



Office de la Propriété

Intellectuelle
du CanadaUn organisme
d'Industrie CanadaCanadian
Intellectual Property
OfficeAn agency of
Industry Canada

CA 2682239 C 2017/04/25

(11)(21) **2 682 239**(12) **BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT**(13) **C**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2008/03/26
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2008/11/06
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2017/04/25
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2009/09/28
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2008/000412
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2008/132356
(30) Priorité/Priority: 2007/03/30 (FR0702335)

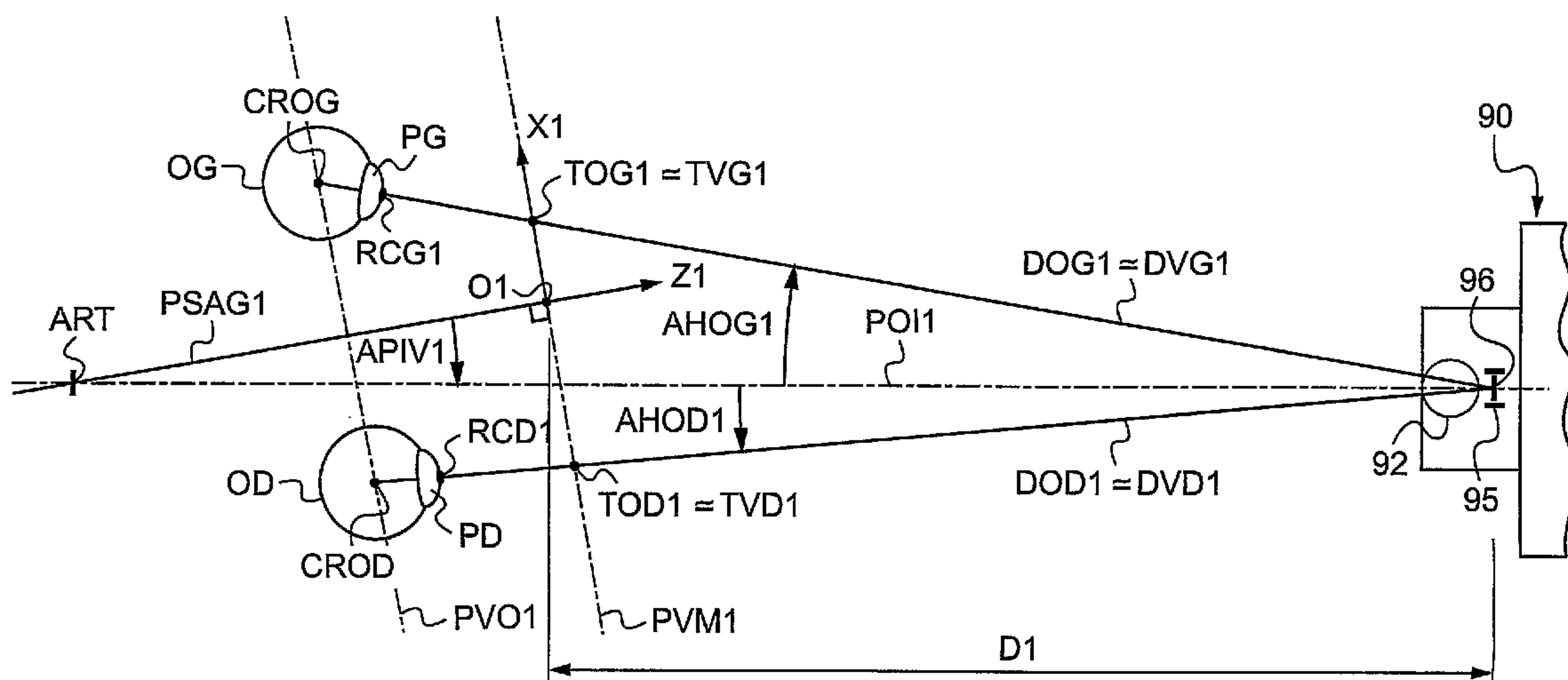
(51) Cl.Int./Int.Cl. *A61B 3/113* (2006.01),
A61B 3/14 (2006.01), *G02B 27/01* (2006.01),
G02C 13/00 (2006.01)

(72) Inventeur/Inventor:
CHAUVEAU, JEAN-PIERRE, FR

(73) Propriétaire/Owner:
ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE GENERALE
D'OPTIQUE), FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : PROCEDE DE MESURE DE LA POSITION SUIVANT UNE DIRECTION HORIZONTALE DU PLAN SAGITTAL
D'UN POINT REMARQUABLE D'UN Oeil D'UN SUJET
(54) Title: METHOD FOR MEASURING THE POSITION OF A REMARKABLE POINT OF THE EYE OF A SUBJECT
ALONG THE HORIZONTAL DIRECTION OF THE SAGITTAL PLANE



(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention concerne de manière générale la prise de mesures géométricomorphologiques sur un sujet. Elle vise plus particulièrement un procédé de mesure de la position d'un point remarquable de l'oeil du sujet. Le procédé comporte entre autres les étapes de captures d'images selon différentes postures relatives (APIV1, APIV2, (O1, X1, Y1, Z1), (O2, X2, Y2, Z2)) d'un sujet, d'identification de points de référence de l'oeil ((RCG1, RCD1), (RCG2, RCD2)) et de calcul du point remarquable (CROD, CROG) en fonction des images capturées. Les valeurs des paramètres de posture (APIV) sont obtenues grâce à un élément de repérage (60, 70, 80, 700, 800) ayant au moins une caractéristique géométrique connue disposé sur la tête du sujet. Chaque image capturée contient une représentation de cet élément de repérage (60, 70, 80, 700, 800). Le paramètre de posture est ainsi calculé en fonction des images et de la caractéristique géométrique connue.

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle**
Bureau international



**(43) Date de la publication internationale
6 novembre 2008 (06.11.2008)**

PCT

**(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/132356 A1**

(51) Classification internationale des brevets :
A61B 3/113 (2006.01) G02C 13/00 (2006.01)
A61B 3/14 (2006.01) G02B 27/01 (2006.01)

(74) Mandataires : CHAUVIN, Vincent etc.; Coralis, 85, boulevard Malesherbes, F-75008 Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/000412

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Date de dépôt international : 26 mars 2008 (26.03.2008)

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

(25) Langue de dépôt : français

GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

(26) Langue de publication : français

FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL,

(30) Données relatives à la priorité :
0702335 30 mars 2007 (30.03.2007) FR

[Suite sur la page suivante]

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE GENERALE D'OPTIQUE) [FR/FR]; 147, rue de Paris, F-94220 Charenton Le Pont (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : CHAUVEAU, Jean-Pierre [FR/FR]; Essilor International, 147 rue de Paris, F-94220 Charenton Le Pont (FR).

(54) Title: METHOD FOR MEASURING THE POSITION OF A REMARKABLE POINT OF THE EYE OF A SUBJECT ALONG THE HORIZONTAL DIRECTION OF THE SAGITTAL PLANE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE MESURE DE LA POSITION SUIVANT UNE DIRECTION HORIZONTALE DU PLAN SAGITTAL D'UN POINT REMARQUABLE D'UN Oeil D'UN SUJET

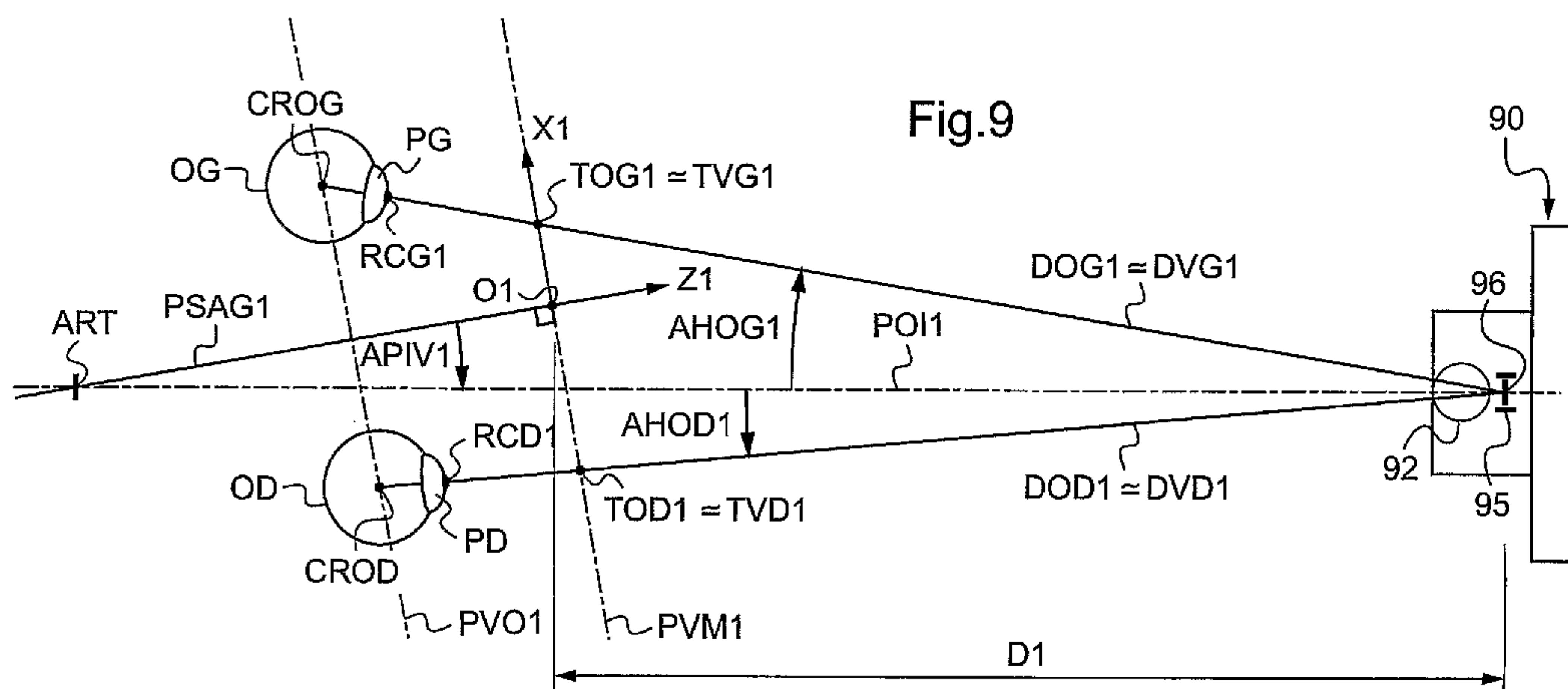


Fig.9

(57) Abstract: The invention generally relates to a method for taking a person's geometrico-morphological measurements and, more specifically, to a method for measuring the position of a remarkable point of the person's eye. The inventive method includes steps in which images are captured of a person in different relative postures (APIV1, APIV2, (01, X1, Y1, Z1), (02, X2, Y2, Z2)), reference points of the eye ((RCG1, RCD1), (RCG2, RCD2)) are identified and the remarkable point (CROG, CROD) is calculated as a function of the captured images. The values of the posture parameter (APIV) are obtained by placing a marker element (60, 70, 80, 700, 800) with at least one known geometric property on the person's head. Each captured image contains a representation of said marker element (60, 70, 80, 700, 800). The posture parameter is then calculated as a function of the images and the known geometric property.

[Suite sur la page suivante]

WO 2008/132356 A1

WO 2008/132356 A1

NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(57) Abrégé : La présente invention concerne de manière générale Ia prise de mesures géométricomorphologiques sur un sujet. Elle vise plus particulièrement un procédé de mesure de Ia position d'un point remarquable de l'oeil du sujet. Le procédé comporte entre autres les étapes de captures d'images selon différentes postures relatives (APIV1, APIV2, (01,X1,Y1, Z1), (02,X2, Y2, Z2)) d'un sujet, d'identification de points de référence de l'oeil ((RCGI,RCDI), (RCG2,RCD2)) et de calcul du point remarquable (CROD, CROG) en fonction des images capturées. Les valeurs des paramètre de posture (APIV) sont obtenues grâce à un élément de repérage (60, 70, 80, 700, 800) ayant au moins une caractéristique géométrique connue disposé sur Ia, tête du sujet. Chaque image capturée contient une représentation de cet élément de repérage(60, 70, 80, 700, 800). Le paramètre de posture est ainsi calculé en fonction des images et de Ia caractéristique géométrique connue.

« Procédé de mesure de la position suivant une direction horizontale du plan sagittal d'un point remarquable d'un oeil d'un sujet »

DOMAINE TECHNIQUE AUQUEL SE RAPPORTÉ L'INVENTION

La présente invention concerne de manière générale la prise de mesures géométrico-morphologiques sur un sujet. Elle vise plus particulièrement un procédé de mesure de la position d'un point remarquable de l'oeil du sujet. Elle trouve une application particulière, mais non exclusive, à la prise de mesures géométrico-morphologiques sur futur porteur de lunettes, en vue de la conception optique personnalisée de lentilles ophtalmiques correctrices à monter dans la monture choisie par ce futur porteur.

ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

Lors de la conception optique d'une lentille ophtalmique correctrice, on cherche actuellement à prendre mieux en compte des paramètres géométrico-morphologiques individuels, dits de conception optique personnalisée, attachés au porteur et à la monture qu'il a choisie. Ces paramètres comprennent notamment la configuration spatiale de la lentille par rapport à la tête du porteur, dans les conditions du porté. Cette configuration spatiale est déterminée par (i) l'orientation de la lentille par rapport à l'œil correspondant du porteur et (ii) la distance entre la lentille et l'œil correspondant du porteur.

Pour déterminer cette configuration spatiale, l'opticien place une paire de lunettes de présentation sur le nez du porteur. Les lunettes de présentation comportent la monture choisie par le porteur et des lentilles non correctrices montées dans les cercles de la monture.

La mesure de la distance entre chaque lentille et l'œil correspondant du porteur est effectuée manuellement : l'opticien observe le porteur de profil et réalise une mesure à l'estime, au moyen d'un réglet, de la distance entre la cornée et la face arrière de la lentille de présentation.

On a proposé d'automatiser cette mesure en photographiant de profil le porteur et en traitant l'image ainsi acquise pour tenter de déterminer la distance séparant la lentille de l'œil. Cependant, l'opération de traitement d'image s'est avérée peu fiable dans la mesure où les cercles et branches de la monture peuvent masquer l'œil et où la reconnaissance du point de la face arrière de la lentille en regard de l'œil s'avère périlleuse. En outre, la prise de vue de profil du porteur s'ajoute à d'autres mesures géométrico-morphologiques sur porteur, telles que la mesure des écarts interpupillaires et hauteurs des yeux, du galbe de la monture, de l'angle pantoscopique de chaque lentille au porté (angle que forme le

plan général de la lentille par rapport à la verticale), ou encore le comportement visuel du porteur (en particulier sa tendance à bouger plus ou moins les yeux ou la tête lorsqu'il scrute le champ visuel). Or, tout ou partie de ces autres mesures peuvent être effectuées au moyen d'une ou plusieurs prises de vue de face du porteur. La demanderesse s'est donc fixé pour objectif, dans le cadre de la présente invention, de proposer une méthode permettant d'effectuer une mesure de la distance entre l'oeil et la lentille à partir de prises de vue globalement de face, et non de profil.

Par ailleurs, la distance séparant la pupille de la face arrière de la lentille n'est pas la grandeur la plus pertinente pour réaliser un calcul de design optique personnalisé par tracés de rayon de la lentille correctrice destinée à équiper la monture. En effet, le mouvement de l'oeil est globalement assimilable à une combinaison de rotations autour d'un point particulier appelé Centre de Rotation de l'Oeil (CRO). C'est la position de ce point que le concepteur de la lentille souhaite connaître pour effectuer convenablement son calcul. Selon la pratique actuelle, la position du CRO est déduite de façon approximative de celle de la cornée en considérant une valeur moyenne de rayon de l'oeil, typiquement d'environ 15 mm. Or, le rayon d'oeil varie sensiblement d'un individu à l'autre, si bien que cette approximation conduit à des erreurs importantes qui pénalisent lourdement la pertinence du calcul optique personnalisé.

OBJET DE L'INVENTION

Le but de la présente invention est de remédier à tout ou partie des inconvénients précités.

A cet effet, on propose selon l'invention un procédé de mesure de la position, suivant une direction horizontale du plan sagittal, d'un point remarquable d'un oeil d'un sujet dans un référentiel lié à la tête de ce sujet, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :

S1) agencer dans une première posture relative la tête du sujet par rapport à la pupille d'entrée d'un appareil de capture d'image disposé en regard du visage du sujet,

S2) dans cette première posture relative, capturer une première image plane de l'oeil au moyen de l'appareil de capture d'image,

S3) identifier, sur cette première image, l'image d'un premier point de référence prédéterminé de l'oeil,

S4) agencer dans une seconde posture relative la tête du sujet par rapport à la pupille d'entrée de l'appareil de capture d'image, distincte de la

première posture relative,

S5) dans cette seconde posture relative, capturer une seconde image plane de l'oeil au moyen de l'appareil de capture d'image,

5 S6) identifier, sur cette seconde image, l'image d'un second point de référence prédéterminé de l'oeil,

S9) calculer ladite position du point remarquable de l'oeil en fonction des images des premier et second points de référence de l'oeil et de première et seconde valeurs d'un paramètre de posture respectivement associées aux première et seconde postures relatives, ces valeurs du paramètre de posture étant
10 calculées selon les étapes suivantes :

- on dispose sur la tête du sujet un élément de repérage (60, 70, 80 ; 700 ; 800) ayant au moins une caractéristique géométrique connue,

15 - chacune des première et seconde images planes capturées dans chaque posture relative au moyen de l'appareil de capture d'image intègre une image plane de l'élément de repérage (60, 70, 80 ; 700 ; 800) qui est traitée pour en mesurer une caractéristique géométrique dépendant de la caractéristique géométrique connue de l'élément de repérage,

20 - les différentes valeurs du paramètre de posture pour les différentes postures sont calculées en fonction de cette caractéristique géométrique mesurée de l'image capturée de l'élément de repérage et de la caractéristique géométrique connue de l'élément de repérage.

Le rapprochement des images des premier et second points de référence de l'oeil est représentatif du déplacement angulaire apparent de l'oeil à partir de deux points de vue différents correspondant aux première et seconde postures relatives. Un calcul de parallaxe permet alors, compte-tenu des informations sur les deux points de vue que constituent les première et seconde valeurs du paramètre de posture, d'obtenir la position recherchée.
25

De plus, le procédé selon l'invention peut être mis en oeuvre à l'aide d'un unique appareil de capture d'image.

30 Enfin, le calcul du paramètre de posture correspondant à chaque posture du sujet est réalisé à partir des seules images planes capturées de face dans les différentes postures, sans que d'autres mesures soient effectuées.

Avantageusement, le point remarquable dont la position est recherchée est le centre de rotation de l'oeil du sujet.

35 On peut alors prévoir que, lors des première et seconde captures d'images, l'oeil regarde respectivement des premier et second points de visée

ayant des positions connues l'une par rapport à l'autre et dans lequel le calcul de la position du centre de rotation de l'oeil du sujet dans le référentiel lié au sujet est de plus fonction des positions relatives des points de visée dans lequel les première et seconde postures et les premier et second points de visée sont tels
5 que, lors des première et seconde captures d'images, les directions correspondantes du regard de l'oeil sont distinctes dans le référentiel lié à la tête du sujet.

Les positions des premier et second points de visée par rapport à la pupille de l'appareil de capture d'image peuvent être distinctes ou au contraire
10 confondues.

Selon encore une autre caractéristique avantageuse de l'invention, pour calculer la position du point remarquable de l'oeil à l'étape S9, on exécute les sous-étapes de :

- déduire, de l'image du premier point de référence de l'oeil et de la
15 première valeur du paramètre de posture, les coordonnées, dans ledit référentiel de la tête du sujet, d'une première droite d'observation reliant la pupille de l'appareil de capture d'image et le premier point de référence de l'oeil,

- déduire, de l'image du second point de référence de l'oeil et de la seconde valeur du paramètre de posture, les coordonnées, dans ledit référentiel
20 de la tête du sujet, d'une seconde droite d'observation reliant la pupille de l'appareil de capture d'image et le second point de référence de l'oeil,

- calculer la position du point remarquable de l'oeil du sujet dans le référentiel lié à la tête du sujet en fonction des coordonnées des première et seconde droites d'observation.

25 Avantageusement alors, le point remarquable dont la position est recherchée est le centre de rotation de l'oeil du sujet et dans lequel la position de ce point est calculée en tant que position du point d'intersection ou, si ces droites ne sont pas rigoureusement sécantes, de plus grande proximité des deux droites d'observation.

30 Le paramètre de posture peut par exemple consister en un ou plusieurs des paramètres suivants :

- l'angle horizontal (c'est-à-dire, dans un plan horizontal) entre l'appareil de capture d'image et la tête du sujet,
- l'angle vertical (c'est-à-dire, dans un plan vertical) entre l'appareil de
35 capture d'image et la tête du sujet,
- la distance entre l'appareil de capture d'image et la tête du sujet.

Les premier et second points de référence de l'oeil peuvent par exemple se confondre en un même point de cet oeil consistant en l'un des points suivants de l'oeil :

- le centre de la pupille ou de l'iris,
- 5 - un point de la sclérotique adjacent à la commissure de la paupière ou au congé supérieur ou inférieur de la paupière.

Les premier et second points de référence de l'oeil peuvent aussi être des points de cet oeil distincts l'un de l'autre.

Le point remarquable dont la position est recherchée peut par exemple 10 consister en l'un des points suivants de l'oeil :

- le centre de la pupille ou de l'iris,
- un point de la sclérotique adjacent à la commissure de la paupière ou au congé supérieur ou inférieur de la paupière.

On peut alors avantageusement prévoir que les premier et second points 15 de référence de l'oeil se confondent avec le point remarquable de cet oeil dont la position est recherchée.

Selon encore une autre caractéristique avantageuse de l'invention, lors 20 des étapes S1) et S4), on agence la tête du sujet par rapport à la pupille d'entrée de l'appareil de capture d'image, dans les première et seconde postures relatives, de manière que la position relative de la pupille de l'appareil de capture d'image 25 par rapport à un axe de rotation vertical de la tête du sujet ne soit pas modifiée entre lesdites première et seconde postures par un déplacement transversal de plus de 200 millimètres suivant une direction perpendiculaire à l'axe optique de l'appareil de capture d'image, et de manière que le sujet pivote la tête autour dudit axe de rotation vertical d'au moins 5 degrés et d'au plus 60 degrés entre lesdites premières et seconde postures pour fixer du regard respectivement des premier et second points de visée ayant des positions distinctes connues l'une par rapport à l'autre.

Cette combinaison de caractéristiques résout le problème technique 30 additionnel expliqué ci-dessous, qui concerne l'obtention de deux postures relatives différentes de la tête du sujet par rapport à la pupille d'entrée de l'appareil de capture d'image.

Pour que la tête du sujet soit agencée dans deux postures relatives 35 différentes par rapport à la pupille d'entrée de l'appareil de capture d'image, on peut procéder de différentes manières.

Si l'appareil de capture d'image est mobile, on peut déplacer cet appareil

de capture d'image entre les première et seconde captures d'image alors que l'axe de rotation vertical de la tête sujet reste immobile. La tête du sujet pivote autour de cet axe de rotation vertical pour que les yeux du sujet fixent la pupille de l'appareil de capture d'images lorsque celui-ci se déplace. Dans ce cas, l'opticien doit 5 s'assurer que l'ensemble du visage du porteur est visible sur l'image capturée par l'appareil de capture d'image et que les ajustements de hauteur et d'inclinaison relatives entre la tête du porteur et l'appareil de capture d'images sont bien réalisés. Ces opérations limitent la rapidité d'exécution des captures d'image ainsi que leur précision.

10 Si l'appareil de capture d'image présente une position identique lors des première et seconde captures d'image, l'opticien peut demander au sujet de se déplacer tout en fixant du regard la pupille d'entrée de cet appareil de capture d'image. Les consignes de positionnement données par l'opticien au sujet assurent que le visage du porteur reste visible sur chaque image capturée par 15 l'appareil de capture d'image. Les interactions complexes et fastidieuses entre le sujet et l'opticien limitent cependant la rapidité d'exécution des première et seconde captures d'image.

Les deux postures relatives de la pupille de l'appareil de capture d'image et de la tête du sujet sont obtenues de façon plus simple et plus rapide si la 20 position relative de la pupille de l'appareil de capture d'image et de l'axe de rotation vertical de la tête du sujet reste sensiblement identique lors des première et seconde captures d'image et que seule la tête du sujet tourne autour de cet axe de rotation vertical tout en fixant des première et seconde positions d'un point de visée de l'appareil de capture d'images.

25 Les consignes de positionnement données par l'opticien au sujet, et plus généralement les interactions entre l'opticien et le sujet, sont alors limitées. De plus, l'opticien peut effectuer une capture d'image avec une meilleure précision, puisqu'il n'a pas à ajuster successivement entre deux captures d'image la hauteur ou l'inclinaison relative entre le sujet et l'appareil de capture d'image, ou bien plus 30 généralement le cadrage pour que la tête du sujet reste visible sur l'image capturée.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE D'UN EXEMPLE DE RÉALISATION

La description qui va suivre, en regard des dessins annexés, donnée à titre d'exemple non limitatif, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et 35 comment elle peut être réalisée.

Sur les dessins annexés :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une paire de lunettes de présentation disposée devant les yeux d'un futur porteur ;

- la figure 2 est une vue en perspective d'un système de repérage destiné à équiper la paire de lunettes de présentation ;

5 - la figure 3 est une vue schématique de l'image des lunettes de présentation et du système de repérage capturée de face ;

- la figure 4 est une vue en perspective du système de repérage de la figure 2 fixé sur la paire de lunettes de présentation et des moyens de capture d'image qui communiquent avec un système de traitement et de calcul ;

10 - la figure 5 est une vue de profil de la tête d'un porteur équipé des lunettes de présentation dans une configuration orthostatique ;

- la figure 6 est une vue de dessus du porteur équipé des lunettes de présentation dans une posture où il tourne la tête d'un certain angle par rapport à l'appareil de capture d'image ;

15 - la figure 7 est une vue de dessus de la monture équipée des lentilles de présentation ;

- la figure 8 est une vue en plan de principe, de dessus, du système de repérage et des moyens de capture d'image ;

20 - la figure 9 est une autre vue en plan de principe, de dessus, du système de repérage et des moyens de capture d'image, dans une première posture ;

- la figure 10 est une vue analogue à la précédente dans une seconde posture ;

25 - la figure 11 est une vue analogue à la précédente dans une troisième posture, avec une source lumineuse visible additionnelle formant un point de visée connu pour le porteur.

Dans la description qui suit, l'opticien détermine la configuration du référentiel de chaque lentille ophtalmique correctrice (non représentée) à monter dans une monture 10 de lunettes dans un référentiel lié à la tête du porteur et 30 dans la configuration du porté. Cette configuration est utilisée pour mettre en œuvre un procédé de conception optique personnalisée de la lentille ophtalmique correctrice en calculant des géométries de l'une et/ou l'autre des faces optiquement utiles de la lentille et/ou des gradients d'indice de la lentille en fonction du référentiel de la lentille par rapport au référentiel du porteur.

35 Le porteur est dans une configuration assise ou debout qui est telle que la tête du porteur est droite, c'est-à-dire que le plan de Francfort PF relatif à la tête

du porteur est sensiblement horizontal. Comme représenté sur la figure 5, le plan de Francfort PF est défini comme le plan passant par les points orbitaires inférieurs OR et le porion PO du porteur, le porion étant le point du crâne le plus élevé du conduit auditif, qui correspond au tragion de l'oreille. L'axe de regard du porteur est l'axe de regard primaire, c'est-à-dire qu'il regarde l'horizon droit devant lui. On dit également que le porteur prend une position orthostatique, position dans laquelle il réalise un minimum d'efforts.

On définit un plan sagittal PSAG comme étant le plan vertical passant par la médiatrice AO des deux yeux OG, OD. La médiatrice AO des yeux est l'axe passant au milieu du segment défini par les centres de rotation CROG, CROD des deux yeux et parallèle au plan de Francfort PF. On définit aussi un plan vertical œil PVO comme étant le plan vertical reliant les centres CROG, CROD des yeux.

La configuration recherchée du référentiel de chaque lentille correctrice est déterminée par :

- l'orientation de chaque lentille correctrice à monter sur la monture par rapport à la tête du porteur et
- la distance, dans la configuration du portée, entre la lentille et l'œil correspondant du porteur suivant une direction horizontale du plan sagittal PSAG (direction de l'axe Z qui est défini plus loin).

Le référentiel de chaque lentille correctrice est obtenu ici à partir de la détermination de la configuration du référentiel de chacune des lentilles de présentation 100, 101 non correctrices qui équipe, pour la vente et les prises de mesure, la monture et qui se substitue, pour la détermination de paramètres géométrico-morphologiques relatifs au porteur et à la monture, à la lentille correctrice à concevoir.

La paire de lunettes de présentation comporte la monture 10 choisie par le porteur et des lentilles de présentation droite et gauche 100, 101 (non correctrices). Dans l'exemple illustré, la paire de lunettes est de type cerclé, c'est-à-dire que les lentilles sont montées dans les cercles 11, 12 de la monture 10. En variante, la paire de lunettes de présentation peut être de type percé, c'est-à-dire que les lentilles sont percées et maintenues chacune par une extrémité du pontet nasal et une extrémité de la branche associée à la lentille, qui coopèrent avec des trous de perçage.

Dispositif

Aux figures 2 à 4, on a représenté un dispositif de détermination de paramètres géométrico-morphologiques individuels d'un porteur équipé d'une

paire de lunettes de présentation. Ces paramètres comportent la configuration du référentiel de chaque lentille correctrice à concevoir par rapport à la tête du porteur, ainsi que d'autres paramètres géométrico-morphologiques de répartition de gradients d'indice évoqués plus loin.

5 Ce dispositif comporte un système de repérage 20 à monter sur la monture 10 et des moyens de capture d'image 90 pour capturer dans un plan facial de capture d'image PCI, l'image du système de repérage 20 monté sur la monture 10 en position de porté. Les moyens de capture d'image 90 sont reliés à un système de traitement et de calcul 93 de l'image capturée.

10 Le système de repérage 20 comporte une ossature articulée comportant deux baguettes 23, 24 sensiblement rectilignes et sensiblement coplanaires, reliées entre elles par une charnière 29 présentant un axe d'articulation A1 sensiblement vertical dans la configuration du porté.

15 Chaque baguette 23, 24 est munie de moyens de fixation qui se présentent ici sous la forme d'une paire de pinces 25, 26, 27, 28. Ces pinces permettent de fixer, avec une capacité de pivotement, chaque baguette 23, 24 sur la partie supérieure sensiblement horizontal du cercle 11, 12 de la monture (figure 3) ou, lorsque les lunettes sont du type percées, de la lentille de présentation.

20 Chaque baguette 23, 24 est surmontée d'un élément de repérage horizontal 70, 80 qui se présente sous la forme d'une plaque triangulaire, d'une certaine épaisseur, dont une tranche présente une figure géométrique 71, 81 conçue de telle sorte que la configuration géométrique de cette figure géométrique 71, 81 projetée dans ledit plan facial de capture d'image PCI soit représentative de la composante horizontale de l'orientation de cet élément de repérage horizontal 70, 80. La composante horizontale de l'orientation d'un élément est définie par l'angle que fait la direction longitudinale de cet élément par rapport au plan vertical oeil PVO en projection dans le plan de Francfort PF. De même, la composante verticale de l'orientation d'un élément est définie par l'angle que fait la direction longitudinale de cet élément par rapport au plan vertical oeil PVO en projection dans le plan sagittal PSAG.

25 Ici, la figure géométrique comporte des motifs répétés d'espacement connu qui sont constitués par des bandes sombres, alternés avec des portions claires pour assurer un contraste suffisant. Les motifs de la figure géométrique 71, 81 s'étendent selon la direction longitudinale de la tranche correspondante de l'élément de repérage horizontal 70, 80. Chaque bande sombre est donc sensiblement verticale dans la configuration du porteur.

Chaque élément de repérage horizontal 70, 80 est fixé sur la baguette 23, 24 correspondante de telle sorte que, d'une part, la tranche portant la figure géométrique 71, 81 soit visible de face et, d'autre part, la direction d'étendue de cette figure géométrique (c'est-à-dire la direction longitudinale de la tranche correspondante) forme, dans le plan horizontal ou plan de Francfort PF, un angle TETA d'environ 30 degrés avec la direction longitudinale de la baguette 23, 24 (c'est-à-dire la droite passant par les pinces de fixation).

Les deux éléments de repérage horizontal 70, 80 sont également reliés entre eux par un élément de repérage médian 190 qui est associé mécaniquement aux deux éléments de repérage horizontaux 70, 80 de manière à rester constamment dans une position fixe par rapport à un plan vertical médian de symétrie de ces deux éléments 70, 80 sensiblement confondu avec un plan de symétrie PS de la monture (lui-même sensiblement confondu avec le plan sagittal PSAG du porteur). Cet élément de repérage médian porte une figure géométrique connue dont l'image, vue en projection dans le plan de capture d'image PCI par les moyens de capture d'image 90, permet, en combinaison avec les images des éléments de repérage 70, 80, de repérer dans l'espace l'orientation et la position du système de repérage 20, comme expliqué plus en détail dans la suite.

En l'espèce, cet élément de repérage médian est constitué par une barre de maintien 190 qui présente une direction longitudinale sensiblement perpendiculaire au plan de symétrie PS et donc au plan sagittal PSAG. Deux lumières 191, 192 de forme oblongue sont pratiquées dans la barre de maintien 190 en étant orientées selon la direction longitudinale de la barre. Les lumières 191, 192 accueillent deux plots de guidage 195, 196 attachés à la face supérieure des éléments de repérage 70, 80. Chaque moyen de repérage 70, 80 peut alors glisser par rapport à la barre de maintien 190 selon la direction longitudinale de la barre, les plots 195, 196 guidant le déplacement des moyens de repérage 70, 80 le long des lumières.

Cette mobilité de glissement des moyens de repérage 70, 80 par rapport à la barre de maintien 190 combinée à leur mobilité de pivotement autour de l'axe de pivotement A1 permet aux éléments de repérage horizontal 70, 80 d'être fixés sans contrainte sur les cercles 11, 12 par l'intermédiaire des baguettes 23, 24, de manière à suivre librement la composante horizontale de l'orientation des cercles 11, 12 de la monture 10.

La barre de maintien 190 comporte également sur sa tranche qui fait face aux moyens de capture d'image 90 une figure géométrique 193 constituée de

bandes sombres espacées entre elles d'une distance connue. Comme expliqué plus loin, ces bandes sombres peuvent servir à calculer la distance séparant le système de repérage 20 des moyens de capture d'image 90 et ainsi déterminer le facteur d'échelle de l'image capturée.

5 Il est également prévu un moyen de centrage permettant de centrer le système de repérage 20 sur le plan de symétrie PS de la monture de telle sorte que le pontet nasal 15 soit centré sur l'axe A1.

Le système de repérage 20 comporte également un élément de repérage vertical 60 qui est également constitué par une plaque triangulaire d'une épaisseur 10 donnée s'étendant dans un plan sensiblement perpendiculaire au plan moyen des deux éléments de repérage horizontal 70, 80 associés aux lentilles 100, 101. Cet élément de repérage 60 présente sur l'une de ses tranches qui est destinée à être orientée vers les moyens de capture d'image 90, une figure géométrique 61 15 constituée de motifs géométriques qui comme précédemment sont des bandes sombres séparées les unes des autres d'une distance connue et qui s'étendent selon la direction longitudinale de la tranche correspondante de l'élément de repérage 60. Il en résulte qu'ici, chaque bande sombre est disposée sensiblement à l'horizontale dans la configuration du porté et que la direction longitudinale de la 20 figure géométrique 61 est sensiblement verticale.

L'élément de repérage vertical 60 est fixé sur la face supérieure de la barre de maintien 190 en son centre. La tranche de l'élément 60 portant la figure géométrique 61 s'étend dans un plan qui est sensiblement parallèle à la ligne joignant les centres de rotation CROG, CROD des yeux et qui forme, dans le plan sagittal PSAG, un angle fixe GAMMA de 30 degrés avec la normale N90 au plan 25 de la face supérieure de la barre de maintien 190 (figure 2).

À proximité des extrémités libres des baguettes 23, 24, il est prévu deux montants 21, 22 parallèles entre eux et perpendiculaires aux baguettes 23, 24. Dans la configuration du porté, les montants 21, 22 sont sensiblement verticaux. Lorsque le système de repérage 20 est fixé sur la monture, les montants 21, 22 30 sont situés du côté des tempes droite et gauche du porteur, à proximité des branches 13, 14 de la monture 10 (voir figure 3).

Deux tiges 37, 38 horizontales sont montées coulissantes le long des montants 21, 22. Chaque tige comporte à son extrémité dirigée vers l'autre tige, une bille d'appui 30, 40. La structure du système de repérage 20 est conçue de 35 telle sorte que les billes d'appui 30, 40 viennent en appui par gravitation contre les lentilles de présentation 100, 101, lorsque le système de repérage 20 est monté

sur la monture 10 disposée sur le nez du porteur. Cet appui par gravitation est obtenu en concevant le système de repérage de telle sorte que son centre de gravité soit situé vers l'avant, c'est-à-dire du côté des figures géométriques. On peut également lester l'avant des plaques triangulaires 70, 80. En variante, pour 5 appuyer les billes 30, 40 sur chaque lentille, on peut prévoir des moyens de rappel élastiques des tiges 21, 22 vers l'arrière. Le rappel des billes 30, 40 en appui contre la lentille de présentation correspondante 100, 101 permet de matérialiser un plan général de cette lentille.

Les moyens de capture d'image 90 consistent typiquement en un 10 appareil de photographie numérique portatif ou monté sur support ou piétement.

Préférentiellement, les moyens de capture d'image 90 comporte une diode luminescente 92, ce qui permet, d'une part, d'obtenir un reflet cornéen aisément repérable sur l'image capturé, et, d'autre part, d'attirer le regard du porteur vers cette diode dont la position est connue. Le traitement de l'image 15 capturée est alors facilité.

Le système de traitement et de calcul 93 de l'image acquise comporte ici un microordinateur sur lequel est installé un logiciel de traitement et de calcul de l'image acquise. En variante, on peut prévoir que le système de traitement et de calcul soit un système autonome qui comporte, d'une part, un écran d'affichage 20 pour communiquer les résultats obtenus et, d'autre part, une connectique pour permettre de communiquer ces résultats à d'autres appareils. On peut également prévoir dans le cas d'un système autonome de traitement que ce système soit intégré ou non aux moyens de capture d'image 90.

Procédé

25 Le dispositif de détermination décrit ci-dessus permet de mettre en œuvre le procédé suivant de détermination de la configuration du référentiel de chaque lentille correctrice à monter dans la monture, par rapport au référentiel du porteur.

30 Comme représenté sur la figure 4, l'opticien positionne la paire de lunettes de présentation surmontée du système de repérage 20 sur le nez du porteur. Le porteur est en configuration assise ou debout et sa tête est droite, c'est-à-dire que le plan de Francfort PF est sensiblement horizontal.

35 Comme représenté à la figure 3, les deux pinces de fixation 25, 26 de la baguette 23 sont appliquées sur la partie supérieure du cercle droit 11 de la monture 10. De même, les deux pinces de fixation 27, 28 de la baguette 24 sont appliquées sur la partie supérieure du cercle gauche 12 de la monture 10.

Préférentiellement, les pinces de fixation 25, 26 et 27, 28 de chaque paire sont écartées le plus possible l'une de l'autre, de manière que la baguette 23, 24 correspondante suive la composante horizontale de l'orientation du cercle 11, 12 sur lequel elle est fixée. La composante horizontale de l'orientation de chaque 5 cercle correspond globalement à l'inclinaison de la lentille de présentation associée par rapport au plan sagittal, en projection dans le plan de Francfort.

La barre de maintien 190 permet de s'assurer que les deux éléments de repérage horizontal 70, 80 restent sensiblement coplanaires. Il en résulte que l'élément de repérage vertical 60 s'étend bien dans le plan de symétrie de la 10 monture PS (et donc dans le plan sagittal PSAG) lorsque le système de repérage 20 est monté sur la monture 10 (voir figures 3 et 5).

Chaque bille d'appui 30, 40 portée par la tige 37, 38 réglable en hauteur est disposée par l'opticien sensiblement à la hauteur des pupilles PG, PD des yeux. Le système de repérage 20 est conçu de telle sorte que les billes 30, 40 15 prennent appui par gravité contre les faces avant des lentilles de présentation 100, 101. L'appui par gravité des billes 30, 40 contre la lentille de présentation 100, 101 correspondante est réalisé à la faveur d'un basculement des baguettes 23, 24 autour d'un axe de basculement sensiblement parallèle à l'axe passant par les centres des deux pupilles (donc sensiblement perpendiculaire au plan sagittal 20 PSAG et parallèle à l'axe X défini plus loin). Les pinces de fixation jouent ainsi un rôle de charnière pour le basculement du système de repérage autour de l'axe de basculement.

Il en résulte que la normale N90 au plan de la face supérieure de la barre de maintien 190 suit la composante verticale de l'orientation de la monture 10, qui 25 correspond globalement à l'angle d'inclinaison, dans le plan sagittal PSAG, du plan moyen des cercles de la monture par rapport au plan vertical oeil PVO (figure 5).

Les deux points d'appui des pinces de fixation 25, 26 sur le cercle 11, la monture 10 et le point d'appui de la bille 30 sur la lentille de présentation 100 30 (c'est-à-dire le point de l'emplacement de la croix de montage) définissent un plan moyen PLD de la lentille de présentation 100 que l'on associe au plan moyen de la lentille correctrice dans la configuration du porté (figures 1 et 3). On définit de même le plan PLG de la lentille de présentation 101 passant par les deux points d'appui des pinces de fixation 27, 28 sur le cercle 12, la monture 10 et le point 35 d'appui de la bille d'appui 40 sur la lentille de présentation 101.

Comme représenté sur la figure 1, on définit un référentiel associé à la

monture (et donc indirectement à la tête du porteur) ayant un repère orthonormé (O,X,Y,Z) et matérialisé par le système de repérage 20. Le centre O du repère de ce référentiel est le milieu du segment joignant les pinces de fixation 26, 27. L'axe X est horizontal et passe par les pinces 26, 27. L'axe Y est perpendiculaire au plan de Francfort, donc ici vertical. Le plan OYZ est alors vertical et correspond au plan sagittal PSAG ainsi qu'au plan de symétrie PS. L'axe OZ est parallèle à la médiatrice AO des yeux. Le plan OXZ est parallèle au plan de Francfort PF et est donc ici horizontal. Le plan OXY est appelé plan vertical monture PVM et est sensiblement parallèle au plan facial de capture d'image PCI.

10 Détermination de l'orientation de chaque lentille par rapport à l'œil correspondant du porteur

L'orientation de chaque lentille est donnée par les composantes, dans le référentiel (O,X,Y,Z) du vecteur normal au plan tangent à la lentille au point de la croix de montage CMG, CMD. Cette croix de montage correspond à un point de la 15 lentille qui doit être situé en vis-à-vis de la pupille de l'œil du porteur pour que la lentille exerce précisément ses fonctions de correction optique pour lesquelles elle a été conçue. La composante verticale de l'orientation de la lentille correspond à l'angle que forme l'axe, ou le vecteur, normal au plan de la lentille par rapport au plan facial, en projection dans le plan sagittal. On définit également la composante 20 horizontale de l'orientation de la lentille qui correspond à l'angle que forme l'axe, ou le vecteur, normal au plan de la lentille par rapport au plan facial, en projection dans le plan de Francfort.

On cherche à déterminer l'orientation des plans PLG, PLD pour connaître l'orientation de chaque lentille correctrice à réaliser, par rapport au 25 référentiel du porteur. Pour cela, on détermine l'orientation de l'axe XLG, XLD qui passe par le point d'appui des billes 30, 40 sur la lentille de présentation 100, 101 et qui est normal au plan PLG, PLD.

Comme représenté sur la figure 7, on définit les axes XLGH, XLDH comme les projections dans le plan horizontal, ou plan de Francfort, des axes 30 XLG, XLD. De même, on définit les axes XLV comme les projections dans le plan sagittal des axes XLG, XLD (figure 5). Ici on considère que les projections dans le plan sagittal des axes XLG, XLD donnent chacune le même axe projeté XLV. En variante, il est possible de distinguer les deux projections des axes XLG, XLD dans le plan sagittal.

35 La composante horizontale de l'orientation de chaque lentille 100, 101 correspond ainsi à l'angle AXLGH, AXLDH que forme l'axe XLGH, XLDH avec le

plan sagittal PSAG de la tête du porteur. De même la composante verticale de l'orientation de chaque lentille 100, 101 correspond à l'angle AXV que forme l'axe XLV avec le plan de Francfort. Reste alors à déterminer les angles AXLGH, AXLDH et AXV pour déterminer l'orientation de chaque lentille par rapport au porteur.

L'angle AXLDH, formé entre l'axe XLDH et sa projection sur le plan sagittal PSAG, correspond sensiblement à l'angle AMD formé dans le plan horizontal, ou plan de Francfort PF, entre, d'une part, la droite D1 passant par les pinces de fixation 25, 26 situées sur le cercle droit 11, à proximité respectivement de la branche droite 13 et du pontet nasal 15, et, d'autre part, le plan vertical monture PVM. De même, l'angle AXLGH correspond sensiblement à l'angle AMG formé entre, d'une part, la droite D2 passant par les pinces de fixation 27, 28 situées sur le cercle gauche 12 à proximité du pontet nasal 15 et de la branche gauche 14 et, d'autre part, le plan vertical monture PVM. Pour déterminer chacun des angles AXLGH, AXLDH, il suffit ainsi de déterminer les angles AMG et AMD.

Comme représenté sur la figure 5, l'angle AXV est sensiblement égal à l'angle AMV formé, en projection dans le plan sagittal PSAG, entre, d'une part, le plan vertical oeil PVO et, d'autre part, le plan moyen PMC des deux lentilles 100, 101 (ou encore des deux cercles 11, 12 de la monture 10). Pour déterminer l'angle AXV, il suffit ainsi de déterminer l'angle AMV.

L'opticien positionne l'appareil de capture d'images portatif 90 en regard de la tête du porteur et capture dans le plan de capture d'image PCI l'image de la tête du porteur équipé de la paire de lunettes de présentation surmontée du système de repérage 20. L'image obtenue correspond à l'image de la figure 3. La capture de l'image est réalisée typiquement à une distance du porteur comprise entre 50 et 120 centimètres dans un plan de capture d'image PCI. Ce plan de capture d'image PCI est facial, c'est-à-dire sensiblement parallèle aux plans PVO et PVM (figures 4 et 5).

Comme représenté sur la figure 2, on définit l'angle ARHD comme étant l'angle formé, dans le plan horizontal ou plan de Francfort PF, entre, d'une part, le plan vertical monture PVM, et d'autre part, la direction longitudinale de la figure géométrique 71. Lorsque cet angle ARHD varie, l'écart entre les bandes noires varie lui aussi en projection dans le plan de capture d'image PCI. Cet angle ARHD est égal à la somme de l'angle AMD et de l'angle fixe TETA de 30 degrés. L'angle ARHD varie donc de la même manière que l'angle AMD. Il en est de même pour l'élément de repérage horizontal 80 pour lequel on définit l'angle ARHG comme la

somme de l'angle AMG et de l'angle fixe TETA de 30 degrés.

Le système de traitement et de calcul 93 mesure l'écart entre les bandes sombres de la figure géométrique 71 de l'élément de repérage horizontal 70 sur l'image qu'il a capturée, dans la configuration du porté. Pour limiter les erreurs de mesure sur l'image capturée, dues aux pixels de l'image capturée, le système de traitement et de calcul 93 mesure l'écart entre les bandes deux à deux et calcule une moyenne de cet écart. Puis par comparaison avec une configuration de référence de la figure géométrique 71 pour laquelle l'angle ARHD et l'écart entre les bandes sont connus, il détermine la variation d'écart entre les bandes entre la configuration du porté et la configuration de référence. Puis, le système de traitement et de calcul 93 détermine, en fonction de cette variation d'écart, l'angle ARHD. L'angle AMD est ensuite déterminé à partir de l'angle ARHD.

Pour réaliser une comparaison valable des écarts entre les bandes, le système de traitement et de calcul doit prendre en compte le facteur d'échelle de l'image capturée. La connaissance du facteur d'échelle permet de ramener les valeurs d'écart de bandes mesurées sur l'image capturée et les valeurs d'écart de bandes de référence à la même échelle pour pouvoir réaliser une comparaison des écarts de bande. Ce facteur d'échelle est déterminé à partir de la distance qui sépare le système de repérage des moyens de capture d'image 90.

La distance de séparation, référencée D, peut être obtenue par la méthode de calcul exposée ci-dessous.

Comme schématisé sur la figure 8, la direction longitudinale de la figure géométrique 193 de la barre de maintien 190 forme un angle ALPHA0 avec la normale NAOP à l'axe optique AOP, en vue de dessus du dispositif de détermination. De même la direction longitudinale de chaque figure géométrique 71, 81 des éléments de repérage correspondant 70, 80 forme un angle BETA0 avec la direction longitudinale de la figure géométrique 193 de la barre de maintien 190. On considère également que les figures géométriques 71, 81 ont chacune la même longueur H connue et que la figure géométrique 193 possède également une longueur L connue.

On mesure, en prenant l'écart entre les bandes sombres, la longueur apparente T de la figure géométrique 193 de la barre de maintien 190 dans le plan focal PFOC de l'objectif 94. On a la relation :

$$L * \cos(\text{ALPHA}0) * F/D = T$$

F étant la distance focale de l'objectif 94 et D la distance entre l'appareil de capture d'image 90 et l'origine O du repère associé au système de repérage

20.

On mesure également les longueurs apparentes T_1 et T_2 des figures géométriques 71, 81 dans le plan focal PFOC. On obtient les relations :

$$H \cdot \cos(\text{BETA}_0 - \text{ALPHA}_0) \cdot F/D = T_1 \text{ et } H \cdot \cos(\text{BETA}_0 + \text{ALPHA}_0) \cdot F/D = T_2.$$

5 On calcule alors de façon approchée BETA_0 en sommant les deux longueurs apparentes T_1 et T_2 :

$$T_1 + T_2 = 2 \cdot \cos \text{BETA}_0 \cdot \cos \text{ALPHA}_0 \cdot H \cdot F/D \text{ et,}$$

en considérant $\cos \text{ALPHA}_0$ proche de 1, on obtient :

$$T_1 + T_2 = 2 \cdot \cos \text{BETA}_0 \cdot H \cdot T / L$$

10 On en tire une valeur approchée de BETA_0 .

On calcule ensuite le rapport K de ces deux longueurs pour éliminer $H \cdot F/D$: $K = (\cos \text{BETA}_0 \cos \text{ALPHA}_0 + \sin \text{BETA}_0 \sin \text{ALPHA}_0) / (\cos \text{BETA}_0 \cos \text{ALPHA}_0 - \sin \text{BETA}_0 \sin \text{ALPHA}_0)$. Les valeurs de K et BETA_0 étant connues, on calcule ALPHA_0 avec la relation :

15 $\tan(\text{ALPHA}_0) = [(K-1) \cdot \cos \text{BETA}_0] / [(K+1) \cdot \sin \text{BETA}_0]$

On en déduit donc la distance D , grâce à la mesure de T , les valeurs de F et L étant connues :

$$D = L \cdot \cos(\text{ALPHA}_0) \cdot F/T$$

Il est également possible d'utiliser un télémètre à diodes laser pour 20 déterminer directement cette distance de séparation.

Le système de traitement et de calcul 93 mesure également l'écart entre les bandes sombres de la figure géométrique 81 de l'élément de repérage horizontal 80 sur l'image qu'il a capturée, dans la configuration du porté. Comme précédemment, pour limiter les erreurs de mesure sur l'image capturée, dues aux 25 pixels de l'image capturée, le système de traitement et de calcul 93 mesure l'écart entre les bandes deux à deux et calcule une moyenne de cet écart. Puis, par comparaison avec une configuration de référence de la figure géométrique 81 pour laquelle l'angle ARHG et l'écart entre les bandes est connu, il détermine la variation d'écart entre les bandes entre la configuration du porté et la configuration 30 de référence. La comparaison des écarts de bandes est réalisée en tenant compte du facteur d'échelle de l'image capturée. Puis, le système de traitement et de calcul 93 détermine, en fonction de cette variation d'écart, l'angle ARHG. Puis l'angle AMG est déterminé à partir de l'angle ARHG.

Comme représenté sur la figure 2, on définit l'angle ARV comme étant 35 l'angle formé, en projection dans le plan sagittal PSAG, entre, d'une part, le plan vertical monture PVM, et d'autre part, la direction longitudinale de la figure

géométrique 61. Lorsque cet angle ARV varie, l'écart entre les bandes noires varie lui aussi en projection dans le plan de capture d'image PCI. Cet angle ARV est égal à la somme de l'angle AMV et de l'angle fixe GAMMA de 30 degrés que forme la figure géométrique 61 avec la normale N90. L'angle ARV varie donc de la 5 même manière que l'angle AMV.

Le système de traitement et de calcul 93 mesure alors l'écart entre les bandes de la figure géométrique 61 sur l'image qu'il a capturée. Comme précédemment, il est prévu une configuration de référence de la figure géométrique 61 pour laquelle le couple de données constituées de l'angle ARV et 10 de l'écart entre les bandes est connu. Par comparaison des valeurs de mesures d'écart de bandes réalisées sur l'image capturée avec les valeurs d'écart de bandes de référence, le système de traitement et de calcul 93 en déduit une variation d'écart. Comme précédemment, la comparaison des écarts de bandes est réalisée en tenant compte du facteur d'échelle de l'image capturée. Puis, le 15 système de traitement et de calcul détermine, en fonction de cette variation d'écart, l'angle ARV. Puis l'angle AMV est déterminé à partir de l'angle ARV.

Le système de traitement et de calcul détermine ainsi l'orientation des axes XLG, XLD de chaque lentille gauche et droite par rapport au plan de Francfort et au plan sagittal PSAG. En conséquence, l'orientation des plans 20 associés à chaque lentille de présentation gauche et droite est connue dans le référentiel du porteur. On connaît alors l'orientation de chaque lentille correctrice à monter dans la monture par rapport à l'oeil correspondant.

Dans une configuration du porteur telle que le porteur regarde droit devant lui face à l'appareil de capture d'image 90, c'est-à-dire telle que le plan 25 sagittal PSAG est perpendiculaire au plan de capture d'image PCI, l'angle AMG doit être égal à l'angle AMD.

Lorsque les angles AMG, AMD présentent un écart de valeurs, on en déduit alors que la tête du porteur est tournée d'un angle de posture APIV défini comme suit.

30 Comme représenté sur la figure 6, l'angle de posture APIV est l'angle formé, dans le plan horizontal, ou plan de Francfort PF, entre le plan sagittal PSAG et le plan d'observation POI qui contient le centre 96 de la pupille 95 de l'appareil de capture d'image 90 et l'axe de rotation vertical de la tête ART.

La différence de valeur entre l'angle AMG et l'angle AMD est 35 proportionnelle à la valeur de l'angle de posture APIV. Le système de traitement et de calcul 93 calcule alors une valeur de l'angle de posture APIV en fonction de la

différence de valeur mesurée entre les angles AMG, AMD. Cette valeur de l'angle de posture APIV permet de corriger les valeurs des angles AMG, AMD.

En outre, pour améliorer la personnalisation de la conception optique de chaque lentille, on détermine également des paramètres géométrico-morphologiques qui permettent d'améliorer la répartition des gradients d'indice lors de la conception de la lentille. Le système de traitement et de calcul 93 détermine ainsi par reconnaissance d'image, en tenant compte du facteur d'échelle, les cotes de largeur B et de longueur A de chacun des cercles 11, 12 entourant les lentilles de présentation.

Le système de traitement et de calcul 93 détermine également par reconnaissance d'image la hauteur HG, HD de l'œil OG, OD correspondant en mesurant sur l'image capturée, en tenant compte du facteur d'échelle, la distance séparant la ligne de séparation 34 positionnée sur le centre de la pupille PG, PD et le point de référence pris comme étant le point le plus bas de la lentille.

Pour mesurer l'écart interpupillaire PDS, le système de traitement et de calcul 93 détermine par reconnaissance d'image, pour chaque œil, le centre de la pupille (ou de l'iris). Le segment défini par les centres ainsi obtenus des deux pupilles PG, PD fournit la distance interpupillaire PDS. On peut également mesurer les demi-écartes pupillaires PDSD, PDSG en mesurant la position horizontale du centre de chaque pupille PG, PD par rapport au centre du pontet nasal 15.

La mesure de l'écart interpupillaire PDS ou ses demi-écartes pupillaires PDSD, PDSG est réalisée ici pour une configuration de convergence de référence. Selon cette configuration de convergence de référence, il est prévu que les yeux du porteur fixent une lumière sur les moyens de capture d'images, par exemple la diode luminescente 92, que le porteur vise du regard. Le système de traitement et de calcul détermine alors, en fonction de la distance de prise de capture et de la valeur d'écart interpupillaire PDS (ou de demi-écart) correspondante mesurée, la valeur de cet écart interpupillaire pour une vision à l'infini.

Bien entendu, toutes les mesures réalisées sur l'image tiennent compte du facteur d'échelle.

Il est également possible d'améliorer la précision de calcul des valeurs de la distance interpupillaire, demi-écart interpupillaire, et de la cote de largeur A en corrigeant ces valeurs calculées en fonction des angles AMD, AMG précédemment calculés, ou encore de l'angle de posture APIV ou de la différence de distance entre les yeux OD, OG et les lentilles 100, 101 correspondantes. De

même, les mesures de la cote de hauteur B et de la hauteur HG, HD de la pupille de chaque œil peuvent être améliorées en tenant compte de la valeur de l'angle AMV.

L'inclinaison des directions longitudinales des figures géométriques 71, 5 81 par rapport aux directions longitudinales des baguettes 23, 24 est utilisée pour augmenter les valeurs de variations d'écart entre les bandes lorsque les angles AMG, AMD varient. L'écart entre deux bandes résultant de la variation des angles 10 AMG, AMD par rapport aux configurations de référence connues est ainsi plus facilement repérable. Ainsi la comparaison des écarts est représentative de la composante horizontale de l'orientation de chacun des cercles 11, 12 de la monture, et donc de chaque lentille, ce qui limite les erreurs de mesure.

Il en est de même de l'inclinaison de la direction longitudinale de la figure géométrique 61 par rapport à la normale N90. En effet, cette inclinaison augmente les valeurs de variations d'écart entre les bandes lorsque l'angle AMV varie.

15 Détermination de la distance entre la lentille et le centre de l'œil correspondant du porteur

On souhaite ensuite déterminer la distance, suivant une direction horizontale du plan sagittal PSAG, c'est-à-dire suivant l'axe Z, entre la lentille 100 et le centre CROD de l'œil droit OD, ainsi que la distance suivant cette même 20 direction entre la lentille 101 et le centre CROG de l'œil gauche OG. On applique à cet effet le procédé objet de la présente invention, pour déterminer la position suivant l'axe Z du centre de rotation CROG, CROD en tant que point remarquable de l'œil dans le référentiel (O,X,Y,Z) lié à la tête du porteur et matérialisé par le système de repérage 20. On en déduit ensuite, compte-tenu de la configuration 25 désormais connue de la lentille concernée dans le référentiel (O,X,Y,Z), la distance recherchée entre le centre de rotation de l'œil et la lentille.

Au cours d'une première étape S1, on dispose l'appareil de capture d'image 90 en regard du visage du porteur, de telle sorte que la tête du porteur présente une première posture relative par rapport à la pupille d'entrée 95 de 30 l'appareil de capture d'image 90.

Cette première posture relative est telle que l'appareil de capture d'image observe le porteur globalement de face et non pas de profil. Le fait de mesurer la position des yeux à partir d'une prise d'image de face offre plusieurs avantage, par 35 comparaison à une prise d'image de profil. L'opération de traitement d'image est en effet, en pratique, plus fiable dans la mesure où les cercles et branches de la monture ne risquent pas de masquer l'œil et où, grâce à la méthode de calcul que

nous examinerons plus loin, la reconnaissance du point de la face arrière de la lentille en regard de l'oeil (qui était périlleuse) n'est alors plus nécessaire. En outre, une ou plusieurs prises de vue de face du porteur permettent de mesurer d'autres paramètres géométrico-morphologiques du porteur, tels que les écarts 5 interpupillaires et hauteurs des yeux, le galbe de la monture, l'angle pantoscopique de chaque lentille au porté (angle que forme le plan général de la lentille par rapport à la verticale), ainsi que nous l'avons vu précédemment, ou encore le comportement visuel du porteur (en particulier sa tendance à bouger plus ou moins les yeux ou la tête lorsqu'il scrute le champ visuel).

10 Dans la suite, les occurrences correspondant à cette première posture des différents éléments de géométrie définis, tels que les droites, les plans et les angles, sont affectés de l'indice 1. Il en est ainsi en particulier du plan d'observation POI dont cette première occurrence est notée POI1, du plan sagittal PSAG dont cette première occurrence est notée PSAG1, de l'angle de posture 15 APIV dont cette première occurrence est notée APIV1, du repère (O,X,Y,Z) dont cette première occurrence est notée (O1,X1,Y1,Z1):

Au cours d'une seconde étape S2, on capture dans cette première posture relative faciale, au moyen de l'appareil de capture d'image 90 et comme indiqué précédemment, une première image plane de la tête du porteur.

20 Au cours d'une troisième étape S3, le système de traitement et de calcul 93 identifie, sur cette première image, l'image d'un premier point de référence prédéterminé de chaque oeil.

25 Ce premier point de référence de l'oeil est, dans l'exemple illustré par les figures 9 et 10, le reflet RCG1, RCD1 sur la cornée de l'oeil gauche OG et de l'oeil droit OD respectivement, de la source lumineuse visible que constitue la diode 92.

Le système de traitement et de calcul 93 calcule aussi la configuration de l'appareil de capture d'image 90 dans la première occurrence (O1,X1,Y1,Z) du référentiel (O,X,Y,Z) lié à la tête du porteur, à partir de la première image capturée du système de repérage 20, dans la première posture. Il calcule en particulier une première valeur APIV1 de l'angle de posture APIV et la position du centre 96 de la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90. Typiquement, comme indiqué précédemment, le système de traitement et de calcul 93 calcule la première valeur APIV1 de l'angle de posture APIV en fonction de la différence entre les valeurs mesurées AMG1, AMD1 des angles AMG, AMD dans cette première posture, tandis que la distance entre l'origine O1 du repère et le centre 30 96 de la pupille 95 est obtenue par un calcul de mise à l'échelle déduite de la

grandeur apparente d'une figure géométrique du système de repérage 20 dont la taille réelle est connue.

Au cours d'une quatrième étape S4, on modifie l'angle de prise de vue : on dispose l'appareil de capture d'image 90 en regard du visage du porteur, de telle sorte que la tête du porteur présente une seconde posture relative, différente de la première, par rapport à la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90. On déplace à cet effet, soit la position absolue de la tête du porteur, par exemple en demandant ou en incitant celui-ci à faire pivoter sa tête autour de l'axe de rotation vertical ART de celle-ci, soit en déplaçant l'appareil de capture d'image 90 par rapport au porteur, soit encore en combinant ces deux déplacements.

En particulier, la position relative de la pupille de l'appareil de capture d'image et de l'axe de rotation vertical ART de la tête du porteur restant identique pendant les deux captures d'images, le porteur suit du regard une source lumineuse visible formant un point de visée en faisant pivoter sa tête autour dudit axe de rotation vertical ART.

On considère ici par exemple que les positions relatives de la pupille de l'appareil de capture d'image et de l'axe de rotation vertical ART de la tête du porteur sont identiques dans lesdites première et seconde postures, si, entre lesdites première et seconde postures, la tête du sujet ne se déplace pas transversalement de plus de 20 pourcent de la distance existant entre la pupille de l'appareil de capture d'image et l'axe de rotation vertical ART dans la première posture, dans la direction perpendiculaire à l'axe optique de l'appareil de capture d'image.

Par exemple, pour une distance de 1 mètre existant entre la pupille de l'appareil de capture d'image et l'axe de rotation vertical ART dans la première posture, un déplacement transversal de 20 pourcent de cette distance correspond à un déplacement transversal de 20 centimètres suivant une direction perpendiculaire à l'axe optique de l'appareil de capture d'image, d'un côté ou de l'autre de cet axe optique.

Le sujet tourne de préférence simplement la tête autour de l'axe de rotation vertical ART, en gardant la tête droite, c'est-à-dire un plan de Francfort horizontal. Cette rotation de la tête du sujet autour de l'axe de rotation vertical ART présente de préférence une amplitude comprise entre 5 et 60 degrés.

L'angle de posture APIV est ainsi modifié.

La seconde posture relative est, comme la première posture, telle que l'appareil de capture d'image observe le porteur globalement de face et non pas

de profil.

Dans la suite, les occurrences correspondant à cette seconde posture des différents éléments de géométrie définis, tels que les droites, les plans et les angles, sont affectés de l'indice 2. Il en est ainsi en particulier du plan d'observation POI dont cette seconde occurrence est notée POI2, du plan sagittal PSAG dont cette seconde occurrence est notée PSAG2, de l'angle de posture APIV dont cette seconde occurrence est notée APIV2, du repère (O,X,Y,Z) dont cette seconde occurrence est notée (O2,X2,Y2,Z2).

Au cours d'une cinquième étape S5, on capture dans cette seconde posture relative, au moyen de l'appareil de capture d'image 90, une seconde image plane de chaque oeil.

Au cours d'une sixième étape S6, le système de traitement et de calcul identifie, sur cette seconde image, l'image d'un second point de référence prédéterminé de chaque oeil. Ce second point de référence de l'oeil est, dans l'exemple illustré par les figures 9 et 10, le reflet RCG2, RCD2 sur la cornée de l'oeil gauche OG et de l'oeil droit OD respectivement, de la diode 92. Les premier et second points de référence de chaque oeil sont donc dans cet exemple confondus en un même point de l'oeil considéré qui est approximativement le centre de la cornée ou de l'iris.

Le système de traitement et de calcul calcule la configuration de l'appareil de capture d'image 90 dans l'occurrence (O2,X2,Y2,Z2) du référentiel (O,X,Y,Z) lié à la tête du porteur, à partir de la seconde image capturée du système de repérage 20, comme indiqué précédemment. Il calcule en particulier une seconde valeur APIV2 de l'angle de posture APIV et la position du centre de la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90.

Au cours d'une septième étape S7, le système de traitement et de calcul calcule, dans la première posture relative et pour chaque oeil OD, OG, respectivement une première droite d'observation DOD1, DOG1 reliant le centre de pupille 96 de l'appareil de capture d'image 90 et le premier point de référence de l'oeil RCG1, RCD1 et, dans la seconde posture relative, une seconde droite d'observation DOD2, DOG2 reliant le centre de pupille 96 de l'appareil de capture d'image 90 et le second point de référence de l'oeil RCG2, RCD2.

Au cours d'une huitième étape S8, le système de traitement et de calcul effectue un calcul pour vérifier si les premières droites d'observation DOG1, DOD1 présentent, par rapport à la tête du porteur, des configurations respectives sensiblement distinctes de celles des seconde droites d'observation DOG2,

DOD2. Dans la négative, le système de traitement et de calcul 93 émet un message d'erreur et on exécute à nouveau les étapes S1 à S3 ou les étapes S4 à S6. Dans l'affirmative, le système de traitement et de calcul 93 procède à l'étape suivante S9.

5 Par ailleurs, le caractère facial de la prise de vue, évoqué précédemment, peut être quantifié de la façon suivante. La première posture relative est telle que ces premières droites d'observation DOD1, DOG1 forment chacune avec leurs projections sur le plan sagittal PSAG1 et sur le plan de Francfort PF du porteur des angles respectifs inférieurs à 45 degrés. De même, la
10 seconde posture relative est telle que ces secondes droites d'observation DOD2, DOG2 forment chacune avec leurs projections sur le plan sagittal PSAG2 et sur le plan de Francfort PF du sujet des angles respectifs inférieurs à 45 degrés.

La conformité à ce critère est vérifiée par le système de traitement et de calcul 93. A défaut de satisfaction du critère, le système de traitement et de calcul
15 93 émet un message d'erreur et on modifie la première posture et/ou la seconde posture relative avant de capturer une nouvelle première image. Si le critère est satisfait, on passe à l'étape suivante.

Au cours d'une neuvième étape S9, le système de traitement et de calcul
20 93 calcule la position du centre de rotation CROG, CROD de chaque oeil OG, OD en fonction des images des premier et second points de référence de l'oeil concerné et des première et seconde valeurs APIV1, APIV2 de l'angle de posture APIV.

Le système de traitement et de calcul 93 effectue ensuite un calcul de rapprochement des images des premier et second points de référence de l'oeil
25 pour en déduire un déplacement angulaire apparent de l'oeil à partir des deux points de vue différents correspondant aux première et seconde postures relatives. Un calcul de parallaxe permet alors, compte-tenu des informations sur les deux points de vue que constituent les première et seconde valeurs APIV1, APIV2 de l'angle de posture APIV, d'obtenir les positions recherchées des centres
30 CROG, CROD de l'oeil suivant l'axe Z.

Pour calculer la position du centre de rotation CROG, CROD de l'oeil, le système de traitement et de calcul 93 calcule, à partir de l'image du premier point de référence de l'oeil concerné et de la première valeur de l'angle de posture APIV1, les coordonnées, dans ledit référentiel (O,X,Y,Z) de la tête du porteur, de la première droite d'observation DOD1, DOG1 reliant le centre 96 de la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90 et le premier point de référence de

l'oeil OD, OG. De même, le système de traitement et de calcul 93 calcule, à partir de l'image du second point de référence de l'oeil et de la seconde valeur de l'angle de posture APIV2, les coordonnées, dans ledit référentiel (O,X,Y,Z) de la tête du porteur, de la seconde droite d'observation DOD2, DOG2 reliant le centre de 5 pupille de l'appareil de capture d'image et le second point de référence de l'oeil.

Le système de traitement et de calcul 93 calcule alors la position du centre de rotation de chaque oeil CROG, CROD dans le référentiel (O,X,Y,Z) en fonction des coordonnées des premières et secondes droites d'observation DOG1, DOG1, DOD1, DOG2, DOD2. La position du centre de rotation d'oeil gauche 10 CROG est calculée en tant que position du point d'intersection ou, si ces droites ne sont pas rigoureusement sécantes, de plus grande proximité des deux droites d'observation DOG1, DOG2. De même, la position du centre de rotation d'oeil droit CROD est calculée en tant que position du point d'intersection ou, si ces droites ne sont pas rigoureusement sécantes, de plus grande proximité des deux 15 droites d'observation DOD1, DOD2.

On prend en considération la direction de regard du porteur.

Lors des première et seconde captures d'images, l'oeil regarde la diode luminescente 92 qui attire son regard. Le centre de cette diode 92 constitue, dans chacune des première et seconde postures relatives, respectivement des premier 20 et second points de visée. Les positions de ces points de visée sont donc connues dans le référentiel de l'appareil de capture d'image 90. Les points de visée sont en l'espèce situés dans le plan d'observation POI à proximité de la pupille de l'appareil de capture d'image.

Le calcul de la position du centre de rotation CROD, CROG de chaque 25 oeil est alors de plus fonction des positions des points de visée que matérialise la diode 92 dans les deux postures.

On définit dans la première posture relative, deux premières droites de visée DVD1, DVG1 reliant respectivement les points de référence RCD1, RCG1 au point de visée, c'est-à-dire à la diode 92 dans la première posture. On définit de 30 même, dans la seconde posture relative, deux premières droites de visée DVD2, DVG2 reliant respectivement les points de référence RCD2, RCG2 au point de visée, c'est-à-dire à la diode 92 dans la seconde posture.

Comme la diode 92 est, dans l'exemple illustré par les figures 9 et 10, située à proximité de la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90, on 35 peut ici considérer, pour le calcul des positions des centres CROG, CROD dans le référentiel (O,X,Y,Z), que les yeux OD, OG regardent sensiblement vers la pupille

d'entrée de l'appareil de capture d'image 90 dans chacune des première et seconde postures. Il en résulte que, en première posture, les droites de visée DVG1, DVD1 sont respectivement confondues avec les droites d'observation DOG1, DOD1 et que, de même, en seconde posture, les droites de visée DVG2, 5 DVD2 sont respectivement confondues avec les droites d'observation DOG2, DOD2. C'est par cette approximation que l'on prend en compte, dans cet exemple, la position du point de visée dans les première et seconde postures relatives.

On définit alors deux angles horizontaux d'observation gauche et droit AHOG, AHOD que forment respectivement les droites d'observation gauche et 10 droite DOG, DOD avec leurs projections respectives sur le plan d'observation POI. Les occurrences de ces angles dans les première et seconde postures, respectivement notées AHOG1, AHOD1, AHOG2, AHOD2, sont calculées par le système de traitement et de calcul 93. A cet effet, le système de traitement et de 15 calcul 93 calcule, pour chaque posture, la position du plan d'observation POI en fonction des première et seconde images capturées correspondantes du système de repérage 20 et détermine les angles apparents sous lesquels ont été vus les points de référence, c'est-à-dire en l'espèce les reflets cornéens RCG1, RCD1, RCG2, RCD2, par l'appareil de capture d'image 90 dans les première et seconde postures relatives. Si, comme cela sera le plus souvent le cas, le plan 20 d'observation POI est approximativement confondu avec l'axe optique AOP de l'appareil de capture d'image 90, les angles recherchés AHOG et AHOD sont égaux aux angles apparents relevés. Dans le cas contraire, le correctif correspondant est appliqué aux angles apparents pour en déduire les angles recherchés AHOG et AHOD.

25 A partir des valeurs ainsi calculées de ces angles, le système de traitement et de calcul 93 calcule, pour chaque posture, les traces respectives TOG, TOD des droites d'observation DOG, DOD dans le plan vertical monture PVM. Ces traces sont bien entendu des points qui sont notés TOG1, TOD1 pour la première posture et TOG2, TOD2 pour la seconde posture.

30 On définit également les traces respectives TVG, TVD des droites de visée DVG, DVD dans le plan vertical monture PVM. Comme le porteur regarde en l'espèce en direction de la pupille de l'appareil de capture d'image, ces points TVG, TVD sont approximativement confondus avec les points TOG, TOD dans les première et seconde postures. Plus précisément, le système de traitement et de 35 calcul 93 calcule les abscisses respectives X(TOG1) et X(TOD1) des points TOG1 et TOD1 suivant l'axe X dans la première occurrence (O1,X1,Y1,Z1) du repère

(O,X,Y,Z), ainsi que les abscisses respectives X(TOG2) et X(TOD2) des points TOG2 et TOD2 dans la seconde occurrence (O₂,X₂,Y₂,Z₂) du repère (O,X,Y,Z). Il peut alors en déduire les distances recherchées entre les centres de rotation CROG, CROD des yeux gauche et droit, d'une part, et le plan vertical monture PVM, d'autre part, qui correspondent à l'opposé des abscisses suivant l'axe Z, notées respectivement Z(CROG), Z(CROD), de ces centres CROG, CROD. On peut appliquer les formules suivantes :

$$\begin{aligned} Z(\text{CROD}) &= - \text{Abs} ((X(\text{TOD1}) - X(\text{TOD2})) \\ &\quad / (\tan(\text{AHOD1} + \text{APIV1}) - \tan(\text{AHOD2} + \text{APIV2}))) \\ 10 \quad Z(\text{CROG}) &= - \text{Abs} ((X(\text{TOG1}) - X(\text{TOG2})) \\ &\quad / (\tan(\text{AHOG1} + \text{APIV1}) - \tan(\text{AHOG2} + \text{APIV2}))) \end{aligned}$$

où "Abs" est la fonction de valeur absolue et "tan" la fonction de tangente.

La figure 11 illustre une variante d'exécution de l'invention, qui peut être avantageuse pour un gain de précision ou pour réaliser des captures d'image pour des directions de regard correspondant aux visions de loin et de près, ou encore pour améliorer le calcul de rayon d'oeil.

Le dispositif est ici complété par une seconde source lumineuse visible 115 telle qu'une diode, dont le centre 116 constitue alors un point de visée attirant le regard du porteur. Le procédé reprend pour l'essentiel l'ensemble des étapes précédemment décrites. Seuls seront décrits les ajouts ou modifications opérés par rapport au mode de réalisation qui vient d'être décrit en détail.

Au cours d'une dixième étape S10, on prévoit une troisième posture relative (O₃,X₃,Y₃,Z₃) de la tête du sujet par rapport à la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90. Cette troisième posture est identique ou distincte des première et seconde postures relatives.

La figure 11 illustre une troisième posture relative qui se substitue ou s'ajoute à la première ou seconde posture et dans laquelle une troisième image du visage du porteur et du système de repérage 20 est capturée.

Dans les première et seconde postures illustrées par les figures 9 et 10, les points de référence pris en compte pour le calcul de parallaxe sont les reflets cornéens de la diode 92 qui est située à proximité de la pupille d'entrée de l'appareil de capture d'image 90. Dans la troisième posture illustrée par la figure 11, on prévoit que le porteur regarde en direction de la diode 115, dont la position par rapport à la pupille 95 de l'appareil de capture d'image 90 est connue et entrée en paramètre dans la mémoire du système de traitement et de calcul 93. La

position de la diode 115 est, par rapport au référentiel lié à la tête du sujet (O,X,Y,Z), distincte de celle de la diode 92.

Dans une onzième étape S11, l'appareil de capture d'image 90 capture dans cette troisième posture relative une troisième image plane de face de la tête 5 du sujet, avec le système de repérage 20 et les yeux.

Le système de traitement et de calcul 93 calcule à partir de la troisième image capturée une troisième valeur APIV3 de l'angle de posture.

Dans une douzième étape S12, le système de traitement et de calcul 93 identifie, sur cette troisième image, l'image d'un troisième point de référence 10 prédéterminé de chaque œil. Ce point de référence est ici le reflet RCG3, RCD3 de la diode 115 respectivement par la cornée de l'œil gauche et de l'œil droit. Il en est ainsi en raison du fait que les yeux observent la diode 115.

Puis, au cours d'une treizième étape S13, le système de traitement et de calcul 93 calcule le rayon ROG, ROD de chaque œil en fonction :

- 15 - des images des reflets cornéens RCG1, RCD1 de la première image et/ou des reflets cornéens RCG2, RCD2 de la seconde image, ainsi que de l'image des reflets cornéens RCG3, RCD3 de la troisième image,
- de la première et/ou seconde valeur APIV1, APIV2 et de la troisième valeur APIV3 du paramètre de posture APIV et
- 20 - des positions connues des points de visée 92, 116 par rapport à la pupille 95 de l'appareil de capture d'image 90.

Le groupe d'étapes S10, S11, S12 est en l'espèce distinct du groupe d'étapes S1, S2, S3 d'une part et du groupe d'étapes S4, S5, S6 d'autre part. En variante, on pourra prévoir que le groupe d'étapes S10, S11, S12 soit confondu 25 avec l'un des groupes d'étapes S1, S2, S3 et S10, S11, S12. On réalise alors en combinaison, à partir de seulement deux images capturées de face, le calcul à la fois de la position de l'œil par rapport à la lentille et de son rayon.

Le système de traitement et de calcul 93 calcule, à partir de l'image du troisième point de référence RCG3, RCD3 (reflet cornéen de la diode 115) de l'œil concerné et de la troisième valeur de l'angle de posture APIV3, les coordonnées, 30 dans le référentiel (O,X,Y,Z) de la tête du porteur, d'une troisième droite d'observation DOD3, DOG3 reliant le centre 96 de la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90 et le troisième point de référence RCG3, RCD3 (reflet cornéen de la diode 115) de l'œil OD, OG.

35 On prend en considération la direction de regard du porteur.

Lors des première et seconde captures d'images, chaque œil regarde la

diode luminescente 92. Mais dans la troisième configuration de la figure 11, chaque œil regarde la diode luminescente 11 qui est distante de l'appareil de capture d'image. Le centre 116 de cette diode 115 constitue un troisième point de visée dont la position est connue dans le référentiel de l'appareil de capture d'image 90. Le calcul de la position du centre de rotation CROD, CROG de chaque œil est alors de plus fonction des positions des points de visée que matérialise la diode 92 dans les deux postures.

On définit dans la troisième posture relative, deux troisièmes droites de visée DVD3, DVG3 reliant respectivement les troisièmes points de référence que 10 constituent les reflets cornéens RCD3, RCG3 au point de visée, c'est-à-dire au centre 116 de la diode 115.

Comme la diode 115 située à distance de la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90, les troisièmes droites de visée DVG3, DVD3 sont clairement distinctes des troisièmes droites d'observation DOG3, DOD3. Il faut 15 donc spécifiquement prendre en compte, dans le calcul de position des centre de rotation des yeux, la position du troisième point de visée que constitue la diode 115.

La troisième occurrence AHOG3, AHOD3 de chacun des angles AHOG, AHOD (précédemment définis) dans la troisième posture est calculée par le 20 système de traitement et de calcul 93, comme indiqué précédemment pour les première et seconde postures.

A partir des valeurs de ces angles, le système de traitement et de calcul 93 calcule les traces respectives TOG3, TOD3 des troisièmes occurrences des droites d'observation DOG3, DOD3 dans la troisième occurrence du plan vertical 25 monture PVM3, ainsi que les traces respectives TVG3, TVD3 des troisièmes occurrences des droites de visée DVG3, DVD3 dans la troisième occurrence du plan vertical monture PVM3. Plus précisément, le système de traitement et de calcul 93 calcule les abscisses respectives X(TOG3) et X(TOD3) des points TOG3 et TOD3 suivant l'axe X dans la troisième occurrence (O₃,X₃,Y₃,Z₃) du repère 30 (O,X,Y,Z), ainsi que les abscisses respectives X(TVG3) et X(TVD3) des points TVG3 et TVD3 dans la troisième occurrence (O₃,X₃,Y₃,Z₃) du repère (O,X,Y,Z). Il peut alors en déduire les distances recherchées entre les centres de rotation CROG, CROD des yeux gauche et droit, d'une part, et le plan vertical monture PVM, d'autre part, qui correspondent à l'opposé des abscisses suivant l'axe Z, 35 notées respectivement Z(CROG), Z(CROD), de ces centres CROG, CROD.

Le système de traitement et de calcul 93 calcule de plus le rayon de l'œil

en tirant parti du fait qu'entre les première et seconde postures d'une part et la troisième posture d'autre part, la position angulaire de chaque oeil autour de son centre de rotation CROG, CROD a changé par rapport à la pupille d'entrée 95 de l'appareil de capture d'image 90.

5 Le système de traitement et de calcul 93 calcule le rayon de chaque oeil OD, OG à partir :

- des abscisses respectives X(TVG3), X(TVD3), X(TOG3), X(TOD3) des points TVG3, TVD3; TOG3, TOD3 dans la troisième occurrence (O3,X3,Y3,Z3) du repère (O,X,Y,Z),

10 et

- des abscisses respectives X(TOG1), X(TOD1) des points TOG1, TOD1 dans la première occurrence (O1,X1,Y1,Z1) du repère (O,X,Y,Z) (les points TVG1, TVD1 étant respectivement confondus avec les points TOG1, TOD1),

et/ou

15 - des abscisses respectives X(TOG2), X(TOD2) des points TOG2, TOD2 dans la seconde occurrence (O2,X2,Y2,Z2) du repère (O,X,Y,Z) .

Ainsi, par exemple, si l'on effectue trois captures d'image dans les première, seconde et troisième postures, que les seconde et troisième occurrences correspondantes des angles de posture APIV2 et APIV3 sont égales 20 et que les seconde et troisième occurrences D2, D3 de la distance D entre l'appareil de capture d'image 90 et l'origine O du repère (O,X,Y,Z) lié à la tête du porteur sont égales ou proches, on peut exploiter les seconde et troisième images capturées pour effectuer un calcul simple et précis du rayon d'oeil. Si l'on note respectivement ROG, ROD les rayons des yeux gauche et droit, le système de 25 traitement et de calcul 93 peut exécuter les formules suivantes :

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

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

$$OMEGA = \text{Arctan}(d(ART,PVO).\text{Sin}(APIV2) / (d(ART,PVO).(1-\cos(APIV2))+D2)$$

$$+ \text{Arctan}((\text{Abs}(X96-X116)-d(ART,PVO).\text{Sin}(APIV2))/(d(ART,PVO)+D2-d(ART,PVO).\text{Cos}(APIV2)))$$

30 où :

X(RCG2), X(RCD2) sont respectivement les abscisses suivant l'axe X du repère (O,X,Y,Z) des reflets cornéens gauche et droit RCG, RCD en seconde posture,

35 X(RCG3), X(RCD3) sont respectivement les abscisses suivant l'axe X du repère (O,X,Y,Z) des reflets cornéens gauche et droit RCG, RCD en troisième

posture,

X96 et X116 sont respectivement les abscisses suivant l'axe X des points de visée 96 et 116 et

d(ART,PVO) est la distance entre l'axe de rotation vertical de la tête ART
5 et le plan vertical monture PVO.

Pour terminer, le système de traitement et de calcul 93 déduit de la distance entre chaque lentille 100, 101 et l'oeil OD, OG correspondant et de l'orientation de chaque lentille, la configuration du référentiel de la lentille correctrice à réaliser, par rapport aux yeux du porteur.

10 Autres variantes

On peut par exemple envisager de réaliser la mesure de la position du CRO de l'oeil du porteur en utilisant une source lumineuse infra-rouge à proximité de ou confondue avec la source lumineuse visible formant point de visée pour le regard du porteur. La mesure dans l'infra-rouge permet d'augmenter le contraste 15 de la pupille de l'oeil et du reflet cornéen sur les images capturées et assure une meilleure précision de la mesure.

On peut également envisager de calculer la position moyenne du CRO de l'oeil du porteur en moyennant les mesures de la position du CRO de l'oeil du porteur sur plusieurs images capturées. L'utilisation d'une méthode mathématique 20 connue comme la méthode des moindres carrés permet alors de minimiser les erreurs de mesure de cette position.

On pourra en particulier mesurer, au moyen d'un procédé analogue à celui qui vient d'être décrit, la position d'un point remarquable de chaque oeil autre que le centre de rotation de cet oeil, comme par exemple le centre de la pupille ou 25 de l'iris, un point de la sclérotique adjacent à la commissure de la paupière ou au congé supérieur ou inférieur de la paupière.

D'autre part, dans l'exemple illustré par les figures 9 et 10, les premier et second points de visée (en première et seconde posture) sont distincts puisque les première et seconde postures sont distinctes. On pourrait cependant prévoir 30 que les premier et second points de visée soient confondus, le porteur observant, dans les première et seconde postures, un seul et même point de visé tel que par exemple le centre d'une cible lumineuse ou non fixé sur un mur ou reposant sur une table ou un piétement.

On pourra par ailleurs avantageusement prévoir qu'au moins deux postures et deux points de visée sont tels que, lors de la capture d'image dans l'une des postures, les directions du regard des yeux correspondent à la vision de loin et que, lors de la capture d'image dans une autre posture, les directions du regard des yeux correspondent à la vision de près. Il est ainsi possible d'effectuer, à partir des images ainsi capturées, des données supplémentaires telles que les écarts pupillaires et hauteurs d'oeil en vision de loin et en vision de près, ou encore des informations sur le comportement du porteur (par exemple sa tendance à bouger davantage les yeux ou la tête pour passer de la vision de loin à la vision de près ou inversement).

On peut aussi prévoir que les différentes postures relatives de la tête du porteur par rapport à l'appareil de capture d'image soient prédéterminées. La position de l'appareil de capture d'image est alors fixe, ou en tout cas, prédéfinie pour chacune des captures d'image et le porteur est incité, pour chaque capture d'image, à placer sa tête dans la posture voulue et prédéfinie, au moyen d'un accessoire d'aide au positionnement quelconque. Cet accessoire peut par exemple consister en un viseur ou un pointeur LASER équipant la monture ou le système de repérage associé à une cible de position connue, que l'on demande au porteur de pointer, ou encore un dispositif repose-tête immobilisant la tête du porteur dans une posture prédéfinie. Dans ce cas, l'acquisition des différentes valeurs du paramètre de posture (tel que l'angle APIV) est globale : les différentes postures utilisées pour la mesure sont communes à tous les porteurs et les paramètres de posture correspondants sont donc des paramètres globaux (ou "variables globales" en langage informatique) qui ne font pas l'objet d'une nouvelle acquisition à chaque mesure.

On peut par ailleurs prévoir que le dispositif et le procédé soient conçus pour fonctionner pour une orientation du plan de Francfort qui n'est pas parallèle au plan horizontal PH du repère terrestre. Il est alors possible de mettre en œuvre le procédé décrit ci-dessus, mais en considérant que la direction verticale est définie relativement au porteur et non pas par rapport au repère terrestre. Autrement dit, la direction verticale est alors définie comme étant la direction perpendiculaire à l'axe primaire de regard du porteur et contenue dans le plan sagittal PSAG. Le plan horizontal, perpendiculaire à la direction verticale, est alors défini comme étant confondu avec le plan de Francfort.

Le procédé décrit peut également être appliqué dans le cas d'une paire de lunettes de type percée. Dans ce cas, chaque baguette est directement fixée

sur la lentille de présentation correspondante. Les calculs ou mesures réalisés relativement aux cercles (géométrie, orientation) dans la description ci-dessus sont alors réalisés relativement aux lentilles de présentation montées sur la monture de type percée.

5 En variante, pour une monture de type cerclée, on peut prévoir de mettre en oeuvre le procédé avec une monture cerclée dépourvue de lentilles de présentation. Dans ce cas, les tiges portant les billes d'appui prennent elles-même appui contre les cercles de la monture. On peut alors définir globalement pour 10 chaque cercle son plan moyen passant par la position de la croix de montage. On exécute alors le procédé précédemment décrit en recherchant l'orientation de ce plan.

Toujours dans le cas d'une monture de type cerclée, il est possible de ne prévoir qu'une lentille de présentation gauche ou droite, en considérant que la configuration du référentiel de l'autre lentille est obtenue par symétrie par rapport 15 au plan de symétrie de la monture. Dans ce cas, il est possible de garder les deux éléments de repérage associés aux deux yeux pour déterminer un éventuel angle de pivotement. Il est également possible de ne prévoir qu'un seul élément de repérage associé à un des deux yeux, en supposant que la tête est bien droite et que le plan de symétrie de la monture est bien confondu avec le plan sagittal.

20 On peut également envisager que le porteur ne garde pas la tête droite dans les première et deuxième postures relatives. Il tourne alors la tête autour d'un axe perpendiculaire au plan sagittal PSAG. Les paramètres de postures à déterminer comportent alors un angle de rotation autour de cet axe horizontal correspondant à un angle entre l'appareil de capture d'image et la tête du sujet 25 dans un plan vertical.

Enfin, l'ordre d'exécution des étapes n'est pas limitatif et l'homme du métier saura le modifier à sa guise tout en préservant la cohérence d'ensemble du procédé.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure d'une position, suivant une direction horizontale d'un plan sagittal (PSAG) d'un sujet, d'un point remarquable (CROD, CROG) d'un 5 œil (OD, OG) de ce sujet dans un référentiel (O,X,Y,Z) lié à la tête de ce sujet, le procédé comprenant les étapes de :

S1) agencer dans une première posture relative (O1,X1,Y1,Z1) la tête du sujet par rapport à une pupille d'entrée (95) d'un appareil de capture d'image (90) disposé en regard du visage du sujet,
10 S2) dans cette première posture relative, capturer une première image plane de l'œil au moyen de l'appareil de capture d'image (90),

S3) identifier, sur cette première image, une image d'un premier point de référence prédéterminé (RCG1, RCD1) de l'œil,

S4) agencer dans une seconde posture relative (O2,X2,Y2,Z2) la tête du 15 sujet par rapport à la pupille d'entrée (95) de l'appareil de capture d'image (90), distincte de la première posture relative (O1,X1,Y1,Z1),

S5) dans cette seconde posture relative, capturer une seconde image plane de l'œil au moyen de l'appareil de capture d'image (90),

S6) identifier, sur cette seconde image, une image d'un second point de 20 référence prédéterminé (RCG2, RCD2) de l'œil,

S9) calculer ladite position du point remarquable (CROD, CROG) de l'œil en fonction des images des premier et second points de référence (RCG1, RCD1, RCG2, RCD2) de l'œil et de première et seconde valeurs (APIV1, APIV2) d'un paramètre de posture (APIV) respectivement associées aux première et 25 seconde postures relatives.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, étant définies, dans la première posture relative, une première droite d'observation (DOG1, DOD1) reliant la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) et le premier point de référence (RCG1, RCD1) de l'œil et, dans la seconde posture relative, une seconde droite d'observation (DOG2, DOD2) reliant la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) et le second point de référence (RCG2, RCD2) de l'œil, les première et seconde postures relatives sont telles que ces première et seconde droites d'observation forment chacune avec leurs projections sur le plan sagittal (PSAG) du sujet et sur un plan de Francfort (PF) du sujet des angles respectifs 30 inférieurs à 45 degrés.
35

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, étant définies, dans la première posture relative, une première droite d'observation (DOG1, DOD1) reliant

la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) et le premier point de référence (RCG1, RCD1) de l'oeil et, dans la seconde posture relative, une seconde droite d'observation (DOG2, DOD2) reliant la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) et le second point de référence (RCG2, RCD2) de l'oeil, les première et seconde postures relatives sont telles que ces première et seconde droites d'observation présentent des configurations distinctes l'une de l'autre par rapport à la tête du sujet.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, comportant de plus les étapes de :

S7) calculer, dans la première posture relative (O1,X1,Y1,Z1), la première droite d'observation (DOG1, DOD1) reliant la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) et le premier point de référence (RCG1, RCD1) de l'oeil et, dans la seconde posture relative, la seconde droite d'observation (DOG2, DOD2) reliant la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) et le second point de référence (RCG2, RCD2) de l'oeil,

S8) vérifier si ces première et seconde droites d'observation (DOG1, DOD1, DOG2, DOD2) présentent des configurations sensiblement distinctes l'une de l'autre par rapport à la tête du sujet et, dans la négative, exécuter à nouveau les étapes S1 à S3 ou les étapes S4 à S6.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel, pour calculer la position du point remarquable (CROD, CROG) de l'oeil à l'étape S9, on exécute les sous-étapes de :

- déduire, de l'image du premier point de référence (RCG1, RCD1) de l'oeil et de la première valeur (PSAG1) du paramètre de posture, les coordonnées, dans ledit référentiel de la tête du sujet (O,X,Y,Z), de la première droite d'observation (DOG1, DOD1) reliant la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) et le premier point de référence (RCG1, RCD1) de l'oeil,

- déduire, de l'image du second point de référence (RCG2, RCD2) de l'oeil et de la seconde valeur (PSAG2) du paramètre de posture, les coordonnées, dans ledit référentiel de la tête du sujet, de la seconde droite d'observation (DOD2, DOG2) reliant la pupille (95) de l'appareil de capture d'image et le second point de référence de l'oeil (RCG2, RCD2),

- calculer la position du point remarquable de l'oeil du sujet dans le référentiel lié à la tête du sujet en fonction des coordonnées des premières et secondes droites d'observation (DOG1, DOD1, DOD2, DOG2).

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le point remarquable dont la position est recherchée est le centre de rotation (CROG, CROD) de l'oeil

du sujet et dans lequel la position de ce point est calculée en tant que position du point d'intersection ou, si ces droites ne sont pas rigoureusement sécantes, de plus grande proximité des deux droites d'observation (DOG1, DOD1, DOD2, DOG2).

5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le point remarquable dont la position est recherchée est le centre de rotation (CROD, CROG) de l'oeil du sujet.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel, lors des première et seconde captures d'images, l'oeil regarde respectivement des premier et second points de visée (92, 92 ; 92, 116) ayant une première et une deuxième positions de visée connues l'une par rapport à l'autre, dans lequel le calcul de la position du centre de rotation (CROD, CROG) de l'oeil du sujet dans le référentiel (O,X,Y,Z) lié à la tête du sujet est de plus fonction desdites première et deuxième positions de visée relatives des points de visée (92, 92 ; 92, 116) et dans lequel les première et seconde postures et les premier et second points de visée sont tels que, lors des première et seconde captures d'images, les directions correspondantes du regard de l'oeil regardant respectivement les premier et second points de visée sont distinctes dans le référentiel lié à la tête du sujet (O,X,Y,Z).

20 9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel au moins deux desdites postures et deux desdits points de visée sont tels que, lors de la capture d'image dans l'une des postures, les directions du regard des yeux correspondent à une vision de loin et que, lors de la capture d'image dans une autre posture, les directions du regard des yeux correspondent à une vision de près.

25 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, dans lequel, lors au moins de la première ou seconde capture d'image, l'oeil regarde respectivement l'un desdits premier ou second points de visée (92) ayant ladite première ou deuxième position de visée connue par rapport à la pupille de l'appareil de capture d'image (90) et dans lequel on exécute les étapes suivantes :

30 S10) agencer dans une troisième posture relative (O3,X3,Y3,Z3) la tête du sujet par rapport à la pupille d'entrée (95) de l'appareil de capture d'image (90), identique ou distincte des première et seconde postures relatives, l'oeil regardant dans cette troisième posture un troisième point de visée (116) ayant une troisième position de visée qui est connue par rapport à la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) et qui est, par rapport au référentiel lié à la tête du sujet (O,X,Y,Z), distincte de celle du premier ou second point de visée (92),

35 S11) dans cette troisième posture relative (O3,X3,Y3,Z3), capturer une

troisième image plane de l'oeil au moyen de l'appareil de capture d'image (90),

S12) identifier, sur cette troisième image, l'image d'un troisième point de référence prédéterminé (RCG3, RCD3) de l'oeil,

S13) calculer le rayon (ROG, ROD) de l'oeil en fonction :

5 - des images du premier ou second point de référence (RCG1, RCD1, RCG2, RCD2) et du troisième point de référence (RCG3, RCD3) de l'oeil,

- de la première ou seconde valeur (APIV1, APIV2) du paramètre de posture et d'une troisième valeur (APIV3) du paramètre de posture (APIV) associée à la troisième posture et

10 - desdites positions de visée connues desdits points de visée (92, 116) par rapport à la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90),

le groupe d'étapes S10, S11, S12 étant, soit distinct du groupe d'étapes S1, S2, S3 d'une part et du groupe d'étapes S4, S5, S6 d'autre part, soit confondu avec l'un de ces groupes d'étapes.

15 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel lesdites positions de visée des premier et second points de visée (92, 116) par rapport à la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) sont distinctes.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel lesdites positions de visée des premier et second points de visée (92) par rapport à la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) sont confondues.

20 13. Procédé selon la revendication 8, dans lequel
- le premier point de référence (RCG1, RCD1) de l'oeil est le reflet d'une première source lumineuse (92) sur la cornée de l'oeil, cette première source lumineuse ayant une première position de source connue par rapport à la pupille d'entrée (95) de l'appareil de capture d'image (90),

25 - le second point de référence (RCG2, RCD2) de l'oeil est le reflet d'une seconde source lumineuse (116) sur la cornée de l'oeil, cette seconde source lumineuse étant distincte de ou confondue avec la première source lumineuse et ayant une seconde position de source connue par rapport à la pupille d'entrée (95) de l'appareil de capture d'image (90),

30 - le calcul de la position du point remarquable (CROD, CROG) de l'oeil est réalisé en fonction, de plus, desdites première et seconde positions de source des première et seconde sources lumineuses (92, 116).

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel, lors des première et 35 seconde captures d'images, l'oeil regarde respectivement la première et la seconde source lumineuse (92, 116), qui constituent ainsi lesdits premier et second points de visée.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel ledit paramètre de posture comporte un ou plusieurs des paramètres suivants :

5 - un angle horizontal entre l'appareil de capture d'image et la tête du sujet,

- un angle vertical entre l'appareil de capture d'image et la tête du sujet,
- une distance entre l'appareil de capture d'image et la tête du sujet.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel les premier et second points de référence de l'oeil se confondent en un 10 même point de cet oeil consistant en l'un des points suivants de l'oeil :

- le centre de la pupille ou de l'iris,
- un point de la sclérotique adjacent à une commissure d'une paupière ou au congé supérieur ou inférieur de cette paupière.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans 15 lequel les premier et second points de référence de l'oeil sont des points de cet oeil distincts l'un de l'autre.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans lequel le point remarquable dont la position est recherchée consiste en l'un des points suivants de l'oeil :

20 - le centre de la pupille ou de l'iris,

- un point de la sclérotique adjacent à une commissure d'une paupière ou au congé supérieur ou inférieur de cette paupière.

19. Procédé selon la revendication 18, dans lequel les premier et second 25 points de référence de l'oeil se confondent avec le point remarquable de cet oeil dont la position est recherchée.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, dans lequel les valeurs du paramètre de posture sont calculées selon les étapes suivantes :

30 - chacune des première et seconde images planes capturées dans chaque posture relative au moyen de l'appareil de capture d'image intègre une image plane d'un élément de repérage (60, 70, 80 ; 700 ; 800) sur la tête du sujet, qui est traitée pour en mesurer une caractéristique géométrique dépendant d'une caractéristique géométrique connue de cet élément de repérage,

35 - les différentes valeurs du paramètre de posture relative (APIV) pour les différentes postures sont calculées en fonction de cette caractéristique géométrique mesurée de l'image capturée de l'élément de repérage et de la caractéristique géométrique connue de l'élément de repérage.

21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel, lors d'au moins l'une des captures d'image, le sujet est équipé d'une monture de lunettes sur laquelle est monté l'élément de repérage (60, 70, 80 ; 700 ; 800) et dans lequel on calcule, en fonction de cette caractéristique géométrique mesurée de l'image capturée de l'élément de repérage et de la caractéristique géométrique connue de l'élément de repérage, au moins une composante de l'orientation d'une lentille montée sur cette monture.

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 ou 13 ou 15 à 21, dans lequel, dans les étapes S1) et S4), on agence la tête du sujet par rapport à la pupille d'entrée de l'appareil de capture d'image (90) dans les première et seconde postures relatives, de manière que la position relative de la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) par rapport à un axe de rotation vertical (ART) de la tête du sujet, ne soit pas modifiée entre lesdites première et seconde postures par un déplacement transversal de plus de 200 millimètres suivant une direction perpendiculaire à l'axe optique de l'appareil de capture d'image, et de manière que le sujet pivote la tête autour dudit axe de rotation vertical d'au moins 5 degrés et d'au plus 60 degrés entre lesdites première et seconde postures pour fixer du regard respectivement des premier et second points de visée ayant des positions de visée distinctes connues l'une par rapport à l'autre.

23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 12 ou 14, dans lequel, dans les étapes S1) et S4), on agence la tête du sujet par rapport à la pupille d'entrée de l'appareil de capture d'image (90) dans les première et seconde postures relatives, de manière que la position relative de la pupille (95) de l'appareil de capture d'image (90) par rapport à un axe de rotation vertical (ART) de la tête du sujet, ne soit pas modifiée entre lesdites première et seconde postures par un déplacement transversal de plus de 200 millimètres suivant une direction perpendiculaire à l'axe optique de l'appareil de capture d'image, et de manière que le sujet pivote la tête autour dudit axe de rotation vertical d'au moins 5 degrés et d'au plus 60 degrés entre lesdites première et seconde postures pour fixer du regard respectivement lesdits premier et second points de visée ayant lesdites positions de visée distinctes connues l'une par rapport à l'autre.

1/7

Fig.1

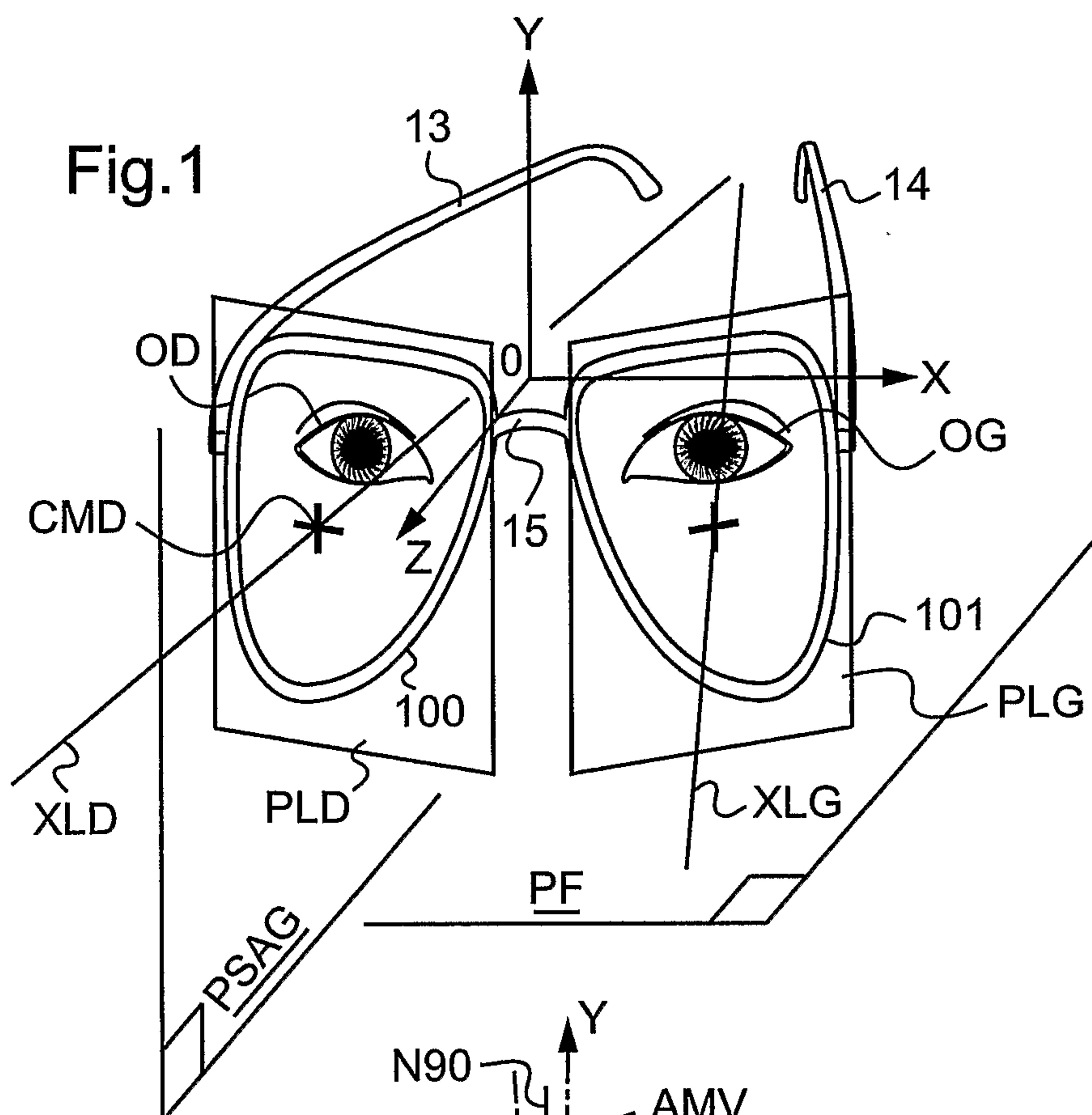
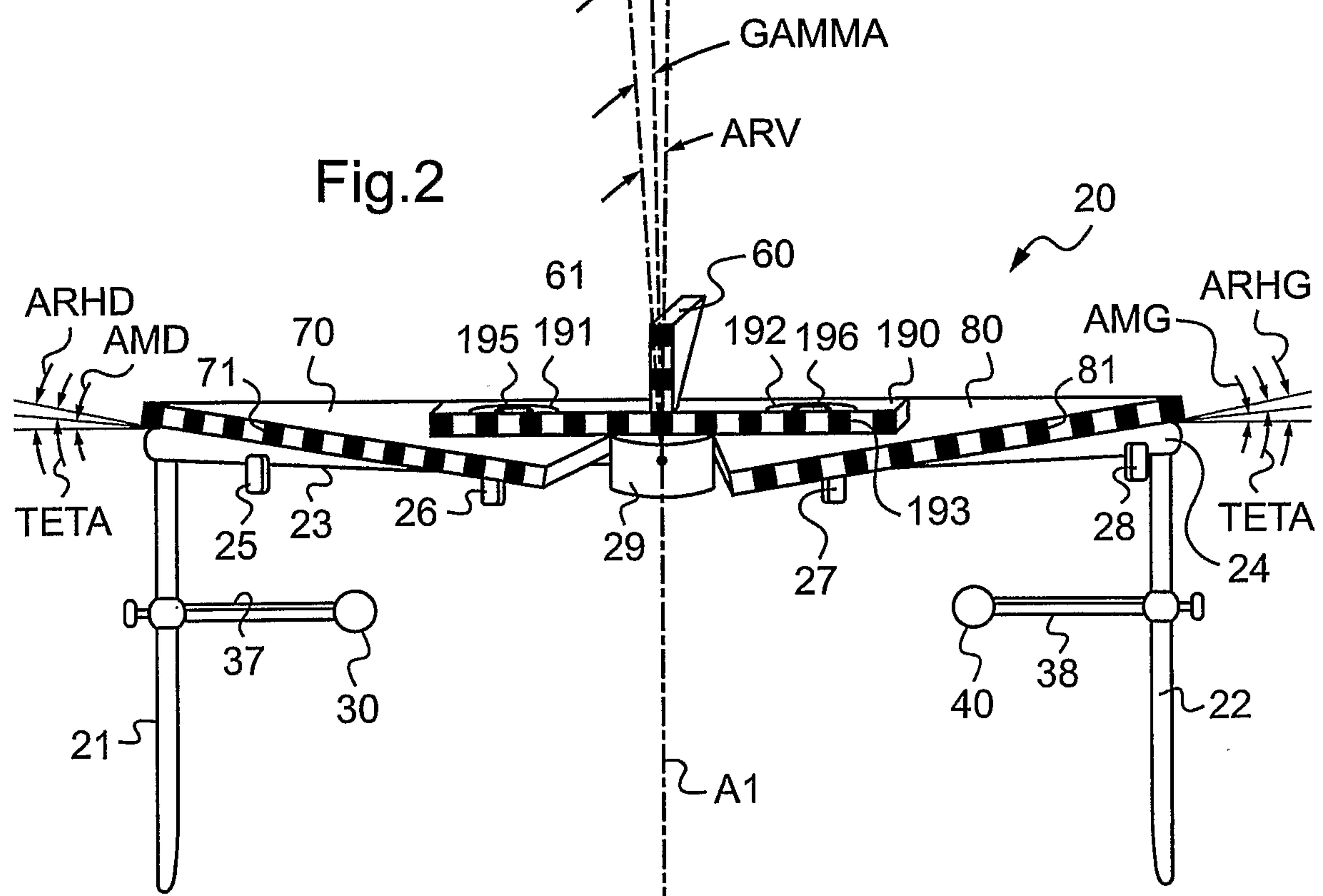


Fig.2



217

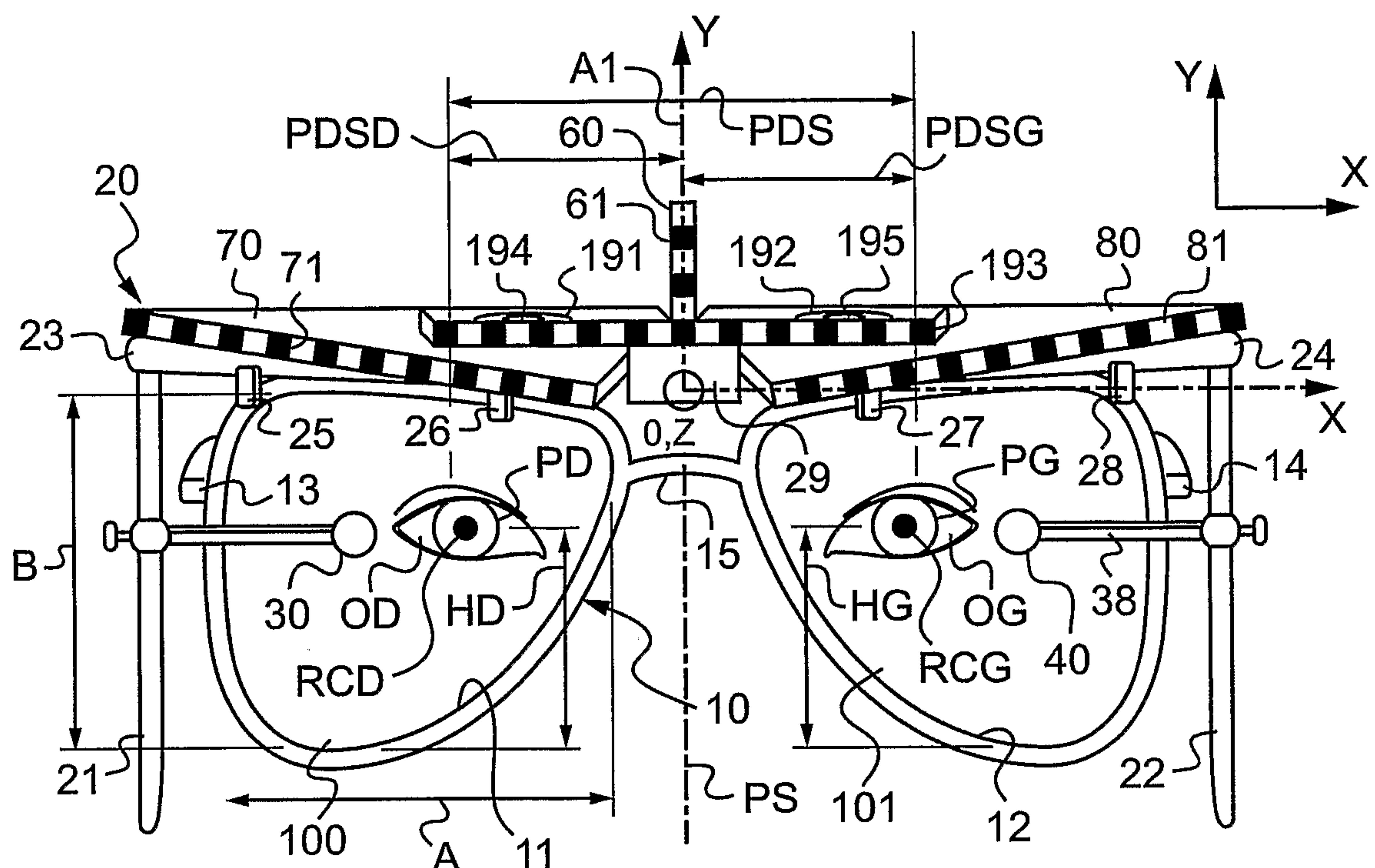


Fig.3

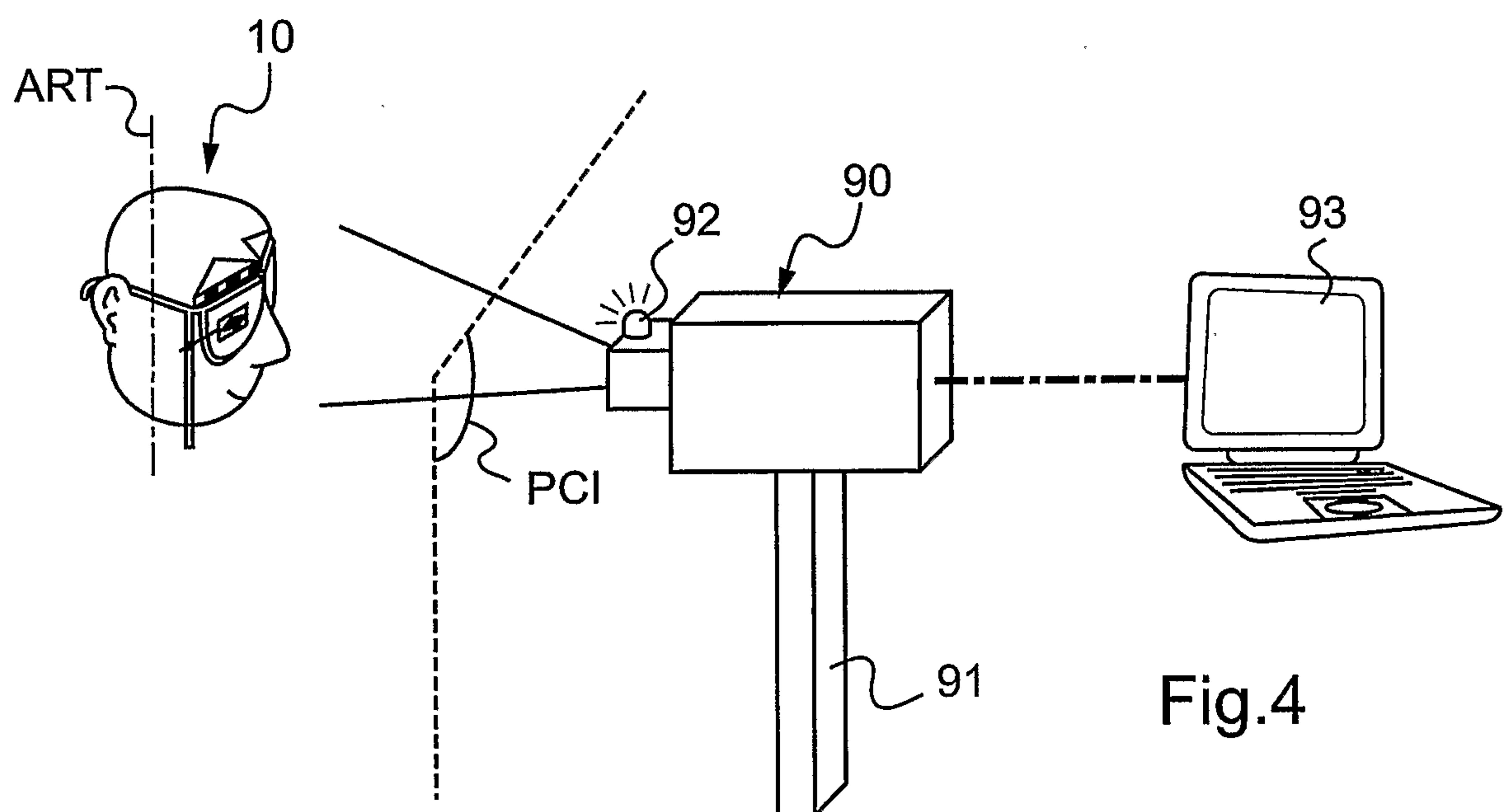


Fig.4

3/7

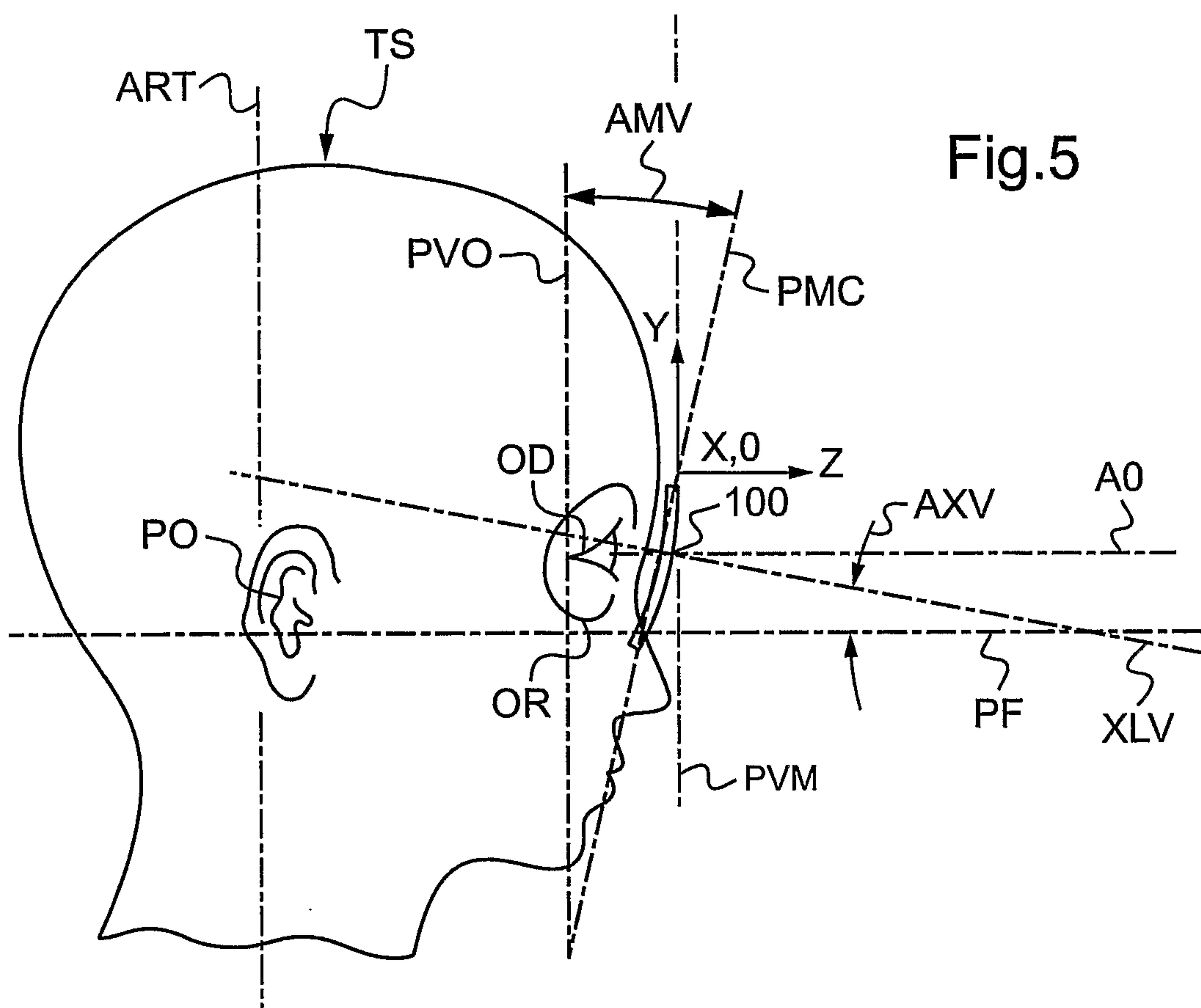


Fig.5

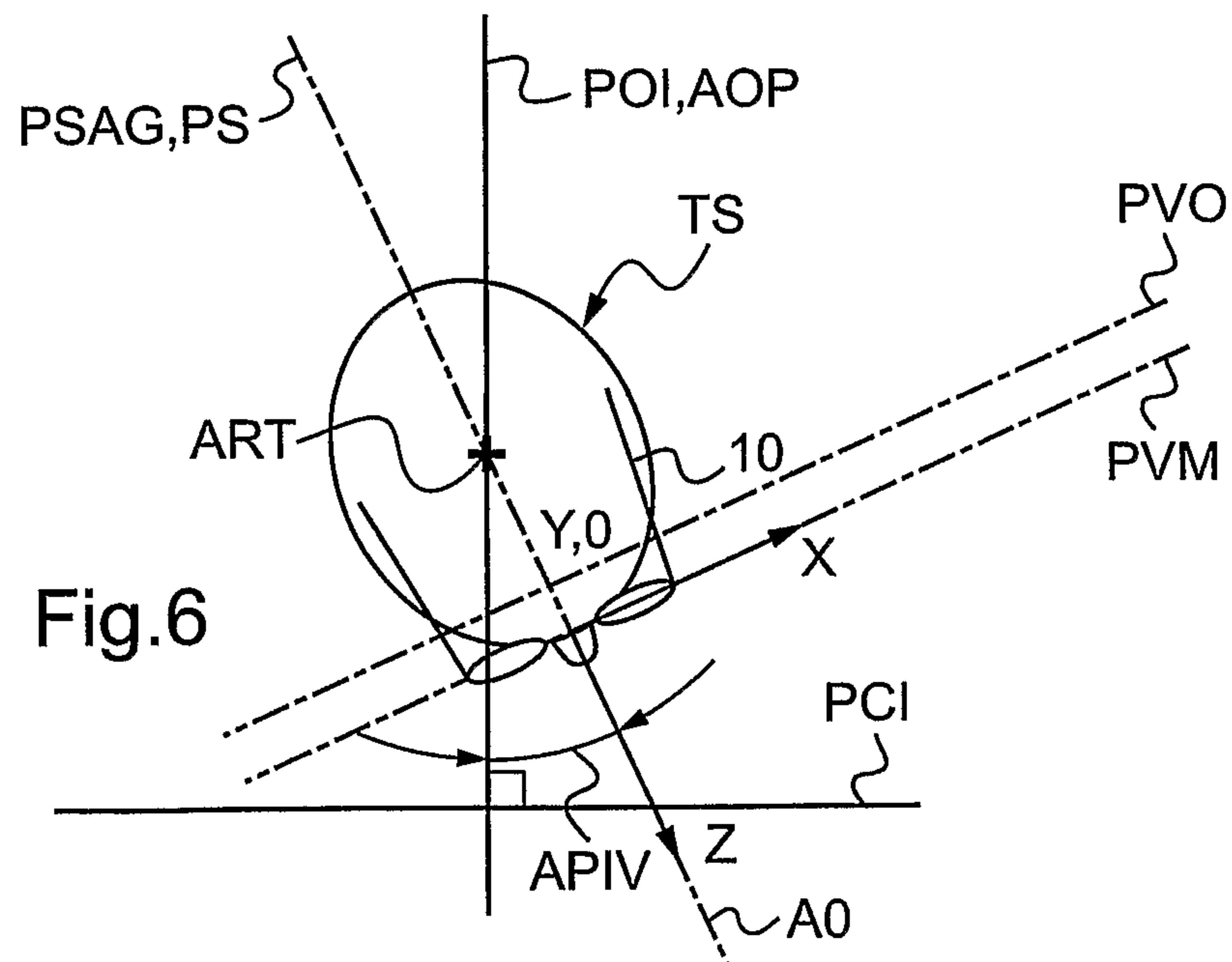


Fig.6

4/7

Fig.7

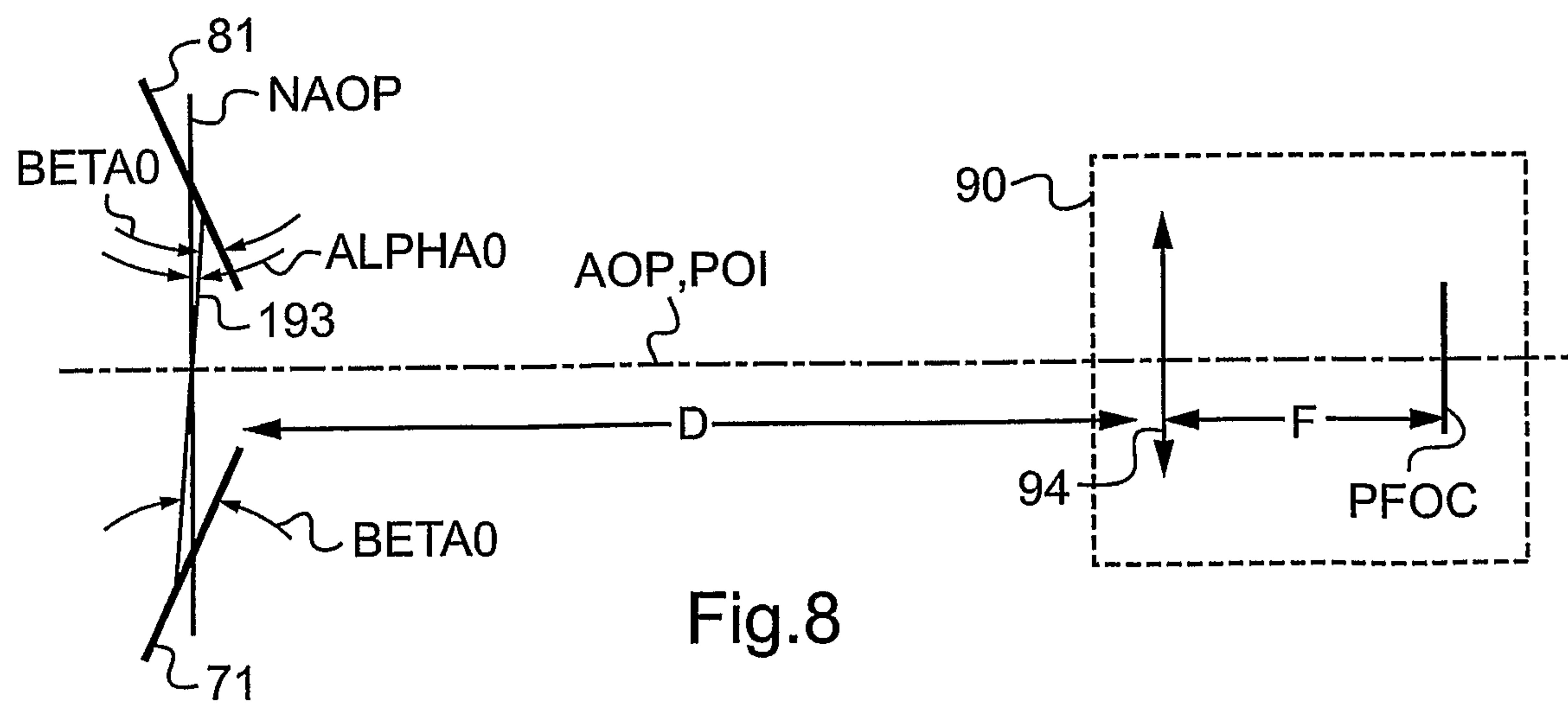
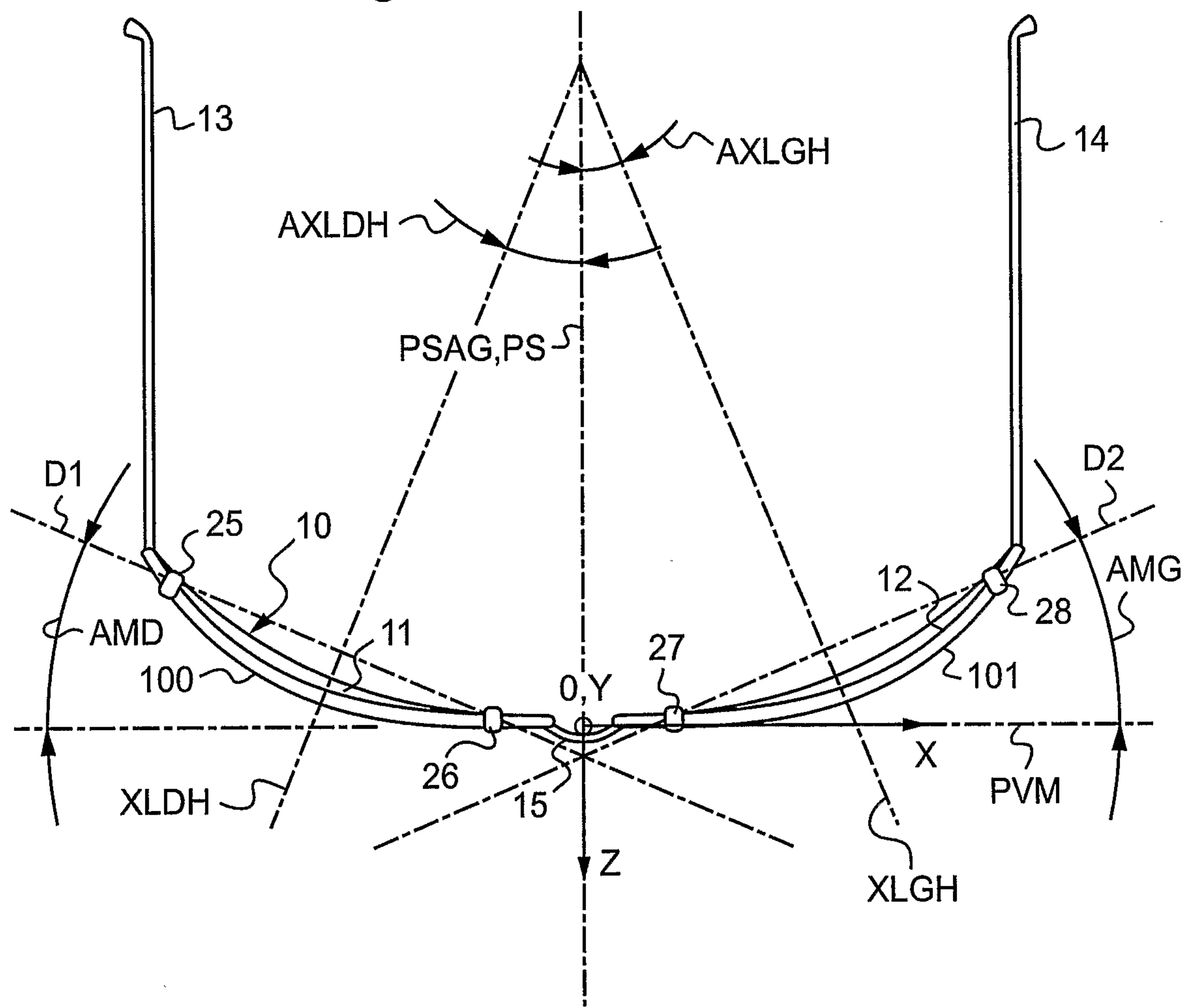
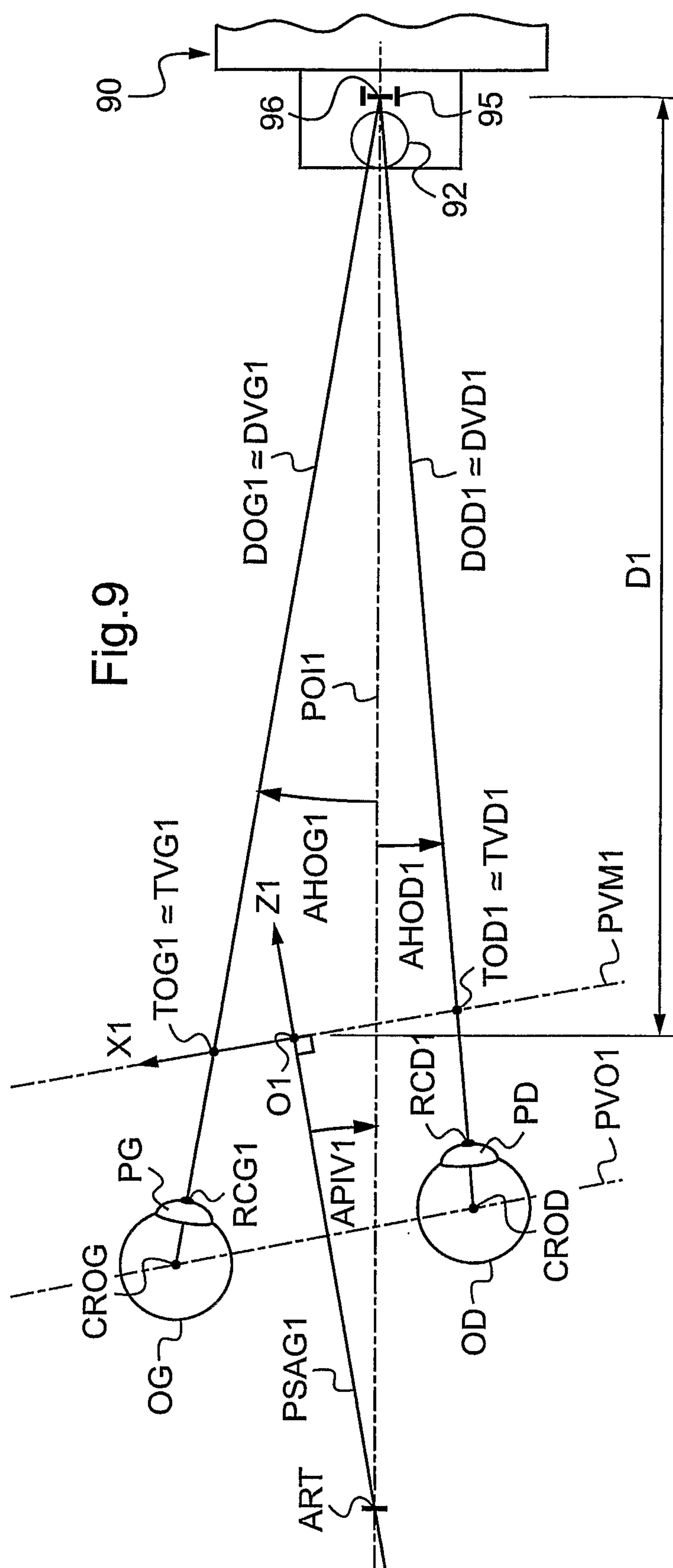
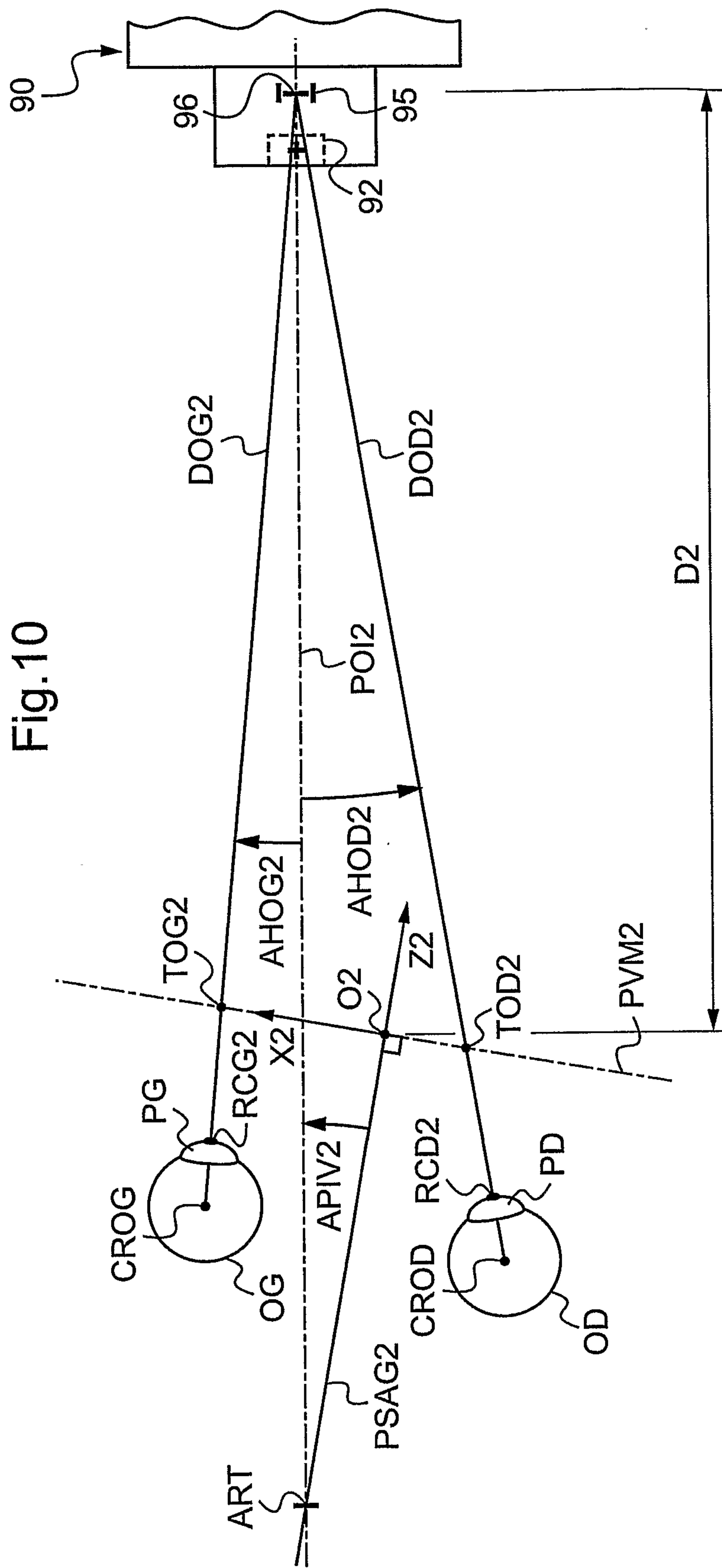


Fig.8

5/7



6/7



7/7

