAG. En consecuencia, la orientación de los planos asociados a cada lente de presentación izquierda y derecha se conoce en el referencial del portador. Se conoce entonces la orientación de cada lente correctora a montar en la montura con respecto al ojo correspondiente.

10 En una configuración del portador tal que el portador mira hacia delante haciendo frente al aparato de captura de imagen 90, es decir tal que el plano sagital PSAG es perpendicular al plano de captura de imagen PCI, el ángulo AMG debe ser igual al ángulo AMD.

15 Cuando los ángulos AMG, AMD presentan una separación de valores, se deduce entonces que la cabeza del portador está girada en un ángulo de postura APIV definido de la siguiente manera.

20 Como se ha representado en la figura 6, el ángulo de postura APIV es al ángulo formado, en el plano horizontal, o plano de Francfort PF, entre el plano sagital PSAG y el plano de observación POI que contiene el centro 96 de la pupila 95 del aparato de captura de imagen 90 y el eje de rotación vertical de la cabeza ART.

25 La diferencia de valor entre el ángulo AMG y el ángulo AMD es propoRCGonal al valor del ángulo de postura APIV. El sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula entonces un valor del ángulo de postura APIV en función de la diferencia de valor medida entre los ángulos AMG, AMD. Este valor del ángulo de postura APIV permite corregir los valores de los ángulos AMG, AMD.

30 Además, para mejorar la personalización de la concepción óptica de cada lente, se determinan también unos parámetros geométrico-morfológicos que permiten mejorar la distribución de los gradientes de índice durante la concepción de la lente. El sistema de tratamiento y de cálculo 93 determina así por reconocimiento de imagen, teniendo en cuenta el factor de escala, las cotas de anchura B y de longitud A de cada uno de los cercos 11, 12 que rodean las lentes de presentación.

35 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 determina asimismo por reconocimiento de imagen la altura HG, HD del ojo OG, OD correspondiente midiendo sobre la imagen capturada, teniendo en cuenta al factor de escala, la distancia que separa la línea de separación 34 posicionada sobre el centro de la pupila PG, PD y el punto de referencia considerado como el punto más bajo de la lente.

40 Para medir la separación interpupilar PDS, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 determina por reconocimiento de imagen, para cada ojo, el centro de la pupila (o del iris). El segmento definido por los centros así obtenidos de las dos pupilas PG, PD propoRCGona la distancia interpupilar PDS. Se pueden medir asimismo las distancias medias pupilares PDS_D, PDS_G midiendo la posición horizontal del centro de cada pupila PG, PD con respecto al centro del puente nasal 15.

45 La medición de la separación interpupilar PDS o sus semi-distancias pupilares PDS_D, PDS_G se realiza en este caso para una configuración de convergencia de referencia. Según esta configuración de convergencia de referencia, está previsto que los ojos del portador se fijen en una luz sobre los medios de captura de imágenes, por ejemplo el diodo luminescente 92, que el portador mira fijamente. El sistema de tratamiento y de cálculo determina entonces, en función de la distancia de captura y del valor de separación interpupilar PDS (o semi-distancia) correspondiente medida, el valor de esta separación interpupilar para una visión al infinito.

50 Evidentemente, todas las mediciones realizadas sobre la imagen tienen en cuenta el factor de escala.

55 Es posible asimismo mejorar la precisión de cálculo de los valores de la separación interpupilar, semi-distancia interpupilar, y de la dimensión de anchura A corrigiendo estos valores calculados en función de los ángulos AMD, AMG, calculados anteriormente, o también el ángulo de postura APIV o de la diferencia de distancia entre los ojos OD, OG y las lentes 100, 101 correspondientes. Asimismo, las mediciones de la dimensión de altura B y de la altura HI, HD de la pupila de cada ojo pueden ser mejoradas teniendo en cuenta el valor del ángulo AMV.

60 La inclinación de las direcciones longitudinales de las figuras geométricas 71, 81 con respecto a las direcciones longitudinales de las varillas 23, 24 se utiliza para aumentar los valores de variaciones de separación entre las bandas cuando varían los ángulos AMG, AMD. La separación entre dos bandas que resulta de la variación de los ángulos AMG, AMD con respecto a las configuraciones de referencia conocidas es así más fácilmente localizable. Así, la comparación de las separaciones es representativa de la componente horizontal de la orientación de cada uno de los cercos 11, 12 de la montura, y por lo tanto de cada lente, lo cual limita los errores de medición.

65 Esto es igual para la inclinación de la dirección longitudinal de la figura geométrica 61 con respecto a la normal N90.

En efecto, esta inclinación aumenta los valores de variaciones de separación entre las bandas cuando varía el ángulo AMV.

Determinación de la distancia entre la lente y el centro del ojo correspondiente del portador

5 Se desea después determinar la distancia, según una dirección horizontal del plano sagital PSAG, es decir según el eje Z, entre la lente 100 y el centro CROD del ojo derecho OD, así como la distancia según esta misma dirección entre la lente 101 y el centro CROG del ojo izquierdo OG. Se aplica para ello el procedimiento objeto de la presente invención, para determinar la posición según el eje Z del centro de rotación CROG, CROD, como punto destacado del ojo en el referencial (O, X, Y, Z) unido a la cabeza del portador y materializado por el sistema de localización 20. Se deduce de ello después, teniendo en cuenta la configuración ahora conocida de la lente en cuestión en el referencial (O, X, Y, Z), la distancia buscada entre el centro de rotación del ojo y la lente.

15 Durante la primera etapa S1, se dispone el aparato de captura de imagen 90 frente a la cara del portador, de tal manera que la cabeza del portador presente una primera postura relativa con respecto a la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90.

20 Esta primera postura relativa es tal que el aparato de captura de imagen observa al portador globalmente de frente y no de perfil. El hecho de medir la posición de los ojos a partir de una toma de imagen de frente ofrece varias ventajas, en comparación con una toma de imagen de perfil. La operación de tratamiento de imagen es en efecto, en la práctica, más fiable en la medida en la que los cerros y patillas de la montura no corren el riesgo de ocultar el ojo y en la que, gracias al método de cálculo que se examinará más adelante, el reconocimiento del punto de la cara trasera de la lente frente al ojo (que era peligroso) ya no es necesario. Además, una o varias fotografías de frente del portador permiten medir otros parámetros geométrico-morfológicos del portador, tales como las separaciones interpupilares y las alturas de los ojos, el perfil de la montura, el ángulo pantoscópico de cada lente usada (ángulo que forma el plano general de la lente con respecto a la vertical), como se ha visto anteriormente, o también el comportamiento visual del portador (en particular, su tendencia a mover más o menos los ojos o la cabeza cuando escruta el campo visual).

30 A continuación, a las ocurrencias correspondientes a esta primera postura de los diferentes elementos de geometría definidos, tales como las rectas, los planos y los ángulos, se les asigna el índice 1. Es así en particular el caso del plano de observación POI, cuya primera ocurrencia está anotada POI1, del plano sagital PSAG cuya primera ocurrencia está anotada PSAG1, del ángulo de postura APIV cuya primera ocurrencia está anotada APIV1, de la referencia (O, X, Y, Z) cuya primera ocurrencia está anotada (O1, X1, Y1, Z1).

35 Durante la segunda etapa S2, se captura en esta primera postura relativa facial, por medio del aparato de captura de imagen 90 y como se ha indicado anteriormente, una primera imagen de la cabeza del portador.

40 Durante la tercera etapa S3, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 identifica, en esta primera imagen, la imagen de un primer punto de referencia predeterminado de cada ojo.

45 Este primer punto de referencia del ojo es, en el ejemplo ilustrado por las figuras 9 y 10, el reflejo RCG1, RCD1 sobre la córnea del ojo izquierdo OG y del ojo derecho OD respectivamente, de la fuente luminosa visible que constituye el diodo 92.

50 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula asimismo la configuración del aparato de captura de imagen 90 en la primera ocurrencia (O1, X1, Y1, Z1) del referencial (O, X, Y, Z) unido a la cabeza del portador, a partir de la primera imagen capturada del sistema de localización 20, en la primera postura. Calcula en particular un primer valor APIV1 del ángulo de postura APIV, y la posición del centro 96 de la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90. Típicamente, como se ha indicado anteriormente, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula el primer valor APIV1 del ángulo de postura APIV en función de la diferencia entre los valores medidos AMG1, AMD1 de los ángulos AMG, AMD en esta primera postura, mientras que la distancia entre el origen O1 de la referencia y el centro 96 de la pupila 95 se obtiene mediante un cálculo de la escala deducido del tamaño aparente de una figura geométrica del sistema de localización 20 cuyo tamaño real es conocido.

55 Durante la cuarta etapa S4, se modifica el ángulo de la fotografía: se dispone el aparato de captura de imagen 90 frente a la cara del portador, de tal manera que la cabeza del portador presente una segunda postura relativa, diferente de la primera, con respecto a la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90. Se desplaza para ello, o bien la posición absoluta de la cabeza del portador, por ejemplo pidiendo o incitando a éste a girar su cabeza con respecto al eje de rotación vertical ART de ésta, o bien desplazando el aparato de captura de imagen 90 con respecto al portador, o también combinando estos dos desplazamientos.

60 En particular, la posición relativa de la pupila del aparato de captura de imagen y del eje de rotación vertical ART de la cabeza del portador permanece idéntica durante las dos capturas de imágenes, el portador sigue con la mirada una fuente luminosa visible que forma un punto de mira, haciendo girar su cabeza con respecto a dicho eje de rotación vertical ART.

5 Se considera en este caso, por ejemplo, que las posiciones relativas de la pupila del aparato de captura de imagen y del eje de rotación vertical ART de la cabeza del portador son idénticas en dichas primera y segunda posturas, si entre dichas primera y segunda posturas la cabeza del sujeto no se desplaza transversalmente en más del 20 por ciento de la distancia que existe entre la pupila del aparato de captura de imagen y el eje de rotación vertical ART en la primera postura, en la dirección perpendicular al eje óptico del aparato de captura de imagen.

10 Por ejemplo, para una distancia de 1 metro que existe entre la pupila del aparato de captura de imagen y el eje de rotación vertical ART en la primera postura, un desplazamiento transversal del 20 por ciento de esta distancia corresponde a un desplazamiento transversal de 20 centímetros según una dirección perpendicular al eje óptico del aparato de captura de imagen, de un lado o del otro de este eje óptico.

15 El sujeto gira preferentemente simplemente la cabeza con respecto al eje de rotación vertical ART, manteniendo la cabeza recta, es decir en un plano de Francfort horizontal. Esta rotación de la cabeza del sujeto con respecto al eje de rotación vertical ART presenta preferentemente una amplitud comprendida entre 5 y 60 grados.

Se modifica así el ángulo de postura APIV.

20 La segunda postura relativa es, como la primera postura, tal que el aparato de captura de imagen observa al portador globalmente de frente y no de perfil.

25 A continuación, a las ocurrencias que corresponden a esta segunda postura de los diferentes elementos de geometría definidos, tales como las rectas, los planos y los ángulos, se les asigna el índice 2. Es así, en particular, el caso del plano de observación POI, cuya primera ocurrencia está anotada POI2, del plano sagital PSAG cuya primera ocurrencia está anotada PSAG2, del ángulo de postura APIV cuya primera ocurrencia está anotada APIV2, de la referencia (O, X, Y, Z) cuya primera ocurrencia está anotada (O2, X2, Y2, Z2).

30 Durante la quinta etapa S5, se captura en esta segunda postura relativa, por medio del aparato de captura de imagen 90, una segunda imagen plana de cada ojo.

35 Durante la sexta etapa S6, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 identifica, sobre esta segunda imagen, la imagen de un segundo punto de referencia predeterminado de cada ojo. Este segundo punto de referencia del ojo es, en el ejemplo ilustrado por las figuras 9 y 10, el reflejo RCG2, RCD2 sobre la córnea del ojo izquierdo OG y del ojo derecho OD respectivamente, del diodo 92. Los primer y segundo puntos de referencia de cada ojo están, por lo tanto, en este ejemplo, confundidos en un mismo punto del ojo considerado, que es aproximadamente el centro de la córnea o del iris.

40 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula la configuración del aparato de captura de imagen 90 en la ocurrencia (O2, X2, Y2, Z2) del referencial (O, X, Y, Z) unido a la cabeza del portador, a partir de la segunda imagen capturada del sistema de localización 20, como se ha indicado anteriormente. Calcula, en particular, un segundo valor APIV2 del ángulo de postura APIV y la posición del centro 96 de la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90.

45 Durante la séptima etapa S7, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula, en la primera postura relativa y para cada ojo OD, OG, respectivamente una primera recta de observación DOD1, DOG1, que une el centro de la pupila 96 del aparato de captura de imagen 90 y el primer punto de referencia del ojo RCG1, RCD1 y, en la segunda postura relativa, una segunda recta de observación DOD2, DOG2, que une el centro de la pupila 96 del aparato de captura de imagen 90 y el segundo punto de referencia del ojo RCG2, RCD2.

50 Durante la octava etapa S8, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 efectúa un cálculo para verificar si las primeras rectas de observación DOG1, DOD1 presentan, con respecto a la cabeza del portador, unas configuraciones respectivas sustancialmente distintas de las de las segundas rectas de observación DOG2, DOD2. En caso negativo, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 emite un mensaje de error, y se llevan a cabo nuevamente las etapas S1 a S3 o las etapas S4 a S6. En caso afirmativo, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 procede a la
55 etapa siguiente S9.

60 Por otra parte, el carácter facial de la fotografía, evocado anteriormente, puede ser cuantificado de la siguiente manera. La primera postura relativa es tal que estas primeras rectas de observación DOD1, DOG1 forman cada una, con sus proyecciones sobre el plano sagital PSAG1 y sobre el plano de Francfort PF del portador, unos ángulos respectivos inferiores a 45 grados. Asimismo, la segunda postura relativa es tal que estas segundas rectas de observación DOD2, DOG2 forman cada una, con sus proyecciones en el plano sagital PSAG2 y en el plano de Francfort PF, del sujeto unos ángulos respectivos inferiores a 45 grados.

65 La conformidad con este criterio se verifica mediante el sistema de tratamiento y de cálculo 93. A falta de satisfacción del criterio, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 emite un mensaje de error y se modifica la primera postura y/o la segunda postura relativa antes de capturar una nueva primera imagen. Si el criterio es satisfactorio, se

pasa a la etapa siguiente.

5 Durante la novena etapa S9, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula la posición del centro de rotación CROG, CROD de cada ojo OG, OD en función de las imágenes de los primer y segundo puntos de referencia del ojo en cuestión y de los primer y segundo valores APIV1, APIV2 del ángulo de postura APIV.

10 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 efectúa después un cálculo de acercamiento de las imágenes de los primer y segundo puntos de referencia del ojo para deducir un desplazamiento angular aparente del ojo a partir de los dos puntos de vista diferentes, que corresponden a las primera y segunda posturas relativas. Un cálculo de paralaje permite entonces, teniendo en cuenta las informaciones sobre los dos puntos de vista que constituyen los primer y segundo valores APIV1, APIV2 del ángulo de postura APIV, obtener las posiciones buscadas de los centros CROG, CROD del ojo que sigue el eje Z.

15 Para calcular la posición del centro de rotación CROG, CROD del ojo, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula, a partir de la imagen del primer punto de referencia del ojo en cuestión y del primer valor del ángulo de postura APIV1, las coordenadas, en dicho referencial (O, X, Y, Z) de la cabeza del portador, de la primera recta de observación DOD1, DOG1 que une el centro 96 de la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90 y el primer punto de referencia del ojo OD, OG. Asimismo, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula, a partir de la imagen del segundo punto de referencia del ojo y del segundo valor del ángulo de postura APIV2, las coordenadas, en dicho referencial (O, X, Y, Z) de la cabeza del portador, de la segunda recta de observación DOD2, DOG2, que une el centro de la pupila del aparato de captura de imagen y el segundo punto de referencia del ojo.

20 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula entonces la posición del centro de rotación de cada ojo CROG, CROD en el referencial (O, X, Y, Z) en función de las coordenadas de las primeras y segundas rectas de observación DOG1, DOD1, DOG2, DOD2. La posición del centro de rotación del ojo izquierdo CROG se calcula como la posición del punto de intersección o, si estas rectas no son rigurosamente secantes, la de mayor proximidad de las dos rectas de observación DOG1, DOG2. Asimismo, la posición del centro de rotación del ojo derecho CROD se calcula como la posición del punto de intersección o, si estas rectas no son rigurosamente secantes, de mayor proximidad de las dos rectas de observación DOD1, DOD2.

30 Se considera la dirección de la mirada del portador.

35 Durante las primera y segunda capturas de imágenes, el ojo mira el diodo luminiscente 92 que atrae su mirada. El centro de este diodo 92 constituye, en cada una de las primera y segunda posturas relativas, respectivamente unos primer y segundo puntos de mira. Las posiciones de estos puntos de mira son por lo tanto conocidas en el referencial del aparato de captura de imagen 90. Los puntos de mira están en este caso situados en el plano de observación POI cerca de la pupila del aparato de captura de imagen.

40 El cálculo de la posición del centro de rotación CROD, CROG de cada ojo es función entonces además de las posiciones de los puntos de mira que materializa el diodo 92 en las dos posturas.

45 Se definen en la primera postura relativa, dos primeras rectas de mira DVD1, DVG1, que unen respectivamente los puntos de referencia RCD1, RCG1 al punto de mira, es decir al diodo 92 en la primera postura. Se definen asimismo en la segunda postura relativa, dos primeras rectas de mira DVD2, DVG2 que unen respectivamente los puntos de referencia RCD2, RCG2 al punto de mira, es decir al diodo 92 en la segunda postura.

50 Como el diodo 92 está, en el ejemplo ilustrado por las figuras 9 y 10, situado cerca de la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90, se puede considerar en este caso, para el cálculo de las posiciones de los centros CROG, CROD en el referencial (O, X, Y, Z) que los ojos OD, OG miran sustancialmente hacia la pupila de entrada del aparato de captura de imagen 90 en cada una de las primera y segunda posturas. Resulta que, en la primera postura, las rectas de mira DVG1, DVD1 están respectivamente confundidas con las rectas de observación DOG1, DOD1 y que, también, en la segunda postura, las rectas de mira DVG2, DVD2 están respectivamente confundidas con las rectas de observación DOG2, DOD2. Es mediante esta aproximación por la que se tiene en cuenta, en este ejemplo, la posición del punto de mira en las primera y segunda posturas relativas.

55 Se definen entonces dos ángulos horizontales de observación, izquierdo y derecho AHOG, AHOD, que forman respectivamente las rectas de observación izquierda y derecha DOG, DOD con sus proyecciones respectivas en el plano de observación POI. Las ocurrencias de estos ángulos en las primera y segunda posturas, respectivamente anotadas AHOG1, AHOD1, AHOG2, AHOD2, son calculadas por el sistema de tratamiento y de cálculo 93. Para ello, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula, para cada postura, la posición del plano de observación POI en función de las primera y segunda imágenes capturadas correspondientes del sistema de localización 20 y determina los ángulos aparentes bajo los cuales se han visto los puntos de referencia, es decir, en este caso, los reflejos córneos RCG1, RCD1, RCG2, RCD2, por el aparato de captura de imagen 90 en las primera y segunda posturas relativas. Si, como es el caso más frecuente, el plano de observación POI está aproximadamente confundido con el eje óptico AOP del aparato de captura de imagen 90, los ángulos buscados AHOG y AHOD son iguales a los ángulos aparentes recogidos. En el caso contrario, el correctivo correspondiente se aplica a los ángulos

aparentes para deducir de ello los ángulos buscados AHOG y AHOD.

A partir de los valores así calculados de estos ángulos, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula, para cada postura, los trazos respectivos TOG, TOD de las rectas de observación DOG, DOD en el plano vertical de la montura PVM. Estos trazos son, evidentemente, unos puntos que son anotados TOG1, TOD1 para la primera postura y TOG2, TOD2 para la segunda postura.

Se definen asimismo los trazos respectivos TVG, TVD de las rectas de mira DVG, DVD en el plano vertical de la montura PVM. Como el portador mira en este caso en la dirección de la pupila del aparato de captura de imagen, estos puntos TVG, TVD están aproximadamente confundidos con los puntos TOG, TOD en las primera y segunda posturas. Más precisamente, el sistema de tratamiento y de cálculo 83 calcula las abscisas respectivas X(TOG1) y X(TOD1) de los puntos TOG1 y TOD1 según el eje X en la primera ocurrencia (O1, X1, Y1, Z1) de la marca (O, X, Y, Z), así como las abscisas respectivas X(TOG2) y X(TOD2) de los puntos TOG2 y TOD2 en la segunda ocurrencia (O2, X2, Y2, Z2) de la referencia (O, X, Y, Z). Se pueden deducir entonces las distancias buscadas entre los centros de rotación CROG, CROD de los ojos izquierdo y derecho, por un lado, y el plano vertical de la montura PVM, por otra parte, que corresponden al lado opuesto de las abscisas según el eje Z, anotadas respectivamente Z(CROG), Z(CROD), de estos centros CROG, CROD. Se pueden aplicar las fórmulas siguientes:

$$Z(CROD) = -\text{Abs} ((X(TOD1)-X(TOD2)) / (\tan (AHOD1 + APIV1) - \tan(AHOD2 + APIV2)))$$

$$Z(CROG) = -\text{Abs} ((X(TOG1)-X(TOG2)) / (\tan (AHOG1 + APIV1) - \tan(AHOG2 + APIV2)))$$

en las que "Abs" es la función de valor absoluto y "tan" la función de tangente.

La figura 11 ilustra una variante de realización de la invención, que puede ser ventajosa para un aumento de precisión o para realizar unas capturas de imagen para unas direcciones de mirada que corresponden a las visiones de lejos o de cerca, o también para mejorar el cálculo del radio del ojo.

El dispositivo está completado en este caso por una segunda fuente luminosa visible 115 tal como un diodo, cuyo centro 116 constituye entonces un punto de mira que atrae la mirada del portador. El procedimiento recoge, esencialmente, el conjunto de las etapas descritas anteriormente. Sólo se describirán las adiciones o modificaciones realizadas con respecto al modo de realización que se acaba de describir en detalle.

Durante una décima etapa S10, está prevista una tercera postura relativa (O3, X3, Y3, Z3) de la cabeza del sujeto con respecto a la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90. Esta tercera postura es idéntica o distinta de las primera y segunda posturas relativas.

La figura 11 ilustra una tercera postura relativa que sustituye o se añade a la primera o segunda postura y en la que se captura una tercera imagen de la cara del portador y del sistema de localización 20.

En las primera y segunda posturas ilustradas por las figuras 9 y 10, los puntos de referencia tenidos en cuenta para el cálculo de paralaje son los reflejos córneos del diodo 92 que está situado cerca de la pupila de entrada del aparato de captura de imagen 90. En la tercera postura ilustrada por la figura 11, se prevé que el portador mire en la dirección del diodo 115, cuya posición con respecto a la pupila 95 del aparato de captura de imagen 90 es conocida y está introducida como parámetro en la memoria del sistema de tratamiento y de cálculo 93. La posición del diodo 115 es, con respecto al referencial unido a la cabeza del sujeto (O, X, Y, Z), distinta de la del diodo 92.

En una undécima etapa S11, el aparato de captura de imagen 90 captura en esta tercera postura relativa una tercera imagen plana de frente de la cabeza del sujeto, con el sistema de localización 20 y los ojos.

El sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula, a partir de la tercera imagen capturada, un tercer valor APIV3 del ángulo de postura.

En una duodécima etapa S12, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 identifica, en esta tercera imagen, la imagen de un tercer punto de referencia predeterminado de cada ojo. Este punto de referencia es en este caso el reflejo RCG3, RCD3 del diodo 115 respectivamente por la córnea del ojo izquierdo y del ojo derecho. Es así debido a que los ojos observan el diodo 115.

Después, durante una decimotercera etapa S13, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula el radio ROG ROD de cada ojo en función:

- de las imágenes de los reflejos córneos RCG1, RCD1 de la primera imagen y/o de los reflejos córneos RCG2, RCD2 de la segunda imagen, así como de la imagen de los reflejos córneos RCG3, RCD3 de la tercera

imagen,

- del primer y/o del segundo valor APIV1, APIV2 y del tercer valor APIV3 del parámetro de postura APIV, y
- 5 - de las posiciones conocidas de los puntos de mira 92, 116 con respecto a la pupila 95 del aparato de captura de imagen 90.

10 El grupo de las etapas S10, S11, S12, en este caso, es distinto del grupo de las etapas S1, S2, S3 por un lado, y del grupo de las etapas S4, S5, S6 por otro lado. Como variante, se podrá prever que el grupo de las etapas S10, S11, S12 sea confundido con uno de los grupos de las etapas S1, S2, S3 y S10, S11, S12. Se realiza entonces en combinación, a partir de sólo dos imágenes capturadas de frente, el cálculo al mismo tiempo de la posición del ojo con respecto a la lente y de su radio.

15 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula, a partir de la imagen del tercer punto de referencia RCG3, RCD3 (reflejo córneo del diodo 115) del ojo en cuestión y del tercer valor del ángulo de postura APIV3, las coordenadas en el referencial (O, X, Y, Z) de la cabeza del portador, de una tercera recta de observación DOD3, DOG3 que une el centro 96 de la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90 y el tercer punto de referencia RCG3, RCD3 (reflejo córneo del diodo 115) del ojo OD, OG.

20 Se considera la dirección de la mirada del portador.

25 Durante las primera y segunda capturas de imágenes, cada ojo mira el diodo luminiscente 92. Pero en la tercera configuración de la figura 11, cada ojo mira el diodo luminiscente 11, que está lejos del aparato de captura de imagen. El centro 116 de este diodo 115 constituye un tercer punto de mira cuya posición es conocida en el referencial del aparato de captura de imagen 90. El cálculo de la posición del centro de rotación CROD, CROG de cada ojo es entonces función además de las posiciones de los puntos de mira, que materializa el diodo 92 en las dos posturas.

30 Se definen en la tercera postura relativa, dos terceras rectas de mira DVD3, DVG3 que unen respectivamente los terceros puntos de referencia, que constituyen los reflejos córneos RCD3, RCG3 en el punto de mira, es decir en el centro 116 del diodo 115.

35 Como el diodo 115 está situado a distancia de la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90, las terceras rectas de mira DVG3, DVD3 son claramente distintas de las terceras rectas de observación DOG3, DOD3. Por lo tanto, se debe tener en cuenta específicamente, en el cálculo de la posición de los centros de rotación de los ojos, la posición del tercer punto de mira que constituye el diodo 115.

40 La tercera ocurrencia AHOG3, AHOD3 de cada uno de los ángulos AHOG, AHOD (definidos anteriormente) en la tercera postura se calcula mediante el sistema de tratamiento y de cálculo 93, como se ha indicado anteriormente para las primera y segunda posturas.

45 A partir de los valores de estos ángulos, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula los trazos respectivos TOG3, TOD3 de las terceras ocurrencias de las rectas de observación DOG3, DOD3 en la tercera ocurrencia del plano vertical de la montura PVM3, así como los trazos respectivos TVG3, TVD3 de las terceras ocurrencias de las rectas de mira DVG3, DVD3 en la tercera ocurrencia del plano vertical de la montura PVM3. Más precisamente, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula las abscisas respectivas X(TOG3) y X(TOD3) de los puntos TOG3 y TOD3 según el eje X en la tercera ocurrencia (O3, X3, Y3, Z3) de la referencia (O, X, Y, Z), así como las abscisas respectivas X(TVG3) y X(TVD3) de los puntos TVG3 y TVD3 en la tercera ocurrencia (O3, X3, Y3, Z3) de la referencia (O, X, Y, Z). Se pueden deducir entonces las distancias buscadas entre los centros de rotación CROG, CROD de los ojos izquierdo y derecho, por un lado, y el plano vertical de la montura PVM, por otro lado, que corresponden al lado opuesto de las abscisas según el eje Z, anotadas respectivamente Z(CROG), Z(CROD), de estos centros CROG, CROD.

55 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula además el radio del ojo aprovechándose del hecho de que entre las primera y segunda posturas por un lado y la tercera postura por otro lado, la posición angular de cada ojo alrededor de su centro de rotación CROG, CROD ha cambiado con respecto a la pupila de entrada 95 del aparato de captura de imagen 90.

60 El sistema de tratamiento y de cálculo 93 calcula el radio de cada ojo OD, OG a partir:

- de las abscisas respectivas X(TVG3), X(TVD3), X(TOG3), X(TOD3) de los puntos TVG3, TVD3; TOG3, TOD3 en la tercera ocurrencia (O3, X3, Y3, Z3) de la referencia (O, X, Y, Z), y
- 65 - de las abscisas respectivas X(TOG1), X(TOD1) de los puntos TOG1, TOD1 en la primera ocurrencia (O1, X1, Y1, Z1) de la referencia (O, X, Y, Z) (estando los puntos TVG1, TVD1 respectivamente confundidos con los puntos TOG1, TOD1), y/o

- de las abscisas respectivas X(TOG2), X(TOD2) de los puntos TOG2, TOD2 en la segunda ocurrencia (O2, X2, Y2, Z2 de la referencia (O, X, Y, Z)

5 Así, por ejemplo, si se efectúan tres capturas de imagen en las primera, segunda y tercera posturas, si las segunda y tercera ocurrencias correspondientes de los ángulos de postura APIV2 y APIV3 son iguales y si las segunda y tercera ocurrencias D2, D3 de la distancia D entre el aparato de captura de imagen 90 y el origen O de la referencia (O, X, Y, Z) unido a la cabeza del portador son iguales o cercanas, se pueden aprovechar las segunda y tercera imágenes capturadas para efectuar un cálculo simple y preciso del radio del ojo. Si se anotan respectivamente ROG, ROD los radios de los ojos izquierdo y derecho, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 puede ejecutar las fórmulas siguientes:

$$\text{ROG} = \text{Abs}(X(\text{RCG2}) - X(\text{RCG3})) / \text{OMEGA}$$

$$\text{ROD} = \text{Abs}(X(\text{RCD2}) - X(\text{RCD3})) / \text{OMEGA}$$

$$\text{OMEGA} = \text{Arctan}(d(\text{ART}, \text{PVO}) \cdot \text{Sen}(\text{APIV2}) / (d(\text{ART}, \text{PVO}) \cdot (1 - \text{cos}(\text{APIV2})) + D2) + \text{Arctan}((\text{Abs}(X96 - X116) - d(\text{ART}, \text{PVO}) \cdot \text{Sen}(\text{APIV2})) / (d(\text{ART}, \text{PVO}) + D2 - d(\text{ART}, \text{PVO}) \cdot \text{Cos}(\text{APIV2})))$$

20 en las que

X(RCG2), X(RCD2) son respectivamente las abscisas según el eje X de la referencia (O, X, Y, Z) de los reflejos córneos izquierdo y derecho RCG, RCD en la segunda postura,

25 X(RCG3), X(RCD3) son respectivamente las abscisas según el eje X de la referencia (O, X, Y, Z) de los reflejos córneos izquierdo y derecho RCG, RCD en la tercera postura,

X96 y X116 son respectivamente las abscisas según el eje X de los puntos de mira 96 y 116, y d(ART, PVO) es la distancia entre el eje de rotación vertical de la cabeza ART y el plano vertical de la montura PVO.

30 Para terminar, el sistema de tratamiento y de cálculo 93 deduce de la distancia entre cada lente 100, 101 y el ojo OD, OG correspondiente y de la orientación de cada lente, la configuración del referencial de la lente correctora a realizar con respecto a los ojos del portador.

35 Otros ejemplos de variantes.

Se puede prever, por ejemplo, realizar la medición de la posición del CRO del ojo del portador utilizando una fuente luminosa infrarroja cerca o confundida con la fuente luminosa visible que forma el punto de mira para la mirada del portador. La medición en el infrarrojo permite aumentar el contraste de la pupila del ojo y del reflejo córneo sobre las imágenes capturadas y asegura una mejor precisión de la medición.

Se puede considerar asimismo calcular la posición media del CRO del ojo del portador por medio de mediciones de la posición del CRO del ojo del portador sobre varias imágenes capturadas. La utilización de un método matemático conocido como el método de los mínimos cuadrados permite entonces minimizar los errores de medición de esta posición.

Se podrá medir en particular, por medio de un procedimiento análogo al que se acaba de describir, la posición de un punto localizable de cada ojo diferente del centro de rotación de este ojo, como por ejemplo el centro de la pupila o del iris, un punto de la esclerótica adyacente a la comisura del párpado o al redondeo superior o inferior del párpado.

50 Por otra parte, en el ejemplo ilustrado por las figuras 8 y 10, los primer y segundo puntos de mira (en la primera y segunda posturas) son distintos, ya que las primera y segunda posturas son distintas. Se podría sin embargo prever que los primer y segundo puntos de mira estén confundidos, observando el portador, en las primera y segunda posturas, un solo y mismo punto de mira tal como, por ejemplo, el centro de una diana, luminosa o no, fijada sobre una pared o sobre una mesa o un travesaño.

Se podría prever por otro lado, ventajosamente, que por lo menos dos posturas y dos puntos de mira sean tales que, durante la captura de imagen en una de las posturas, las direcciones de la mirada de los ojos correspondan a la visión de lejos y que, durante la captura de imagen en otra postura, las direcciones de la mirada de los ojos correspondan a la visión de cerca. Es posible así efectuar, a partir de las imágenes así capturadas, unos datos suplementarios tales como las separaciones pupilares y las alturas de los ojos en visión de lejos y en visión de cerca, o también unas informaciones sobre el comportamiento del portador (por ejemplo, su tendencia a mover más los ojos o la cabeza para pasar de la visión de lejos a la visión de cerca, o a la inversa).

65 Se puede prever asimismo que las diferentes posturas relativas de la cabeza del portador con respecto al aparato de captura de imagen sean predeterminadas. La posición del aparato de captura de imagen es entonces fija, o en

cualquier caso, predefinida para cada una de las capturas de imagen, y el portador es incitado, para cada captura de imagen, a colocar su cabeza en la postura deseada y predefinida, por medio de un accesorio de ayuda a cualquier posicionamiento. Este accesorio puede, por ejemplo, consistir en un visor o un puntero LASER que equipa la montura o el sistema de localización asociado a una diana de posición conocida, que se pide al portador puntear, o también un dispositivo apoyacabeza que inmoviliza la cabeza del portador en una postura predefinida. En este caso, la adquisición de los diferentes valores del parámetro de postura (tal como el ángulo APIV) es global: las diferentes posturas utilizadas para la medición son comunes a todos los portadores y los parámetros de postura correspondientes son por lo tanto unos parámetros globales (0 "variables globales" en idioma informático) que no son objeto de una nueva adquisición con cada medición.

Se puede prever por otra parte que el dispositivo y el procedimiento sean concebidos para funcionar para una orientación del plano de Francfort que no es paralelo al plano horizontal PH de la referencia terrestre. Es posible entonces realizar el procedimiento descrito anteriormente, pero considerando que la dirección vertical está definida con respecto al portador y no con respecto a la referencia terrestre. Dicho de otra manera, la dirección vertical es entonces definida como la dirección perpendicular al eje primario de mirada del portador y contenida en el plano sagital PSAG. El plano horizontal, perpendicular a la dirección vertical, es entonces definido como confundido con el plano de Francfort.

El procedimiento descrito puede ser aplicado asimismo en el caso de un par de gafas de tipo abierto. En este caso, cada varilla está directamente fijada sobre la lente de presentación correspondiente. Los cálculos o mediciones realizadas con relación a los cercos (geometría, orientación) en la descripción anterior se realizan entonces con relación a las lentes de presentaciones montadas sobre la montura de tipo abierto.

Como variante, para una montura de tipo completa, se puede prever realizar el procedimiento con una montura completa desprovista de lentes de presentación. En este caso, los vástagos que soportan las bolas de apoyo se apoyan a su vez contra los cercos de la montura. Se puede definir entonces globalmente para cada cerco su plano medio, que pasa por la posición de la cruz de montaje. Se realiza entonces el procedimiento descrito anteriormente buscando la orientación de este plano.

Siempre en el caso de una montura de tipo completa, es posible prever sólo una lente de presentación izquierda o derecha, considerando que la configuración del referencial de la otra lente se obtiene por simetría con respecto al plano de simetría de la montura. En este caso, es posible guardar los dos elementos de localización asociados a los dos ojos para determinar un eventual ángulo de pivotamiento. Es posible asimismo prever solamente un solo elemento de localización asociado a uno de los dos ojos, suponiendo que la cabeza está bien recta y que el plano de simetría de la montura está bien confundido con el plano sagital.

Se puede considerar asimismo que el portador no mantenga la cabeza recta en las primera y segunda posturas relativas. Gira entonces la cabeza con respecto a un eje perpendicular al plano sagital PSAG. Los parámetros de posturas a determinar comprenden entonces un ángulo de rotación con respecto a este eje horizontal correspondiente a un ángulo entre el aparato de captura de imagen y la cabeza del sujeto en un plano vertical.

Por último, el orden de ejecución de las etapas no es limitativo, y el experto en la materia sabrá modificarlo a su antojo preservando al mismo tiempo la coherencia de conjunto del procedimiento.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de medición de la posición, según una dirección horizontal del plano sagital (PSAG), del centro de rotación (CROD, CROG) de un ojo (OD, OG) de un sujeto en un referencial (O, X, Y, Z) unido a la cabeza de este sujeto, que comprende las etapas siguientes:
- 10 S1) colocar en una primera postura relativa (O1, X1, Y1, Z1) la cabeza del sujeto con respecto a la pupila de entrada (95) de un aparato de captura de imagen (90) dispuesto enfrente de la cara del sujeto,
- 15 S2) en esta primera postura relativa, capturar una primera imagen plana del ojo por medio del aparato de captura de imagen (90),
- S3) identificar, en esta primera imagen, la imagen de un primer punto de referencia predeterminado (RCG1, RCD1) del ojo,
- 20 S4) disponer en una segunda postura relativa (O2, X2, Y2, Z2) la cabeza del sujeto con respecto a la pupila de entrada (95) del aparato de captura de imagen (90), distinta de la primera postura relativa (O1, X1, Y1, Z1),
- S5) en esta segunda postura relativa, capturar una segunda imagen plana del ojo por medio del aparato de captura de imagen (90),
- 25 S6) identificar, en esta segunda imagen, la imagen de un segundo punto de referencia predeterminado (RCG2, RCD2) del ojo,
- S9) calcular dicha posición del centro de rotación (CROD, CROG) del ojo en función de las imágenes de los primer y segundo puntos de referencia (RCG1, RCD1, RCG2, RCD2) del ojo y de los primer y segundo valores (APIV1, APIV2) de un parámetro de postura (APIV), respectivamente asociados a las primera y segunda posturas relativas,
- 30 según el cual, durante las primera y segunda capturas de imágenes, el ojo mira respectivamente unos primer y segundo puntos de mira (92, 92; 92, 116) que tienen unas posiciones conocidas uno con respecto al otro,
- 35 siendo dichas posiciones de los primer y segundo puntos de mira (92, 92; 92, 116) distintas con respecto a la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90), siendo las primera y segunda posturas y los primer y segundo puntos de mira tales que durante las primera y segunda capturas de imágenes, las direcciones correspondientes de la mirada del ojo son distintas en el referencial unido a la cabeza del sujeto (O, X, Y, Z), y en el que el cálculo de la posición del centro de rotación (CROD, CROG) del ojo del sujeto en el referencial unido al sujeto es además función de las posiciones relativas de los puntos de mira (92, 92; 92, 116), y
- 40 siendo calculados los valores del parámetro de postura según las etapas siguientes:
- se dispone sobre la cabeza del sujeto un elemento de localización (60, 70, 80; 700; 800) que tiene por lo menos una característica geométrica conocida,
 - 45 - cada una de las primera y segunda imágenes planas capturadas en cada postura relativa por medio del aparato de captura de imagen integra una imagen plana de un elemento de localización (60, 70, 80; 700; 800) sobre la cabeza del portador, que es tratada para medir una característica geométrica dependiente de una característica geométrica conocida de este elemento de localización,
 - 50 - los diferentes valores del parámetro de postura relativa (APIV) para las diferentes posturas son calculados en función de esta característica geométrica medida de la imagen capturada del elemento de localización y de la característica geométrica del elemento de localización.
- 55 2. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que, estando definidas, en la primera postura relativa, una primera recta de observación (DOG1, DOD1) que une la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) y el primer punto de referencia (RCG1, RCD1) del ojo y, en la segunda postura relativa, una segunda recta de observación (DOG2, DOD2) que une la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) y el segundo punto de referencia (RCG2, RCD2) del ojo, las primera y segunda posturas relativas son tales que estas primera y segunda rectas de observación forman cada una, con sus proyecciones sobre el plano sagital (PSAG) y sobre el plano de Francfort (PF) del sujeto, unos ángulos respectivos inferiores a 45 grados.
- 60 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, estando definidas, en la primera postura relativa, una primera recta de observación (DOG1, DOD1) que une la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) y el primer punto de referencia (RCG1, RCD1) del ojo y, en la segunda postura relativa, una segunda recta de observación (DOG2, DOD2) que une la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) y el segundo punto de

referencia (RCG2, RCD2) del ojo, las primera y segunda posturas relativas son tales que estas primera y segunda rectas de observación presentan unas configuraciones distintas una de la otra con respecto a la cabeza del sujeto.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además las etapas siguientes:

S7) calcular, en la primera postura relativa (O1, X1, Y1, Z1), una primera recta de observación (DOG1, DOD1) que une la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) y el primer punto de referencia (RCG1, RCD1) del ojo y, en la segunda postura relativa, una segunda recta de observación (DOG2, DOD2) que une la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) y el segundo punto de referencia (RCG2, RCD2) del ojo,

S8) verificar si estas primera y segunda rectas de observación (DOG1, DOD1, DOG2, DOD2) presentan unas configuraciones sustancialmente distintas una de la otra con respecto a la cabeza del sujeto y, en caso negativo, ejecutar de nuevo las etapas S1 a S3 o las etapas S4 a S6.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que por lo menos dos posturas y dos puntos de mira son tales que, durante la captura de imagen en una de las posturas, las direcciones de la mirada de los ojos corresponden a la visión de lejos y que, durante la captura de imagen en otra postura, las direcciones de la mirada de los ojos corresponden a la visión de cerca.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, durante por lo menos la primera o segunda captura de imagen, el ojo mira respectivamente un primer o segundo punto de mira (92), que tiene una posición conocida con respecto a la pupila del aparato de captura de imagen (90) y en el que se ejecutan las etapas siguientes:

S10) disponer en una tercera postura relativa (O3, X3, Y3, Z3) la cabeza del sujeto con respecto a la pupila de entrada (95) del aparato de captura de imagen (90), idéntica o distinta de las primera y segunda posturas relativas, mirando el ojo en esta tercera postura un tercer punto de mira (116) que tiene una posición que es conocida con respecto a la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) y que es, con respecto al referencial unido a la cabeza del sujeto (O, X, Y, Z), distinta de la del primer o segundo punto de mira (92),

S11) en esta tercera postura relativa (O3, X3, Y3, Z3), capturar una tercera imagen plana del ojo por medio del aparato de captura de imagen (90),

S12) identificar, en esta tercera imagen, la imagen de un tercer punto de referencia predeterminado (RCG3, RCD3) del ojo,

S13) calcular el radio (ROG, ROD) del ojo en función:

- de las imágenes del primer o segundo punto de referencia (RCG1, RCD1, RCG2, RCD2) y del tercer punto de referencia (RCG3, RCD3) del ojo,
- del primer o del segundo valor (APIV1, APIV2) del parámetro de postura y de un tercer valor (APIV3) del parámetro de postura (APIV) asociado a la tercera postura, y
- de las posiciones conocidas de los puntos de mira (92, 116) con respecto a la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90),

siendo el grupo de etapas S10, S11, S12, o bien distinto del grupo de etapas S1, S2, S3 por un lado, y del grupo de etapas S4, S5, S6 por otro lado, o bien confundido con uno de estos grupos de etapas.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que

- el primer punto de referencia (RCG1, RCD1) del ojo es el reflejo de una primera fuente luminosa (92) sobre la córnea del ojo, teniendo esta primera fuente luminosa una primera posición conocida con respecto a la pupila de entrada (95) del aparato de captura de imagen (90),
- el segundo punto de referencia (RCG2, RCD2) del ojo es el reflejo de una segunda fuente luminosa (116) sobre la córnea del ojo, siendo esta fuente luminosa distinta o estando confundida con la primera fuente luminosa, y teniendo una posición conocida con respecto a la pupila de entrada (95) del aparato de captura de imagen (90),
- el cálculo de la posición del centro de rotación (CROD, CROG) del ojo se realiza en función, además, de las posiciones de las primera y segunda fuentes luminosas (92, 116).

8. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 7, consideradas conjuntamente, en el que, durante las primera y segunda capturas de imágenes, el ojo mira respectivamente la primera y segunda fuente luminosa (92, 116), que

constituyen así dichos primer y segundo puntos de mira.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, para calcular la posición del centro de rotación (CROD, CROG) del ojo en la etapa S9, se ejecutan las sub-etapas siguientes:

- deducir, de la imagen del primer punto de referencia (RCG1, RCD1) del ojo y del primer valor (PSAG1) del parámetro de postura, las coordenadas, en dicho referencial de la cabeza del sujeto (O, X, Y, Z), de una primera recta de observación (DOG1, DOD1) que une la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) y el primer punto de referencia (RCG1, RCD1) del ojo,
- deducir, de la imagen del segundo punto de referencia (RCG2, RCD2) del ojo y del segundo valor (PSAG2) del parámetro de postura, las coordenadas, en dicho referencial de la cabeza del sujeto, de una segunda recta de observación (DOG2, DOD2) que une la pupila (95) del aparato de captura de imagen y el segundo punto de referencia del ojo (RCG2, RCD2),
- calcular la posición del centro de rotación del ojo del sujeto en el referencial unido a la cabeza del sujeto en función de las coordenadas de las primera y segunda rectas de observación (DOG1, DOD1, DOD2, DOG2).

10. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que la posición del centro de rotación se calcula como posición del punto de intersección o, si estas rectas no son rigurosamente secantes, la de mayor proximidad de las dos rectas de observación (DOG1, DOD1, DOD2, DOG2).

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho por lo menos un parámetro de postura comprende uno o varios de los parámetros siguientes:

- el ángulo horizontal entre el aparato de captura de imagen y la cabeza del sujeto,
- el ángulo vertical entre el aparato de captura de imagen y la cabeza del sujeto,
- la distancia entre el aparato de captura de imagen y la cabeza del sujeto.

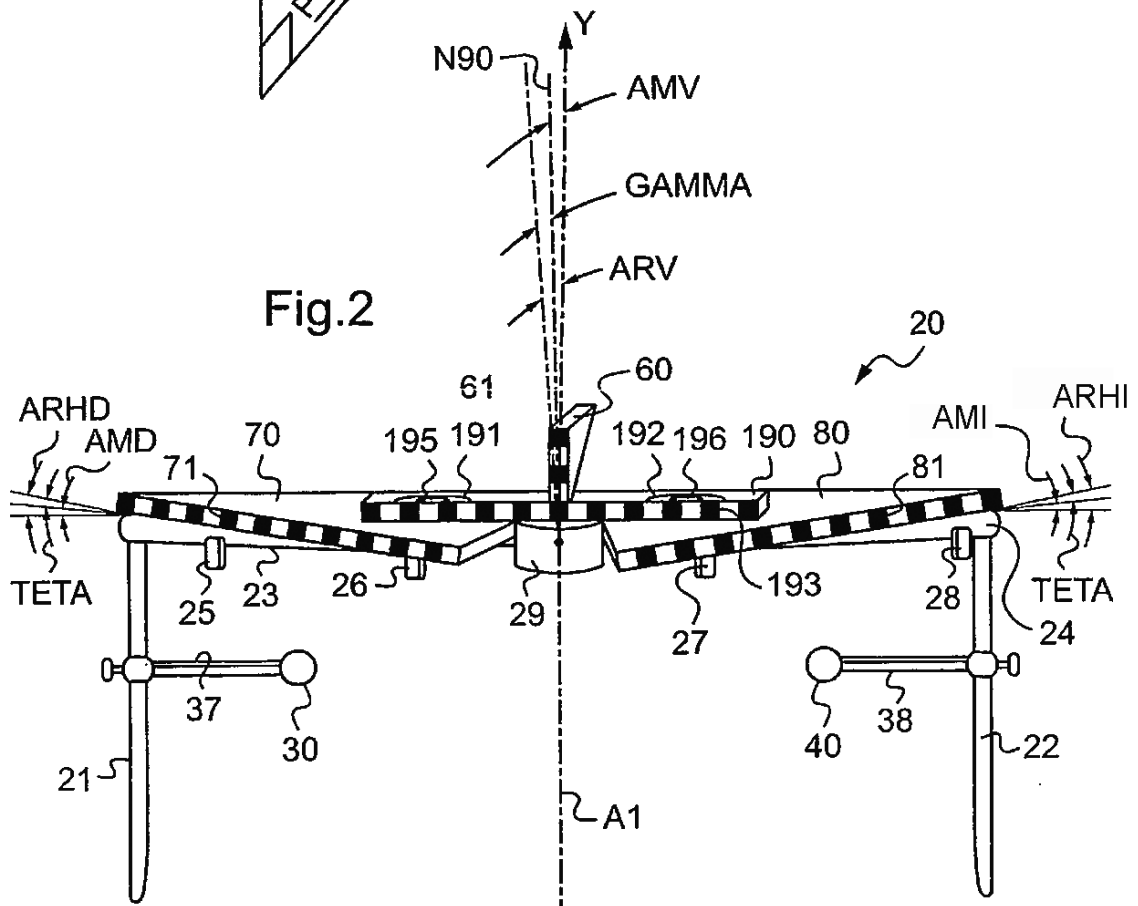
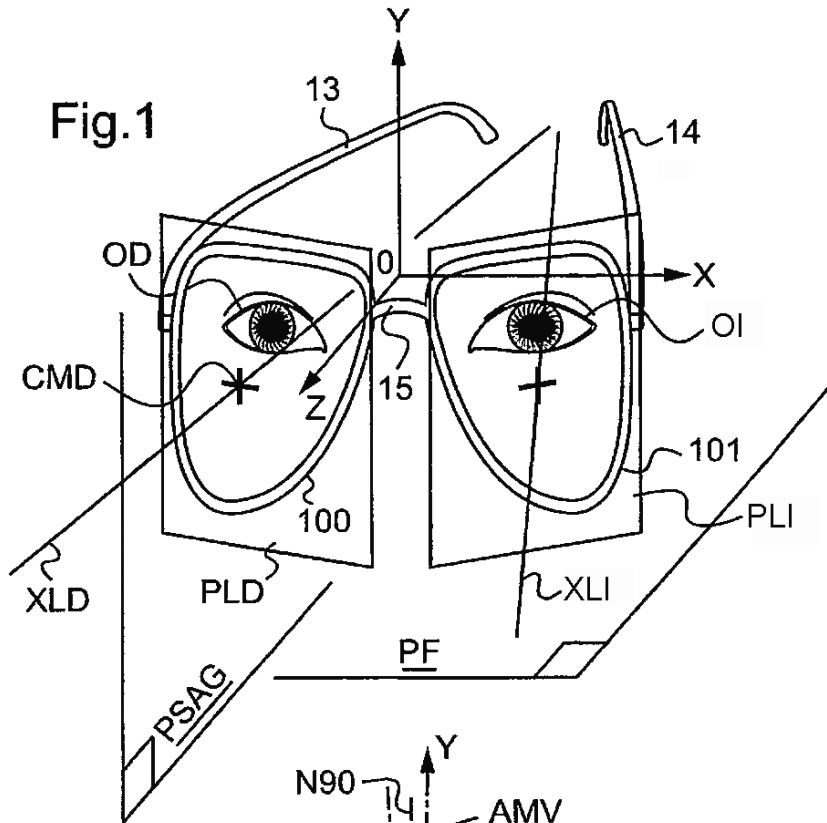
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los primer y segundo puntos de referencia del ojo se confunden en un mismo punto de este ojo que consiste en uno de los puntos siguientes del ojo:

- el centro de la pupila o del iris,
- un punto de la esclerótica adyacente a la comisura del párpado o al redondeo superior o inferior del párpado.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los primer y segundo puntos de referencia del ojo son unos puntos de este ojo distintos uno del otro.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que durante por lo menos una de las capturas de imagen, el sujeto está equipado con una montura de gafas sobre la cual está montado el elemento de localización (60, 70, 80; 700; 800) y en el que se calcula, en función de esta característica geométrica medida de la imagen capturada del elemento de localización y de la característica geométrica conocida del elemento de localización, por lo menos una componente de la orientación de una lente montada sobre esta montura.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, en las etapas S1) y S4), se dispone la cabeza del sujeto con respecto a la pupila de entrada del aparato de captura de imagen (90) en las primera y segunda posturas relativas, de manera que la posición relativa de la pupila (95) del aparato de captura de imagen (90) con respecto a un eje de rotación vertical (ART) de la cabeza del sujeto, no sea modificada entre dichas primera y segunda posturas por un desplazamiento transversal de más de 200 milímetros según una dirección perpendicular al eje óptico del aparato de captura de imagen, y de manera que el sujeto gire la cabeza con respecto a dicho eje de rotación vertical en por lo menos 5 grados y en como máximo 60 grados entre dichas primera y segunda posturas para fijar con la mirada respectivamente unos primer y segundo puntos de mira que tienen unas posiciones distintas conocidas una con respecto a la otra.



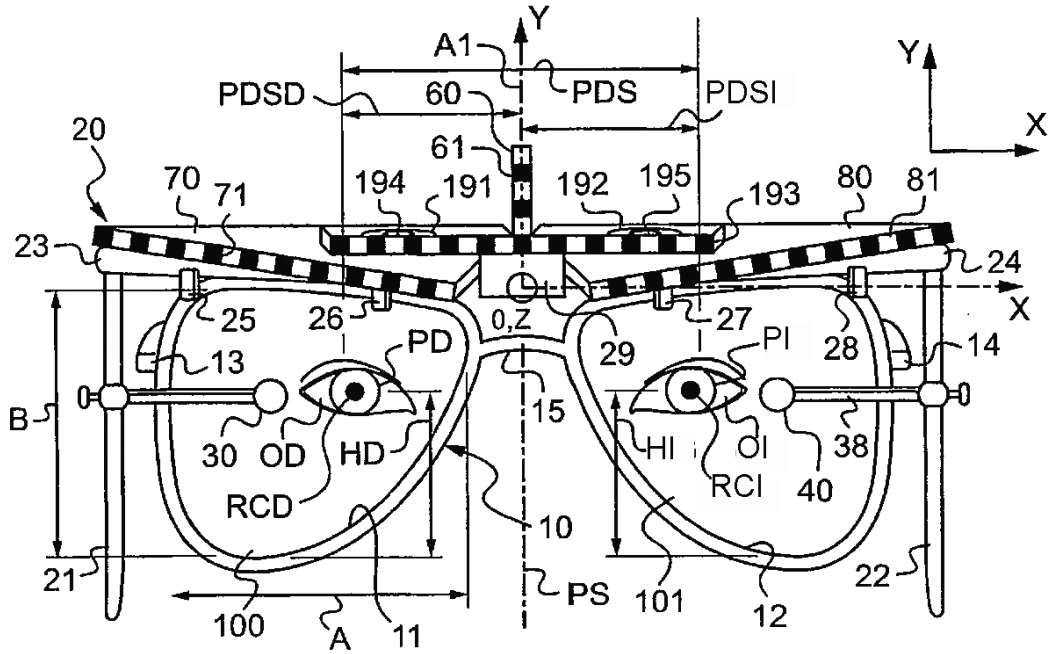


Fig.3

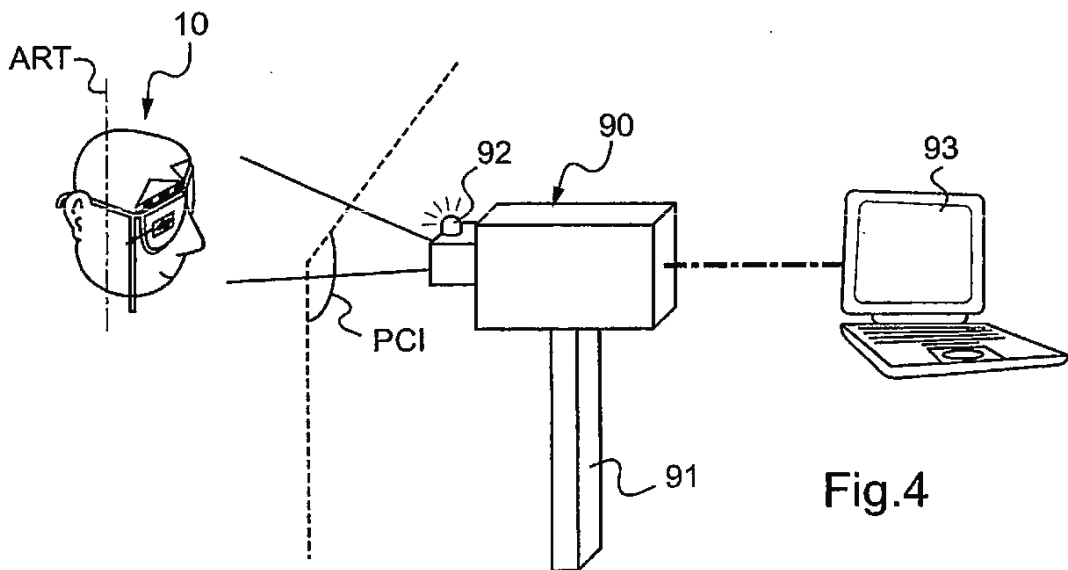


Fig.4

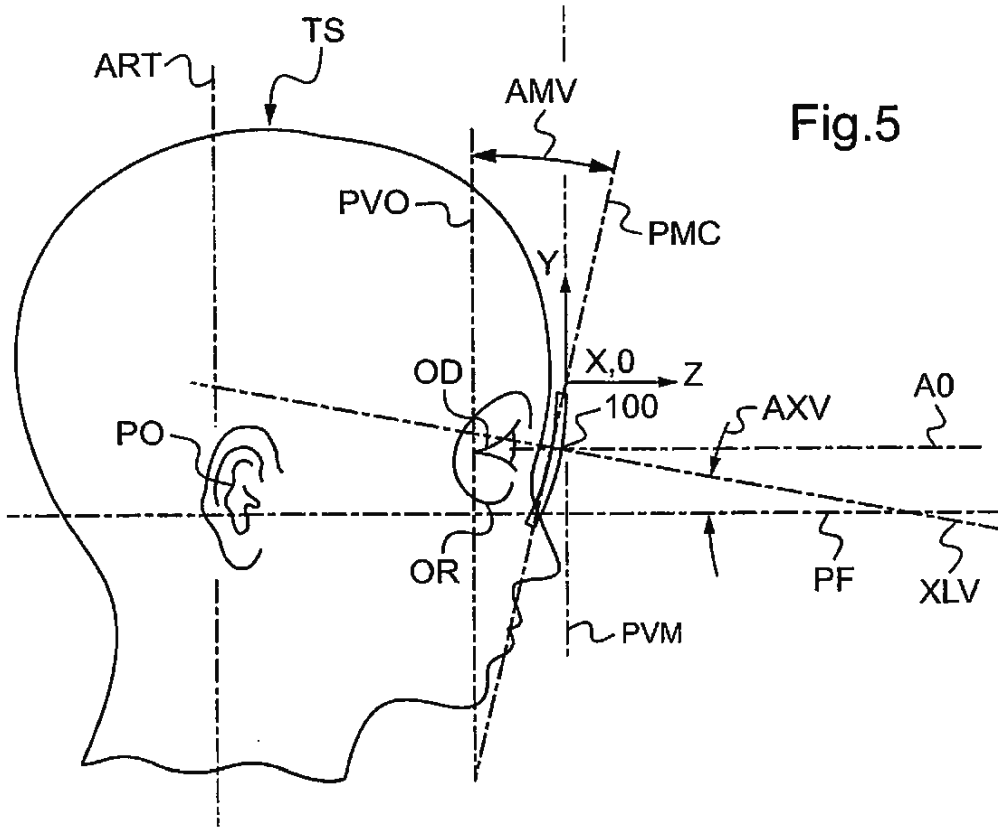


Fig.5

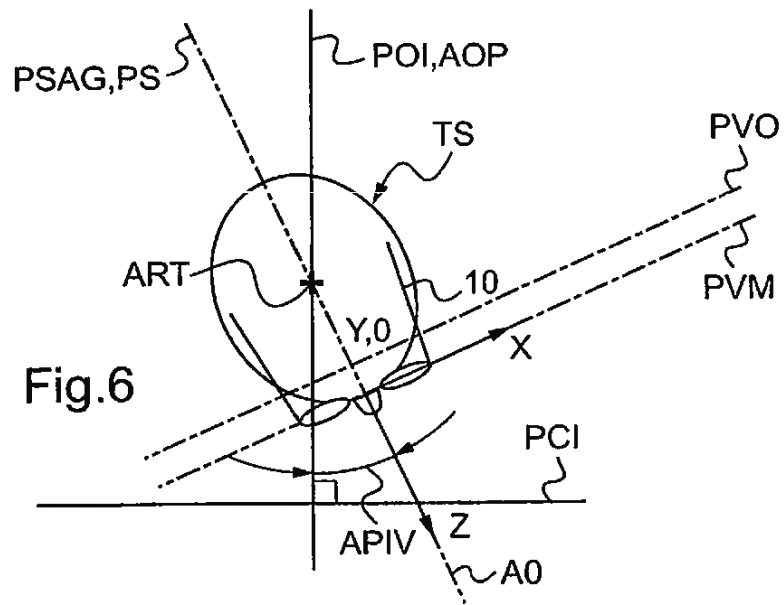


Fig.6

Fig.7

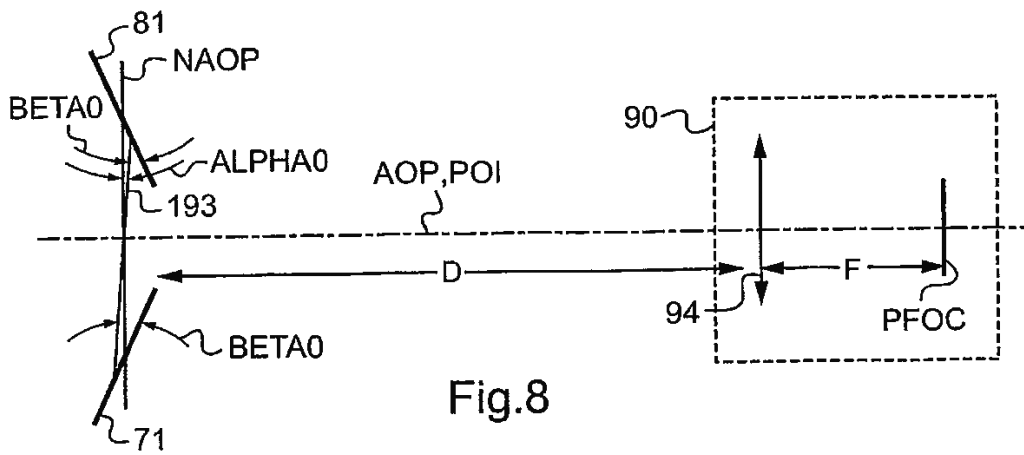
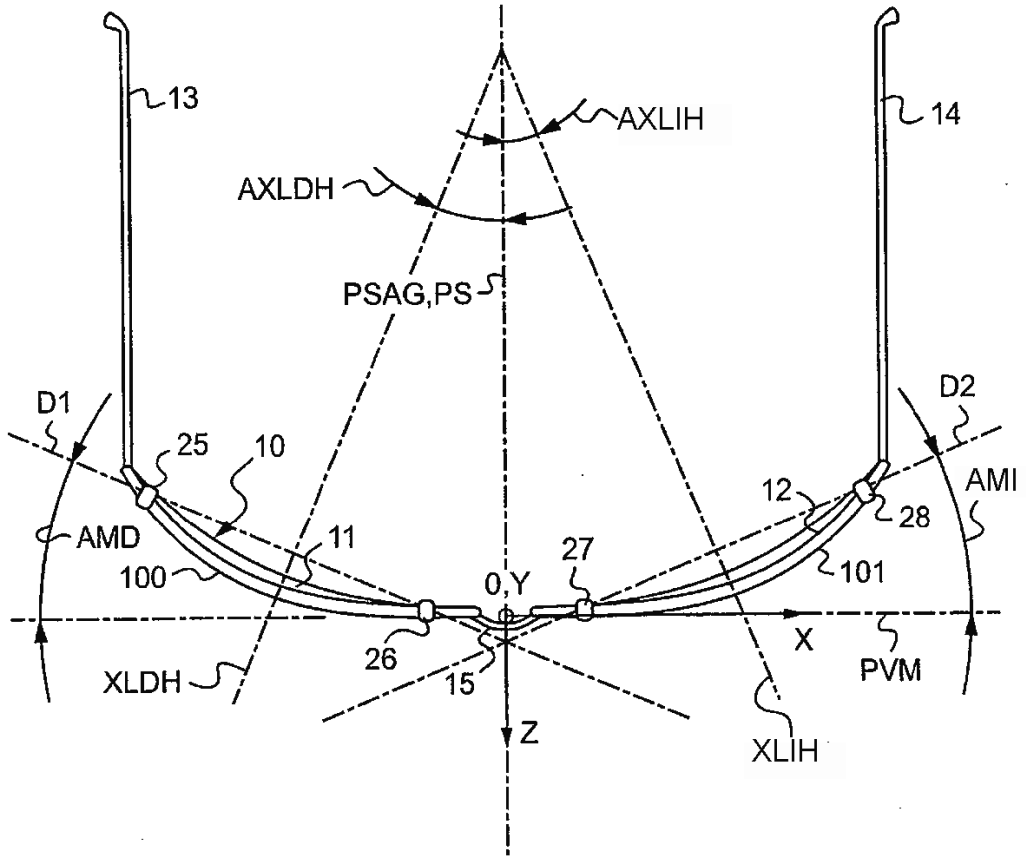


Fig.8

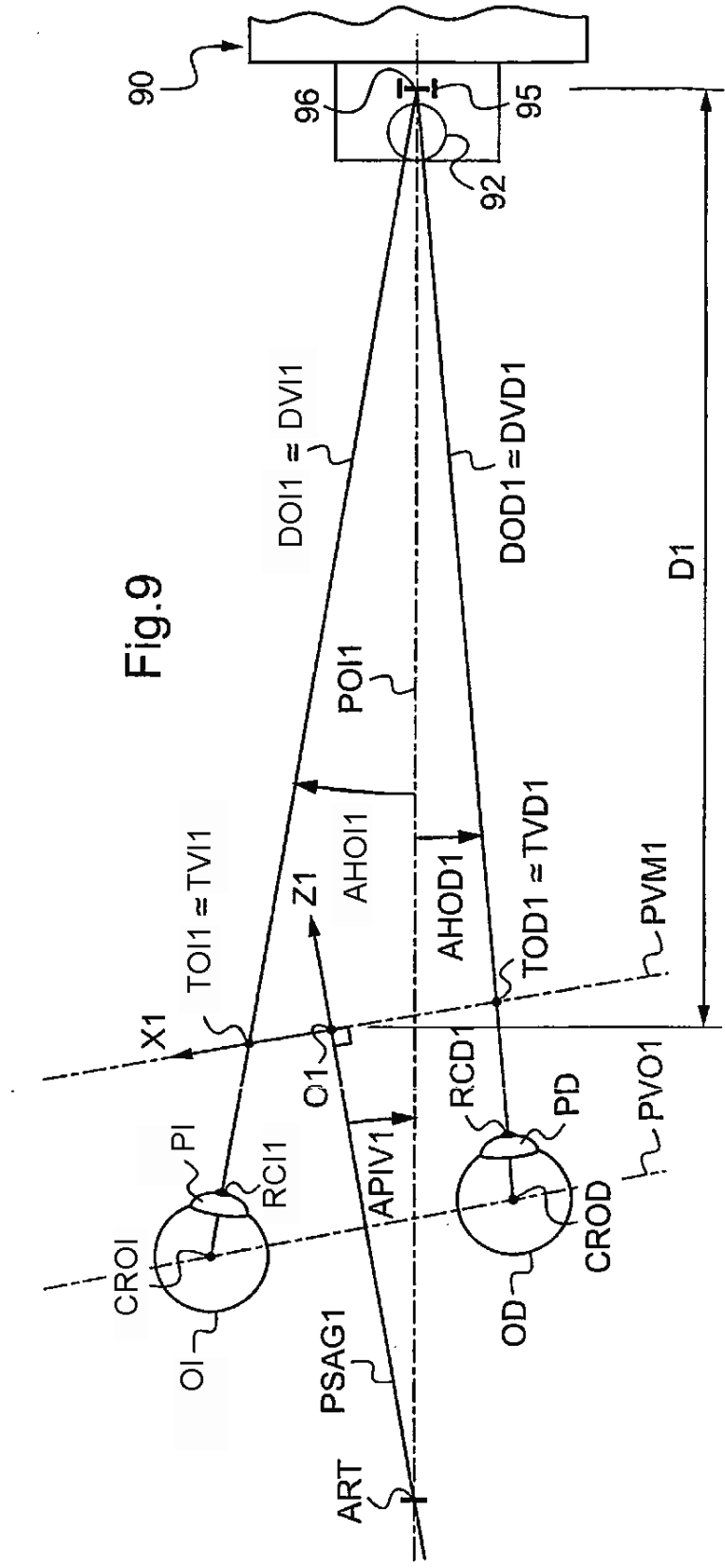


Fig.9

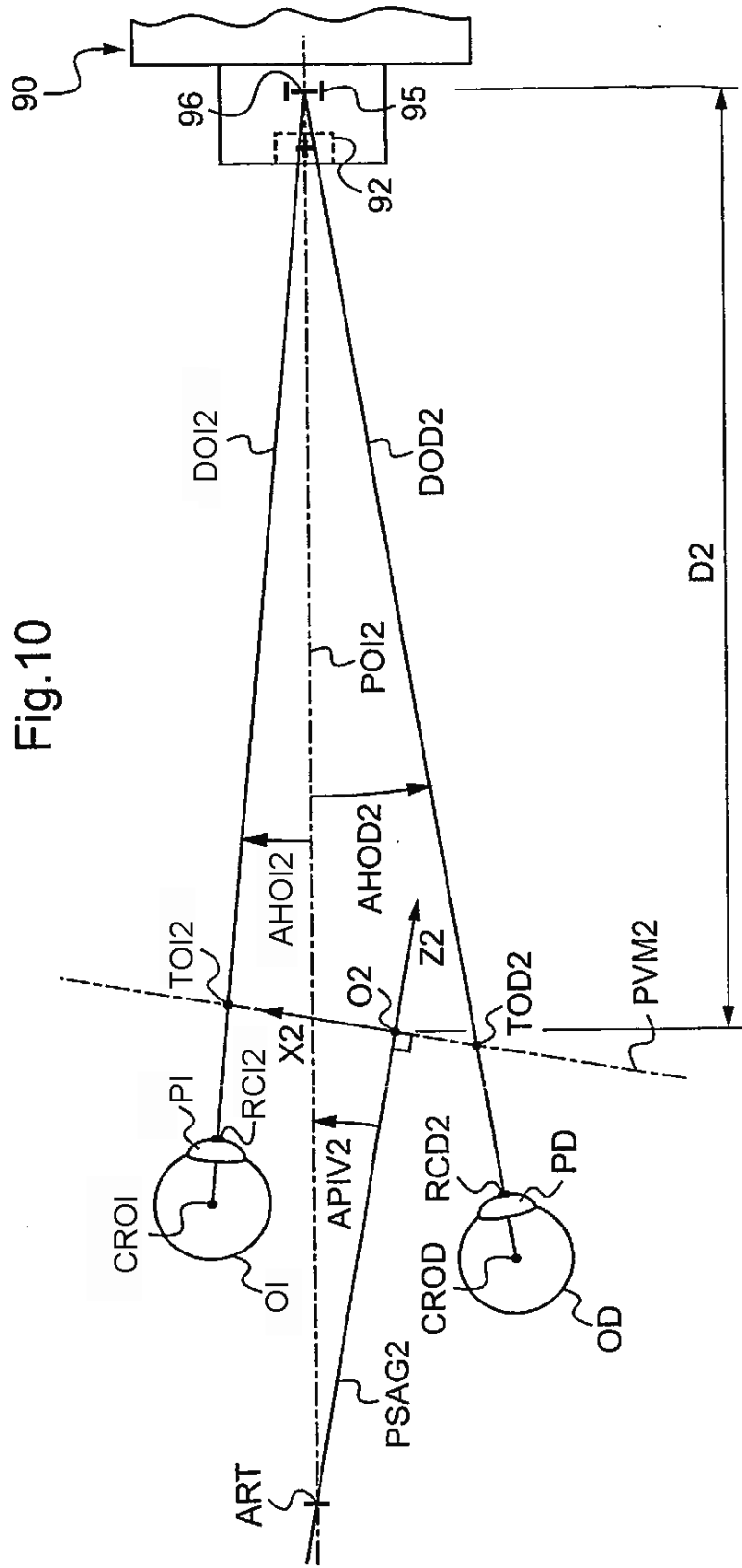


Fig.10

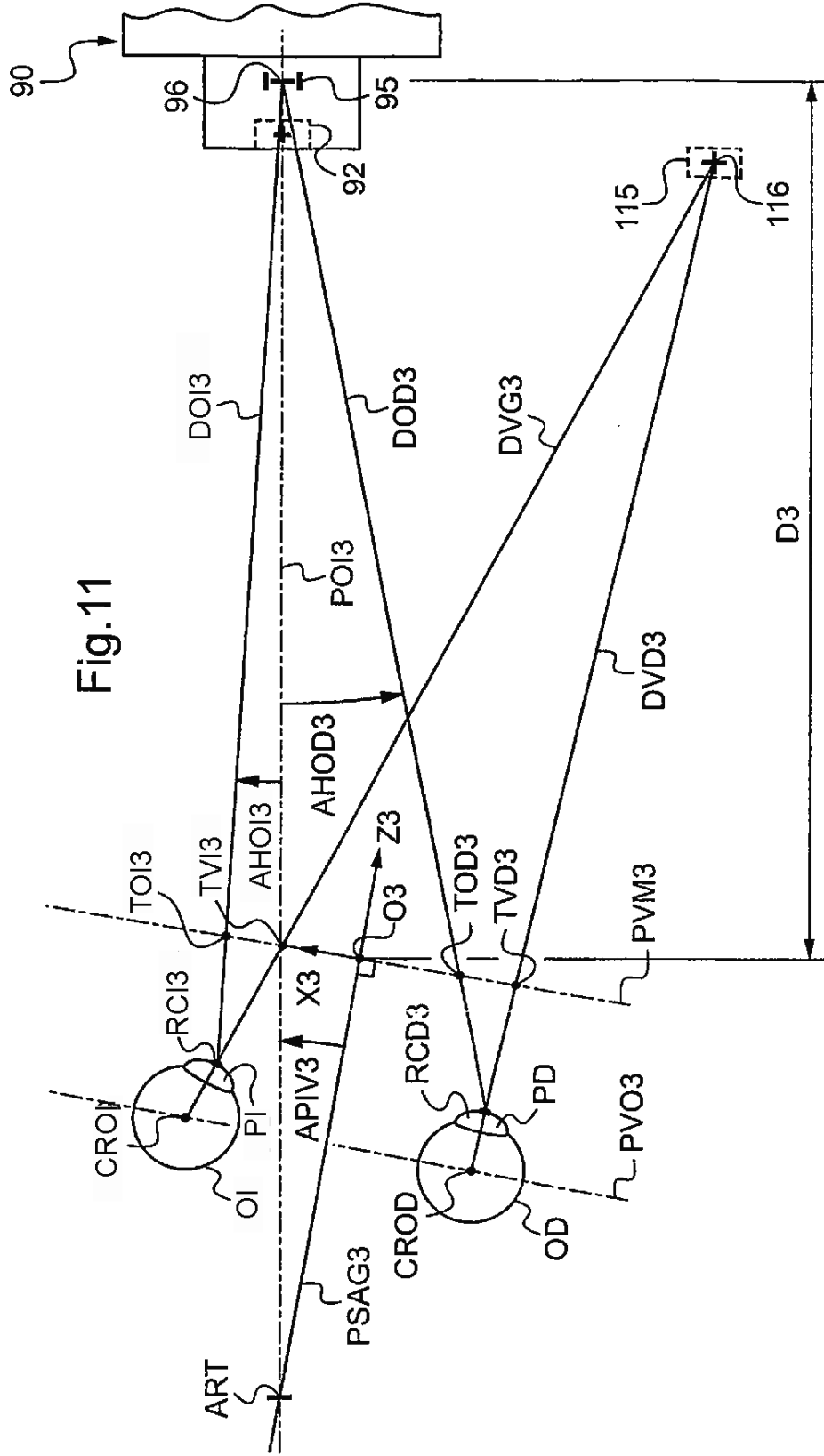


Fig. 11