



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
25.01.2012 Bulletin 2012/04

(51) Int Cl.:
G02C 13/00 (2006.01) **B24B 9/14** (2006.01)
B24B 49/00 (2012.01)

(21) Numéro de dépôt: 11290306.7

(22) Date de dépôt: 01.07.2011

(84) Etats contractants désignés:

AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

Etats d'extension désignés:

BA ME

(30) Priorité: 20.07.2010 FR 1003047

(71) Demandeur: **Essilor International**
(Compagnie Générale d'Optique)
94220 Charenton-le-Pont (FR)

(72) Inventeurs:

- Biton, Jérémie
94220 Charenton Le Pont (FR)

- Freson, David
94220 Charenton Le Pont (FR)
- Belloni, Eric
94220 Charenton Le Pont (FR)
- Allouis, Thierry
94220 Charenton Le Pont (FR)
- Holvoet Vermaut, Benoit
94220 Charenton Le Pont (FR)

(74) Mandataire: **Chauvin, Vincent et al**
Coralis
14 rue Ballu
75009 Paris (FR)

(54) Procédé de calcul d'une consigne de biseautage ou de rainage d'une lentille ophthalmique

(57) L'invention concerne un procédé de calcul d'une consigne de détourage d'une lentille ophthalmique suivant un profil longitudinal.

Selon l'invention, ce procédé comporte :

- une opération d'acquisition d'un profil longitudinal initial,
- une opération de centrage de ce profil longitudinal initial sur la lentille,
- une opération de recherche de deux points remarquables de ce profil longitudinal initial, en fonction de critères déterminés,
- une opération de calcul d'une coordonnée axiale modifiée de chaque point remarquable, en vue d'assurer un montage et un esthétisme correct de la lentille dans sa monture de lunettes, et
- une opération de calcul d'un profil longitudinal final résultant d'une transformation du profil longitudinal initial qui est telle que le profil longitudinal final passe par les deux points remarquables.

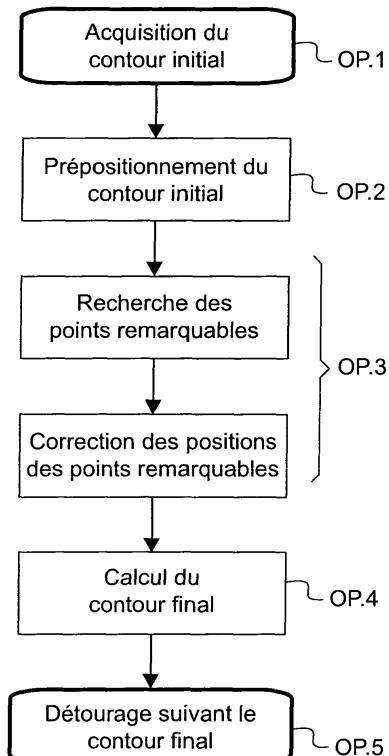


Fig.5

Description

[0001] La présente invention concerne de manière générale le domaine de la lunetterie.

5 [0002] Elle concerne plus précisément le calcul de la position que doit présenter la rainure ou la nervure d'emboîtement sur le chant de la lentille ophtalmique à usiner, en vue de son montage dans un entourage d'une monture de lunettes cerclée ou semi-cerclée.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

10 [0003] La partie technique du métier de l'opticien consiste à monter une paire de lentilles ophtalmiques correctrices sur une monture de lunettes sélectionnée par un porteur.

[0004] Ce montage se décompose en trois opérations principales :

- 15 - l'acquisition de la géométrie d'un profil longitudinal représentatif de la forme du contour de l'un des entourages de la monture de lunettes sélectionnée,
- le centrage de la lentille ophtalmique considérée qui consiste à positionner et à orienter convenablement ce profil longitudinal sur la lentille, de manière qu'une fois usinée suivant ce profil puis montée dans sa monture, la lentille soit correctement positionnée par rapport à l'oeil correspondant du porteur, exerçant ainsi au mieux la fonction optique pour laquelle elle a été conçue, puis
- 20 - le détourage de la lentille qui consiste à usiner son contour à la forme du profil longitudinal.

[0005] L'opération d'acquisition est notamment connue du document EP2031435.

25 [0006] Dans le cas des montures de lunettes cerclées, l'entourage (ou « cercle ») est conçu pour entourer l'ensemble de la périphérie de la lentille. Le détourage comporte alors une opération de biseautage qui consiste à réaliser le long du chant de la lentille une nervure d'emboîtement destinée à s'émboîter dans une rainure, communément appelée drageoir, parcourant la face intérieure du cercle de la monture de lunettes.

30 [0007] Dans le cas des montures de lunettes semi-cerclées, l'entourage comporte une arcade qui épouse une partie supérieure du pourtour de la lentille et un fil qui longe la partie inférieure du pourtour de la lentille afin de maintenir la lentille contre l'arcade. Le détourage comporte alors une opération de rainage qui consiste à réaliser le long du chant de la lentille une rainure d'emboîtement dont une partie supérieure permet d'accueillir une nervure prévue le long de la face intérieure de l'arcade et dont une partie inférieure permet d'accueillir le fil.

35 [0008] Généralement, afin de s'assurer que la nervure ou la rainure d'emboîtement ne déborde pas en avant ou en arrière du chant de la lentille, l'opticien use cette lentille de telle manière que la nervure ou la rainure d'emboîtement suive la face optique avant de la lentille, en s'étendant à une distance constante de cette face optique avant.

[0009] Il est également connu d'usiner la lentille de telle manière que la nervure ou la rainure d'emboîtement s'étende à mi-largeur de son chant.

[0010] Ces deux méthodes ne sont toutefois pas flexibles.

40 [0011] Il arrive alors que la paire de lunettes, une fois assemblée, ne soit pas esthétique en raison du positionnement des lentilles dans les entourages de la monture imposé par les contraintes précitées. En particulier, on constate parfois, si la tranche de la lentille est particulièrement épaisse, qu'elle déborde de manière inesthétique à l'arrière de l'entourage.

[0012] On constate également parfois des impossibilités de montage dues à des interférences entre le bord arrière de la tranche de la lentille et la plaque nasale correspondante de la monture de lunettes.

[0013] Il en est d'autant plus ainsi qu'il existe une grande variété de formes de montures de lunettes et de formes de lentilles ophtalmiques.

45

OBJET DE L'INVENTION

[0014] Afin de remédier aux inconvénients précités de l'état de la technique, la présente invention propose un procédé de calcul de la position de la nervure ou de la rainure d'emboîtement sur le chant de la lentille, qui autorise une plus grande souplesse dans le choix de cette position pour permettre de prévenir toute interférence ou tout manque d'esthétisme du montage.

[0015] Plus particulièrement, on propose un procédé de calcul de la géométrie d'un profil longitudinal suivant lequel la nervure ou la rainure d'engagement doit être usinée le long du chant de la lentille ophtalmique tel que défini dans la revendication 1.

55 [0016] Ce procédé permet de détecter les deux points du profil longitudinal où les risques de problème esthétique ou de montage sont les plus élevés. Ces points sont appelés « points remarquables ».

[0017] Ce procédé permet ensuite, au besoin, de modifier les coordonnées de ces deux points remarquables de manière à écarter le profil longitudinal de la position qui lui était initialement affectée (à mi-épaisseur du chant de la

lentille ou le long de la face avant de cette lentille), de manière à prévenir ces problèmes d'esthétisme ou de montage.

[0018] Le choix du premier point remarquable est réalisé en fonction d'un critère d'aiguillage et d'un critère de positionnement. La combinaison de ces deux critères est destinée à déterminer, d'une part, quel est le risque maximum qu'encourrait l'opticien s'il détournait la lentille suivant le profil longitudinal initial (problème d'esthétisme, de montage, ...), et, d'autre part, en quel point du profil longitudinal initial ce risque serait maximum (côté nasal de la monture, côté temporal, ...).

[0019] Le choix du second point remarquable est réalisé en fonction d'un autre critère de positionnement afin de déterminer, parmi une liste de points sélectionnée en fonction de la position du premier point remarquable, celui où un problème (autre ou identique au premier) risque de se poser.

[0020] La correction, suivant une direction axiale sensiblement perpendiculaire à un plan moyen de la lentille, d'une coordonnée axiale modifiée de chaque point remarquable, est quant à elle réalisée conformément à une règle de positionnement axial qui dépend des résultats des étapes b) à d). Cette règle de positionnement axial est en effet choisie en fonction du problème à résoudre.

[0021] D'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses du procédé de calcul selon l'invention sont définies dans les revendications 2 à 15.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN EXEMPLE DE REALISATION

[0022] La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

[0023] Sur les dessins annexés :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective des appareils à la disposition d'un opticien pour lui permettre de préparer deux lentilles ophtalmiques en vue de leur montage dans les deux entourages d'une monture de lunettes ;
- la figure 2 est une vue schématique en perspective de l'un des appareils de la figure 1, à savoir l'appareil de lecture du contour des entourages de la monture de lunettes ;
- la figure 3 est une vue schématique de face d'une lentille ophtalmique non détournée, sur laquelle apparaissent les marques de centrage de la lentille et, en pointillés, le contour suivant lequel la lentille doit être détournée ;
- la figure 4 est une vue schématique d'une lentille ophtalmique détournée, représentée en coupe suivant un plan axial de la lentille ophtalmique ;
- la figure 5 est un algorithme représentant les étapes principales du procédé suivant l'invention ; et
- les figures 6A et 6B forment ensemble un algorithme détaillé de l'opération de recherche de deux points remarquables du contour suivant lequel la lentille doit être détournée.

[0024] Dans le présent exposé, on s'intéressera plus particulièrement à la préparation de deux lentilles ophtalmiques en vue de leur montage dans deux entourages (ou « cercles ») d'une monture de lunettes cerclées. Comme cela sera décrit plus en détail à la fin de cet exposé, la présente invention s'applique également à la préparation de deux lentilles ophtalmiques en vue de leur montage dans deux entourages (ou « demi-cercles ») d'une monture de lunettes semi-cerclées.

[0025] Par conséquent, la monture de lunettes 10 ici considérée comporte deux cercles reliés l'un à l'autre par un pontet et qui portent chacun une branche. Chaque cercle de la monture présente par ailleurs une rainure, communément appelée « drageoir », qui court le long de l'ensemble du pourtour de chaque cercle et qui est ouverte vers le centre de ce cercle.

[0026] Sur la figure 1, on a représenté schématiquement les différents appareils qui permettent à l'opticien de préparer un job de deux lentilles ophtalmiques 20, en vue de leur montage sur une monture de lunettes 10 préalablement sélectionnée par le futur porteur de la paire de lunettes.

[0027] La première opération S.1 mise en oeuvre par l'opticien consiste à déterminer l'acuité visuelle et les besoins (lentilles unifocales ou progressives, transparentes ou colorées...) du futur porteur, et à communiquer ces informations à un fabricant de lentilles. A cette occasion, l'opticien équipe le futur porteur de sa monture de lunettes (qui est alors généralement équipée de lentilles de présentation) pour relever la position de la pupille du futur porteur par rapport à la monture. Le point relevé est appelé point pupillaire.

[0028] Les lentilles ophtalmiques 20 sont alors moulées et usinées par le fabricant pour présenter les puissances optiques recherchées. Elles sont ensuite envoyées à l'opticien qui est alors chargé de découper leurs contours à la forme des cercles de la monture de lunettes sélectionnée.

[0029] Pour cela, l'opticien dispose d'un appareil de lecture de contours 100, d'un appareil centreur-bloqueur 200, et d'un appareil de détourage 300. Ces appareils sont ici tous trois pilotés par une même unité de pilotage 400. En variante, ils pourraient bien sûr être pilotés par des unités de pilotage distinctes.

[0030] L'appareil de lecture de contours 100 permet à l'opticien, au cours d'une seconde opération S.2, de relever la

géométrie d'un profil (ou « brin ») longitudinal courant le long du pourtour du drageoir de chaque cercle de la monture de lunettes sélectionnée.

[0031] L'appareil centreur-bloqueur 200 permet quant à lui, au cours d'une troisième opération S.3, de respectivement centrer ces deux profils longitudinaux sur les deux lentilles ophthalmiques 20 (voir figure 3), de telle manière qu'une fois détourée suivant ce profil longitudinal et montée sur la monture, chaque lentille soit correctement positionnée par rapport aux yeux du porteur.

[0032] L'appareil de détourage 300 permet quant à lui, au cours d'une quatrième et dernière opération S.4, de détourer les deux lentilles ophthalmiques 20 en suivant ces deux profils longitudinaux.

[0033] Sur la figure 2, on a représenté plus en détail l'appareil de lecture de contours 100.

[0034] Cet appareil de lecture de contours est un moyen bien connu de l'homme du métier et ne fait pas en propre l'objet de l'invention décrite. Il est par exemple décrit dans le brevet EP 0 750 172. Il est également commercialisé par Essilor International sous la marque Kappa CT.

[0035] Cet appareil comporte un capot supérieur 101 recouvrant l'ensemble de l'appareil à l'exception d'une portion supérieure centrale dans laquelle est disposée la monture de lunettes 10 sélectionnée.

[0036] Il comporte un jeu de deux mâchoires 102 dont au moins une des mâchoires 102 est mobile par rapport à l'autre de sorte que les mâchoires 102 peuvent être rapprochées ou écartées l'une de l'autre pour former un dispositif de serrage. Chacune des mâchoires 102 est de plus munie de deux pinces formées chacune de deux plots 103 mobiles pour être adaptés à serrer entre eux la monture de lunettes 10 afin de l'immobiliser.

[0037] Dans l'espace laissé visible par l'ouverture supérieure centrale du capot 101, un châssis 107 est visible. Une platine 104 peut se déplacer en translation sur ce châssis 107 selon un axe de transfert A3.

[0038] Un plateau tournant 105 est monté mobile en rotation sur cette platine 104.

[0039] Ce plateau tournant 105 est ainsi apte à prendre deux positions sur l'axe de transfert A3 à la faveur de la translation de la platine 104 sur le châssis 107, dont une première position dans laquelle le centre du plateau tournant 105 est disposé entre les deux paires de plots 103 fixant le cercle droit de la monture de lunettes 10, et une seconde position dans laquelle le centre du plateau tournant 105 est disposé entre les deux paires de plots 103 fixant le cercle gauche de la monture de lunettes 10.

[0040] Le plateau tournant 105 possède un axe de rotation A4 défini comme l'axe normal à la face avant de ce plateau tournant 105 et passant par son centre. Il est adapté à pivoter autour de cet axe par rapport à la platine. Le plateau tournant 105 comporte par ailleurs une lumière 106 oblongue en forme d'arc de cercle à travers laquelle s'insère un palpeur 110. Ce palpeur 110 comporte une tige support 111 d'axe perpendiculaire au plan de la face avant du plateau tournant 105 et, à son extrémité libre, un doigt de palpation 112 d'axe perpendiculaire à l'axe de la tige support 111. Ce doigt de palpation 112 est destiné à suivre par glissement ou éventuellement roulement l'arête de fond du drageoir de chaque cercle 11 de la monture de lunettes 10.

[0041] L'appareil de lecture de forme 100 comporte des moyens d'actionnement (non visibles sur la figure) adaptés, d'une première part, à faire glisser la tige support 111 le long de la lumière 106 afin de modifier sa position radiale par rapport à l'axe de rotation A4 du plateau tournant 105, d'une deuxième part, à faire varier la position angulaire du plateau tournant 105 autour de son axe de rotation A4, et, de troisième part, à positionner le doigt de palpation 112 du palpeur 110 à une altitude plus ou moins importante par rapport au plan de la face avant du plateau tournant 105.

[0042] En résumé, le palpeur 110 est pourvu de trois degrés de liberté, dont un premier degré de liberté R constitué par l'aptitude du palpeur 110 à se mouvoir radialement par rapport à l'axe de rotation A4 grâce à sa liberté de mouvement le long de l'arc de cercle formé par la lumière 106, un deuxième degré de liberté THETA constitué par l'aptitude du palpeur 110 à pivoter autour de l'axe de rotation A4 grâce à la rotation du plateau tournant 105 par rapport à la platine, et un troisième degré de liberté Z constitué par l'aptitude du palpeur 110 à se déplacer selon un axe parallèle à l'axe de rotation A4 du plateau tournant 105.

[0043] Chaque point lu par l'extrémité du doigt de palpation 112 du palpeur 110 est repéré dans un système de coordonnées correspondantes R, THETA, Z.

[0044] La méthode d'acquisition d'un profil longitudinal du drageoir à l'aide de cet appareil de lecture de contours 100 est la suivante.

[0045] Dans un premier temps, la monture de lunettes 10 est insérée entre les plots 103 des mâchoires 102 de l'appareil de lecture 100, de telle sorte que chacun de ses cercles 11 soit prêt à être palpé selon un trajet démarquant par l'insertion du palpeur 110 entre les deux plots 103 qui enserrent la partie inférieure du cercle correspondant de la monture, puis suivant le drageoir de ce cercle, afin de couvrir tout le pourtour de ce drageoir.

[0046] En position initiale, lorsque le doigt de palpation 112 est disposé entre les deux plots 103, l'unité de pilotage 400 définit comme nulles la position angulaire THETA₀ et l'altitude Z₀ de l'extrémité du doigt de palpation 112 du palpeur 110.

[0047] Les moyens d'actionnement font ensuite pivoter le plateau tournant 105. Lors de ce pivotement, les moyens d'actionnement imposent un effort radial constant sur le palpeur 110 en direction du drageoir, pour que le doigt de palpation 112 du palpeur 110 glisse le long de l'arête de fond du drageoir sans remonter le long des flancs avant et arrière de ce drageoir.

[0048] L'unité de pilotage 400 relève pendant la rotation du plateau tournant 105 les coordonnées spatiales R_{1j} , THETA_{1j} , Z_{1j} d'une pluralité de points de l'arête de fond du drageoir, ici 360 points séparés angulairement de un degré autour de l'axe de rotation A4. Ces 360 points caractérisent ainsi la forme de l'arête de fond du drageoir du cercle considéré.

[0049] L'appareil centreur-bloqueur 200 représenté sur la figure 1 est conçu pour, d'une part, relever les positions des marques de centrage de chaque lentille ophtalmique 20 à préparer, et, d'autre part, bloquer cette lentille ophtalmique 20 en déposant un accessoire de blocage sur sa face avant.

[0050] Cet appareil centreur-bloqueur 200 est bien connu de l'homme du métier et ne fait pas en propre l'objet de l'invention décrite. Son architecture et son fonctionnement sont par exemple décrits en détail dans le document de brevet EP 1 722 924.

[0051] Cet appareil comporte en particulier des moyens d'acquisition 201 d'une image de la lentille, et des moyens d'analyse de cette image permettant de déterminer la position du référentiel optique de la lentille ophtalmique 20.

[0052] Il comporte également des moyens de palpation des faces avant et arrière de la lentille ophtalmique 20. Ces moyens de palpation comportent généralement deux bras de palpation dont les extrémités libres sont tournées l'une vers l'autre pour palper les faces avant et arrière de la lentille.

[0053] Il comporte également des moyens de blocage 202 qui comprennent un bras de blocage automatisé apte à prendre à l'aide d'une pince un accessoire de blocage et à le déposer en un emplacement déterminé sur la face avant de la lentille ophtalmique 20, choisie en fonction de la position acquise du référentiel optique de cette lentille.

[0054] L'accessoire de blocage forme alors ainsi un repère représentatif de la position du référentiel optique de la lentille ophtalmique. Destiné à être engagé dans un logement correspondant de l'appareil de détourage 300, il permet alors à l'appareil de détourage 300 de connaître la position du référentiel optique de la lentille ophtalmique.

[0055] L'appareil de détourage 300 est également bien connu de l'homme du métier et ne fait pas en propre l'objet de l'invention décrite. Il peut être réalisé sous la forme de toute machine de découpage ou d'enlèvement de matière apte à modifier le contour de la lentille ophtalmique 20 pour l'adapter à la forme de la monture sélectionnée.

[0056] Tel que représenté sur la figure 1, cet appareil est constitué par une meuleuse 300 automatique, communément dite numérique. Cette meuleuse comporte en l'espèce :

- une bascule 301 qui est commandée en pivotement et qui comporte des arbres de support agencés pour supporter la lentille ophtalmique 20 à usiner et pour la faire pivoter autour d'un axe de support ;
- un chariot porte-meules 302, équipé en particulier d'une meule de biseautage présentant une gorge, qui, d'une part, est monté rotatif autour d'un axe parallèle à l'axe de support pour enlever la matière superflue de la lentille à la faveur du pivotement de la bascule et de ses arbres, et qui, d'autre part, est commandé en translation suivant cet axe pour former une nervure d'engagement (ou « biseau ») sur l'ensemble du pourtour de la tranche de la lentille ophtalmique, à plus ou moins grande distance de la face avant de cette lentille ; et
- un module de finition 303 qui est commandé en basculement pour se rapprocher ou s'éloigner de la lentille ophtalmique 20, et qui embarque des moyens de finition de la lentille ophtalmique 20 pour la rainer, la chanfreiner, la polir...

[0057] Sur la figure 3, on a représenté une lentille ophtalmique 20 vue de face, telle qu'elle se présente lorsqu'elle est envoyée par le fabricant de lentilles à l'opticien.

[0058] De manière classique, cette lentille ophtalmique 20 présente deux faces optiques, dont une face avant 22 convexe et une face arrière 21 concave, et une tranche 23 initialement circulaire.

[0059] Cette lentille ophtalmique 20 porte sur sa face avant 22 des marques de centrage provisoires 24 - 27, appliquées sur la lentille par le fabricant pour situer les positions des points caractéristiques de cette lentille. On pourrait également se référer aux marques de centrage permanentes qui se présentent généralement sous la forme de micro-gravures. Les marques de centrage provisoires permettent toutefois un repérage plus commode de la lentille préalablement à son montage sur une monture de lunettes, tandis que les marques de centrage permanentes sont généralement destinées à identifier la nature et les caractéristiques de la lentille ophtalmique après effacement des marques de centrage provisoires.

[0060] Ces marques de centrage provisoires 24 - 27 comprennent ici :

- une cible 24 qui localise le "point de centrage optique" de la lentille 20, ce point de centrage optique correspondant conventionnellement au point où la puissance de réfringence sphérique de la lentille est nulle (pour une lentille unifocale) ou au point de « référence prisme » où est mesurée la puissance prismatique nominale de la lentille ophtalmique qui correspond à la prescription du porteur (pour une lentille progressive) ;
- un arc de cercle 25 matérialisant le centre de la zone de vision de loin de la lentille ;
- un cercle 26 matérialisant le centre de la zone de vision de près de la lentille ;
- deux traits d'horizon 27 repérant l'horizontale de la lentille ophtalmique 10.

[0061] On définit alors l'axe optique A6 de la lentille ophtalmique 20 comme celui qui passe par le centre de la cible 24 et qui est normal à la face avant 22 de la lentille au niveau du centre de cette cible 24.

[0062] Le référentiel de la lentille ophtalmique 20 est repéré par un repère orthonormé ($X_1 ; Y_1 ; Z_1$) défini comme celui qui présente une origine confondue avec le centre de la cible 24, un premier axe X_1 parallèle aux traits d'horizon 27, un second axe Y_1 dirigé vers le haut de la lentille, et un troisième axe Z_1 parallèle à l'axe optique A6 et dirigé vers l'avant de la lentille ophtalmique 20.

[0063] On a par ailleurs représenté en pointillés sur cette figure 3 le contour initial 29 suivant lequel la lentille doit être détournée, également appelé « profil longitudinal initial ». Ce contour initial 29 est généralement défini par les coordonnées tridimensionnelles d'une pluralité de points P_i suffisant à caractériser sa forme.

[0064] Les coordonnées tridimensionnelles de ces points P_i sont exprimées dans un repère orthonormé ($X_2 ; Y_2 ; Z_2$) lié à la monture de lunettes sélectionnée, dont le premier axe X_2 est défini par l'horizon de la monture de lunettes 10, dont le second axe Y_2 est dirigé vers le haut de la monture, et dont le troisième axe Z_2 est normal au plan moyen de la monture de lunettes (typiquement, le plan normal à l'axe A4 lorsque la monture est fixée dans l'appareil de lecture de contours 100) et est dirigé vers l'avant de la monture.

[0065] Le positionnement de ce contour initial 29, repéré dans le référentiel de la monture de lunettes, sur la lentille ophtalmique 20 sera décrit en détail dans la suite de cet exposé.

[0066] On a aussi représenté en traits discontinus sur la figure 3 le cadre boxing B1 du contour initial 29. Ce cadre boxing est, de manière usuelle, défini comme étant le rectangle qui est circonscrit au projeté du contour initial 29 dans le plan ($X_2 ; Y_2$), dont deux des côtés sont parallèles aux traits d'horizon 27. Le centre de ce cadre boxing est appelé centre boxing E1.

[0067] Les quatre points d'intersection entre le contour initial 29 et le cadre boxing B1, appelés points cardinaux, sont respectivement nommés point nasal Pn, point temporal Pt, point haut Ph et point bas Pb.

[0068] Sur la figure 4, on a représenté une lentille ophtalmique 20 vue en coupe axiale, c'est-à-dire en coupe suivant un plan contenant l'axe optique A6, telle qu'elle se présente lorsqu'elle a été usinée suivant le contour initial 29.

[0069] Cette lentille ophtalmique 20 présente alors sur sa tranche une nervure d'emboîtement 28 (ou « biseau ») agencée pour s'emboîter dans la rainure d'emboîtement (ou « drageoir ») ménagée en renforcement dans le cercle correspondant de la monture de lunettes 10.

[0070] Comme on le voit sur cette figure 4, la lentille ophtalmique 20 présente une épaisseur variable. Les variations de l'épaisseur de la lentille le long du contour initial 29 forment alors une fonction notée $Ep(P_i)$.

[0071] On définit par ailleurs sur cette figure la position de la nervure d'emboîtement 28 par rapport à la face avant 22 de la lentille ophtalmique 20 à l'aide d'une distance notée Dav . Les variations de cette distance le long du contour initial 29 forment alors une fonction notée $Dav(P_i)$.

[0072] On peut également définir la position de la nervure d'emboîtement 28 par rapport à la face arrière 21 de la lentille ophtalmique 20 à l'aide d'une distance notée Dar . Les variations de cette distance le long du contour initial 29 formeront alors une fonction notée $Dar(P_i)$.

[0073] On définit enfin le taux de répartition Re au point P_i considéré suivant la formule mathématique suivante :

$$Re(P_i) = Dar(P_i) / Ep(P_i).$$

[0074] Ce taux de répartition permet de caractériser la répartition entre la partie de la tranche 23 de la lentille qui est située à l'avant de la nervure d'emboîtement 28 et la partie de la tranche 23 de la lentille qui est située à l'arrière de cette nervure d'emboîtement 28.

[0075] Comme le montre la figure 5, le procédé de calcul de la géométrie en trois dimensions du contour final 39' (ou « profil longitudinal final ») suivant lequel la lentille ophtalmique 20 devra être biseautée se décompose en cinq opérations principales. Ces opérations sont ici mises en oeuvre par l'unité de pilotage 400 lorsque la lentille ophtalmique 20 se trouve positionnée dans l'appareil de centrage et de blocage 200.

Opération d'acquisition du profil longitudinal initial

[0076] Au cours d'une première opération OP.1, l'unité de pilotage 400 acquiert la géométrie tridimensionnelle d'un contour initial 29, illustrant la forme que devrait idéalement présenter le sommet de la nervure d'emboîtement 28 de la lentille ophtalmique 20 pour s'emboîter parfaitement dans le drageoir du cercle correspondant de la monture de lunettes sélectionnée.

[0077] Ce contour initial 29 ne tient donc pas compte de la différence de courbure entre le cercle et la lentille, si bien que la lentille ne peut généralement pas être détournée suivant ce contour.

[0078] Le contour initial 29 présente une géométrie déduite de celle du cercle correspondant de la monture de lunettes.

Cette forme est toutefois légèrement différente de celle du cercle, pour tenir compte du phénomène selon lequel une fois que la lentille ophtalmique 20 a été emboîtée dans ce cercle, le sommet de sa nervure d'emboîtement 28 ne vient pas au contact du fond du drageoir, mais reste à distance de ce dernier.

5 [0079] L'opération d'acquisition OP.1 consiste alors ici en un calcul, à partir des coordonnées tridimensionnelles R_{1i} , THETA_{1i} , Z_{1i} des 360 points caractérisant la géométrie de l'arête de fond du drageoir, des coordonnées tridimensionnelles R_i , THETA_i , Z_i de 360 points P_i caractérisant la géométrie de ce contour initial 29.

[0080] Pour chaque point P_i , ce calcul est le suivant,

10
$$R_i = R_{1i} - C1,$$

15
$$\text{THETA}_i = \text{THETA}_{1i},$$

$$Z_i = Z_{1i},$$

20 avec i allant de 1 à 360, et $C1$ une constante prédéterminée qui permet de prendre en compte le phénomène précité.

[0081] Les coordonnées tridimensionnelles R_i , THETA_i , Z_i de 360 points P_i caractérisant la forme du contour initial 29 sont ainsi exprimées dans un repère lié à l'appareil de lecture de contour, centré en particulier sur l'axe de rotation A4 de cet appareil. Elles sont alors corrigées pour être exprimées dans le repère $(E1, X_2 ; Y_2 ; Z_2)$ lié à la monture de lunettes.

25 Opération de prépositionnement du contour initial

[0082] Au cours d'une seconde opération OP.2, l'unité de pilotage 400 procède au prépositionnement du contour initial 29 sur la lentille ophtalmique 20, dans le repère $(X_1 ; Y_1 ; Z_1)$.

30 [0083] Ce prépositionnement se décompose en trois étapes, dont deux étapes préliminaires et une étape d'ajustement.

[0084] La première étape préliminaire est une étape de centrage. Elle consiste à mettre le repère $(X_2 ; Y_2 ; Z_2)$ du cercle de la monture en coïncidence avec le repère $(X_1 ; Y_1 ; Z_1)$ de la lentille ophtalmique, de telle manière que leurs axes se superposent et que le point de centrage optique de la lentille ophtalmique 20 se confonde avec le point pupillaire repéré par rapport au contour initial 29.

35 [0085] La seconde étape préliminaire est une étape d'orientation, consistant à faire pivoter les deux repères l'un par rapport à l'autre autour de l'axe Z_1 et du point pupillaire, suivant un angle qui est fonction des prescriptions du porteur.

[0086] Ces deux étapes préliminaires, bien connues de l'homme du métier et ne faisant pas en propre l'objet de la présente invention, ne seront pas ici décrites plus en détail.

[0087] L'étape d'ajustement consiste quant à elle à modifier si nécessaire la géométrie du contour initial, de manière à tenir compte des différences de courbures entre le cercle de la monture de lunettes et la lentille ophtalmique 20.

40 [0088] Cette étape peut être réalisée de différentes manières. Elle peut par exemple consister à déformer le contour initial de telle sorte qu'il s'étende à mi-épaisseur de la lentille.

[0089] Toutefois, ici, elle consiste à déformer le contour initial 29 de telle sorte qu'il s'étende à une distance constante de la face avant 22 de la lentille ophtalmique 20.

45 [0090] Plus particulièrement, elle consiste à modifier la troisième coordonnée Z_i de chacun des 360 points P_i , de telle manière que chacun de ces points se trouve situé à une même distance prédéterminée de la face avant 21 de la lentille ophtalmique 20, notée $C2$.

[0091] Les moyens de palpation prévus sur l'appareil centreur-bloqueur 200 sont à cet effet pilotés pour relever les coordonnées tridimensionnelles R_{2i} , THETA_{2i} , Z_{2i} des 360 points de la face avant 22 de la lentille respectivement situés au droit des 360 points P_i .

50 [0092] La troisième coordonnée Z_i de chacun des 360 points P_i du contour initial 29 est alors modifiée suivant la formule :

55
$$Z_i = Z_{2i} - C2, \text{ pour } i \text{ allant de 1 à 360.}$$

[0093] On obtient ainsi les coordonnées tridimensionnelles des 360 points P_i du contour initial 29 repérés dans le

repère (X_1 ; Y_1 ; Z_1) de la lentille ophtalmique 20.

[0094] L'unité de pilotage 400 tire par ailleurs usuellement profit du palpation des coordonnées tridimensionnelles R_{2i} , THETA_{2i} , Z_{2i} des 360 points de la face avant 22 de la lentille ophtalmique 20, pour également palper les 360 points correspondants de la face arrière 21 de la lentille ophtalmique 20. Ce palpation lui permet d'en déduire l'épaisseur Ep (P_i) de la lentille en chacun des 360 points P_i .

Opération de recherche de deux points remarquables

[0095] L'invention consiste alors à vérifier si, eu égard à des paramètres esthétiques et de montage de la lentille ophtalmique 20 dans le cercle correspondant de la monture de lunettes, le contour initial 29 est correctement positionné sur la lentille, puis, si tel n'est pas le cas, à déformer ou à repositionner ce contour initial 29 pour en déduire la position et la forme du contour final 29'.

[0096] Différents critères, appelés critères d'aiguillage et critères de positionnement, sont à cet effet utilisés pour repérer les deux points remarquables du contour initial 29 au niveau desquels le risque d'apparition d'un problème esthétique ou de montage est le plus grand. Une règle de positionnement permet alors, en cas de risque avéré, de modifier les coordonnées de ces points remarquables afin de pouvoir ensuite modifier la position (et éventuellement la forme) de l'ensemble du contour initial 29 afin de pallier ces problèmes.

[0097] L'opération de recherche OP.3 des deux points remarquables Pr_1 , Pr_2 est alors mise en oeuvre par l'unité de pilotage 400 à l'aide de différents paramètres.

[0098] Parmi ces paramètres, le taux seuil Re_{max} est une constante prédéterminée, qui correspond au taux de répartition Re au-delà duquel on considère que la nervure d'emboîtement 28 est située trop proche de la face avant 22 de la lentille, ce qui fait apparaître une trop grande partie de la tranche de la lentille à l'arrière du cercle de la monture, de manière inesthétique. Ce taux seuil Re_{max} peut par exemple être choisi égal à 20 %.

[0099] Le taux déterminé Re_{det} correspond au taux de répartition que l'on souhaite utiliser pour corriger la position du contour initial 29 sur la tranche de la lentille ophtalmique 20 lorsqu'au niveau du point remarquable considéré, le taux de répartition Re est strictement supérieur au taux seuil Re_{max} . Ce taux déterminé Re_{det} peut par exemple être choisi égal au taux seuil Re_{max} .

[0100] Le seuil de collision S_{coll} correspond à l'épaisseur maximale, exprimée en millimètres, à prévoir entre le point Pn (au niveau duquel on considère que la plaquette nasale s'accroche au cercle de la monture) et la face arrière 21 de la lentille ophtalmique 20, pour éviter que la plaquette nasale de la monture de lunettes n'entre en conflit avec l'arête périphérique de la face arrière de la lentille. Ce seuil de collision S_{coll} peut être soit prédéterminé (en considérant un échantillon représentatif de montures de lunettes) et choisi égal à un millimètre, soit déterminé par l'opticien en fonction de la forme de la monture de lunettes sélectionnée.

[0101] Le taux de collision Re_{coll} est une constante qui dépend directement de la valeur de ce seuil de collision S_{coll} , et qui est calculée suivant la formule mathématique suivante :

$$Re_{coll} = S_{coll} / Ep(Pn).$$

[0102] Le seuil d'épaisseur S_{Ep} correspond à l'épaisseur limite, exprimée en millimètres, en deçà de laquelle on considère qu'il n'est pas possible de modifier la position de la nervure d'emboîtement 28 sur la tranche 23 de la lentille ophtalmique 20. Typiquement, ce seuil d'épaisseur S_{Ep} peut être choisi égal à la largeur de la nervure d'emboîtement 28, c'est-à-dire à la largeur de la gorge de la meule de biseautage de l'appareil de détourage 300. En effet, en deçà de cette largeur, on comprend que la nervure d'emboîtement doit nécessairement être centrée sur la tranche de la lentille pour qu'au moins une partie centrale de cette nervure d'emboîtement 28 apparaisse sur la tranche de la lentille. En variante, ce seuil d'épaisseur S_{Ep} peut également être prédéterminé et ne pas être fonction de l'appareil de détourage à la disposition de l'opticien. Il peut alors par exemple être choisi égal à 2 millimètres.

[0103] Au cours de la troisième opération OP.3, l'unité de pilotage 400 procède donc à la recherche des deux points remarquables Pr_1 , Pr_2 du contour initial 29 à l'aide de ces différents paramètres.

[0104] Cette opération de recherche est illustrée en détail sur l'organigramme représenté sur les figures 6A et 6B.

[0105] Tel que représenté sur ces figures, à l'étape 501, l'unité de pilotage 400 détermine si la fonction d'épaisseur $Ep(P_i)$ satisfait un premier critère d'aiguillage. Ce critère d'aiguillage consiste ici à déterminer si l'épaisseur minimale de la lentille ophtalmique le long du contour initial 29 est ou non inférieure au seuil d'épaisseur S_{Ep} .

[0106] Pour cela, l'unité de pilotage 400 compare chacune des 360 valeurs d'épaisseur $Ep(P_i)$ calculées avec le seuil d'épaisseur S_{Ep} .

<Branche 1 >

[0107] Considérons tout d'abord le cas représenté sur la figure 6B où la plus petite des épaisseurs $Ep(P_i)$ calculées est inférieure au seuil d'épaisseur S_{Ep} . On comprend alors qu'une condition sine qua non pour que la lentille ophthalmique 20 puisse se monter dans le cercle de la monture de lunettes est que la nervure d'emboîtement 28 passe, au niveau du point du contour initial 29 où l'épaisseur est minimale, au centre de la tranche de la lentille ophthalmique.

[0108] A l'étape 502, l'unité de pilotage 400 détermine alors, parmi les 360 points du contour initial 29, celui auquel la fonction d'épaisseur $Ep(P_i)$ satisfait un premier critère de positionnement. Ce premier critère de positionnement consiste ici à déterminer le point du contour initial 29 où l'épaisseur de la lentille ophthalmique 20 est minimum. Ce point correspond alors au premier point remarquable Pr1.

[0109] A l'étape 503, l'unité de pilotage 400 modifie alors la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable Pr1 de manière à le situer à mi-épaisseur du chant 23 de la lentille, c'est-à-dire à égale distance des faces avant 22 et arrière 21 de la lentille ophthalmique 20. Sa troisième coordonnée Z_i s'exprime alors comme suit :

15

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pr1) / 2.$$

[0110] Le premier point remarquable Pr1 ayant été trouvé et sa position axiale ayant été corrigée, l'unité de pilotage 400 procède ensuite à la recherche du second point remarquable Pr2.

[0111] Pour cela, à l'étape 504, l'unité de pilotage 400 recherche, parmi les quatre points cardinaux, le point le plus proche du premier point remarquable Pr1.

[0112] Cette recherche permet ainsi d'établir une liste de deux points cardinaux dans laquelle sera choisi le second point remarquable.

[0113] En effet, comme cela apparaîtra clairement dans la suite de cet exposé, les deux points remarquables seront toujours choisis pour être situés à proximité de deux points cardinaux adjacents.

[0114] Typiquement, lorsque le premier point remarquable sera situé au plus proche du point nasal Pn ou du point temporal Pt, le second point remarquable sera choisi parmi les point haut Ph et point bas Pb. Au contraire, lorsque le premier point remarquable sera situé au plus proche du point haut Ph ou du point bas Pb, le second point remarquable sera choisi parmi les point nasal Pn et point temporal Pt.

<Branche 1.1 >

[0115] Considérons maintenant qu'à l'issue de l'étape 504, l'unité de pilotage 400 a détecté que le point le plus proche du premier point remarquable Pr1 est le point nasal Pn ou le point temporal Pt, elle établit alors une liste de deux points pour choisir le second point remarquable Pr2, qui comprend le point haut Ph et le point bas Pb.

[0116] A l'étape 505, l'unité de pilotage 400 détermine alors, dans cette liste de deux points, le point auquel la fonction taux de répartition $Re(P_i)$ satisfait un second critère de positionnement. Ce second critère de positionnement consiste plus précisément à déterminer le point auquel le taux de répartition Re est maximum, pour déterminer le point où le risque de défaut esthétique est le plus élevé. Ce critère permet ainsi de prévoir le point où le risque que la tranche 23 de la lentille dépasse de manière disgracieuse de l'arrière du cercle est le plus élevé.

<Branche 1.1.1 >

[0117] Considérons le cas où le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point haut Ph.

[0118] A l'étape 506, l'unité de pilotage 400 vérifie que ce taux de répartition $Re(Ph)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} .

[0119] Si le taux de répartition $Re(Ph)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 507 consiste à sélectionner le point haut comme second point remarquable Pr2 et à modifier la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable Pr2 de manière à positionner la nervure d'emboîtement à une distance esthétique de la face avant 22 de la lentille ophthalmique. Cette troisième coordonnée Z_i est alors définie comme suit :

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Ph) \cdot (1 - Re_{det}).$$

55

[0120] Au contraire, si le taux de répartition $Re(Ph)$ est inférieur ou égal au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 508 consiste à sélectionner le point bas Pb comme second point remarquable Pr2 et à conserver la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable Pr2 inchangée.

<Branche 1.1.2>

[0121] Considérons maintenant le cas où, à l'issue de l'étape 505, l'unité de pilotage 400 constate que le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point bas Pb .

5 [0122] A l'étape 509, l'unité de pilotage 400 vérifie que ce taux de répartition $Re(Pb)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} .

[0123] Si le taux de répartition $Re(Pb)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 511 consiste à sélectionner le point bas comme second point remarquable $Pr2$ et à modifier la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr2$ de manière à positionner la nervure d'emboîtement à une distance esthétique de la face avant 22 de la lentille ophthalmique. Cette troisième coordonnée Z_i est alors définie comme suit :

10

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pb) \cdot (1 - Re_{det}).$$

15 [0124] Au contraire, si le taux de répartition $Re(Pb)$ est inférieur ou égal au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 510 consiste à sélectionner le point haut Ph comme second point remarquable $Pr2$ et à conserver la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr2$ inchangée.

20

[0125] Considérons maintenant le cas où, à l'issue de l'étape 504, l'unité de pilotage 400 détecte que le point le plus proche du premier point remarquable $Pr1$ est le point bas Pb ou le point haut Ph , elle établit alors une liste de deux points pour choisir le second point remarquable $Pr2$, qui comprend le point nasal Pn et le point temporal Pt .

25 [0126] A l'étape 512, avant de sélectionner le second point remarquable $Pr2$, l'unité de pilotage 400 vérifie s'il existe un risque d'interférence entre la plaquette nasale du cercle de la monture et l'arête périphérique de la face arrière 21 de la lentille ophthalmique 20.

[0127] Si un risque existe, c'est-à-dire si la distance $Dar(Pn)$ est supérieure au seuil de collision S_{coll} , l'unité de pilotage 400 affecte au taux de répartition $Re(Pn)$ la valeur du taux de collision Re_{coll} . Sinon, la valeur du taux de répartition $Re(Pn)$ reste inchangée.

30 [0128] A l'étape 513, l'unité de pilotage 400 détermine alors, dans la liste de deux points, le point auquel la fonction taux de répartition $Re(P_i)$ satisfait un second critère de positionnement. Ce second critère de positionnement consiste ici également à déterminer le point auquel le taux de répartition Re est maximum.

35

<Branche 1.2.1 >

35

[0129] Considérons le cas où le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point nasal Pn .

[0130] A l'étape 514, l'unité de pilotage 400 vérifie que ce taux de répartition $Re(Pn)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} .

40 [0131] Si le taux de répartition $Re(Pn)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 515 consiste à sélectionner le point temporal comme second point remarquable $Pr2$ et à modifier la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr2$ de manière à positionner la nervure d'emboîtement à une distance esthétique de la face avant 22 de la lentille ophthalmique. Cette troisième coordonnée Z_i est alors définie comme suit :

45

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pt) \cdot (1 - Re_{det}).$$

45

[0132] Au contraire, si le taux de répartition $Re(Pn)$ est inférieur ou égal au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 516 consiste à sélectionner le point nasal Pn comme second point remarquable $Pr2$ et à conserver la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr2$ inchangée.

50

<Branche 1.2.2>

50

[0133] Considérons maintenant le cas où, à l'issue de l'étape 513, l'unité de pilotage constate que le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point temporal Pt .

[0134] A l'étape 517, l'unité de pilotage 400 vérifie que ce taux de répartition $Re(Pt)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} .

55 [0135] Si le taux de répartition $Re(Pt)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 518 consiste à sélectionner le point nasal Pn comme second point remarquable $Pr2$ et à modifier la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr2$ de manière à positionner la nervure d'emboîtement à une distance esthétique de la face avant 22 de la lentille. Cette

troisième coordonnée Z_i est alors définie comme suit :

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pn) \cdot (1 - Re_{det}).$$

5

[0136] Au contraire, si le taux de répartition $Re(Pt)$ est inférieur ou égal au taux seuil Re_{max} et si le taux de répartition $Re(Pn)$ est égal au taux de collision Re_{coll} , l'étape suivante 519 consiste à sélectionner le point nasal Pn comme second point remarquable $Pr2$ et à modifier la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr2$ de manière à positionner la nervure d'emboîtement à une distance esthétique de la face avant de la lentille. Cette troisième coordonnée Z_i est alors définie comme suit :

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pr2) + S_{coll}.$$

15

[0137] Enfin, si le taux de répartition $Re(Pt)$ est inférieur ou égal au taux seuil Re_{max} et si le taux de répartition $Re(Pn)$ est différent du taux de collision Re_{coll} , l'étape suivante 520 consiste à sélectionner le point temporal Pt comme second point remarquable $Pr2$ et à conserver la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr2$ inchangée.

20

<Branche 2>

[0138] Considérons maintenant le cas représenté sur la figure 6A où la plus petite des épaisseurs $Ep(P_i)$ calculée est supérieure ou égale au seuil d'épaisseur S_{Ep} . On comprend alors qu'il sera possible de régler la position axiale de la nervure d'emboîtement 28 sur l'ensemble du pourtour de la tranche 23 de la lentille ophthalmique 20.

[0139] A l'étape 530, l'unité de pilotage 400 détermine si la fonction $Dar(P_i)$ satisfait un second critère d'aiguillage. Ce critère d'aiguillage consiste ici à déterminer s'il existe un risque d'interférence entre la plaquette nasale de la monture de lunettes et l'arête périphérique de la face arrière 21 de la lentille ophthalmique 20.

[0140] Pour cela, l'unité de pilotage compare la valeur de cette fonction au point nasal $Dar(Pn)$ avec le seuil de collision S_{coll} .

<Branche 2.1 >

[0141] Considérons tout d'abord le cas où il n'existe aucun risque de collision.

[0142] A l'étape 531, l'unité de pilotage 400 détermine alors, parmi les quatre points cardinaux, celui auquel le taux de réparation $Re(P_i)$ satisfait un premier critère de positionnement. Ce premier critère de positionnement consiste ici à déterminer le point cardinal auquel le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum. Ce point correspond au premier point remarquable $Pr1$.

[0143] Puis, l'unité de pilotage 400 vérifie, au cours d'une étape 532, 533, 534, 535, si ce taux de répartition $Re(Pr1)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} .

[0144] Si ce taux de répartition $Re(Pr1)$ est inférieur ou égal au taux seuil Re_{max} , l'ensemble des critères montre qu'aucun problème esthétique ou de montage ne se pose, si bien qu'il n'est pas nécessaire de corriger la position du contour initial 29. Par conséquent, à l'étape suivante 536, 537, l'unité de pilotage 400 stoppe l'algorithme et mémorise que le contour final 29' correspond au contour initial 29.

[0145] En revanche, si le taux de répartition $Re(Pr1)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 538, 539, 540, 541 consiste à modifier la troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr1$ de manière à positionner la nervure d'emboîtement 28 esthétiquement sur la tranche 23 de la lentille ophthalmique 20. La troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr1$ est alors définie comme suit :

50

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pr1) \cdot (1 - Re_{det}).$$

[0146] Le premier point remarquable $Pr1$ ayant été trouvé et sa position axiale ayant été corrigée, l'unité de pilotage 400 procède ensuite à la recherche du second point remarquable $Pr2$.

<Branche 2.1.1 >

[0147] Considérons le cas où le premier point remarquable Pr1 est le point nasal Pn ou le point temporal Pt, l'unité de pilotage 400 établit alors une liste de deux points pour choisir le second point remarquable Pr2 qui comprend le point haut Ph et le point bas Pb.

[0148] A l'étape 542, l'unité de pilotage 400 détermine alors, dans cette liste de points, le point auquel le taux de répartition Re satisfait un second critère de positionnement. Ce second critère de positionnement consiste plus précisément à déterminer, parmi les points haut Ph et bas Pb, celui auquel le taux de répartition Re est maximum.

[0149] Si le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point haut Ph, l'unité de pilotage 400 considère que le point bas Pb constitue le second point remarquable Pr2.

[0150] A contrario, si le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point bas Pb, l'unité de pilotage 400 considère que le point haut Ph constitue le second point remarquable Pr2.

[0151] Puis au cours d'une étape suivante 543, 544, l'unité de pilotage 400 vérifie si le taux de répartition maximum précédemment calculé est supérieur au taux seuil Re_{max} .

[0152] Si tel est le cas, à l'étape 545, l'unité de pilotage stoppe l'algorithme. Le contour final 29' est alors calculé en corrigeant la troisième coordonnée Z_i de chaque point P_i du contour final 29' selon la formule suivante :

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(P_i) \cdot (1 - Re_{det}).$$

[0153] En revanche, si tel n'est pas le cas, à l'étape 546, 547, l'unité de pilotage 400 poursuit l'algorithme et conserve la troisième coordonnée Z_i du second point remarquable Pr2 inchangée.

<Branche 2.1.2>

[0154] Considérons maintenant le cas où le premier point remarquable Pr1 est le point haut Ph ou le point bas Pb, l'unité de pilotage 400 établit alors une liste de deux points pour choisir le second point remarquable Pr2 qui comprend le point nasal Pn et le point temporal Pt.

[0155] A l'étape 548, l'unité de pilotage 400 détermine alors, dans cette liste de points, le point auquel le taux de répartition Re satisfait un second critère de positionnement. Ce second critère de positionnement consiste plus précisément à déterminer, parmi les points nasal Pn et temporal Pt, celui auquel le taux de répartition Re est maximum.

[0156] Si le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point nasal Pn, l'unité de pilotage 400 considère que le point temporal Pt constitue le second point remarquable Pr2.

[0157] A contrario, si le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point temporal Pt, l'unité de pilotage 400 considère que le point nasal Pn constitue le second point remarquable Pr2.

[0158] Puis au cours d'une étape suivante 549, 550, l'unité de pilotage 400 vérifie si le taux de répartition maximum précédemment calculé est supérieur au taux seuil Re_{max} .

[0159] Si tel est le cas, à l'étape 551, l'unité de pilotage stoppe l'algorithme. Le contour final 29' est alors calculé en corrigeant la troisième coordonnée Z_i de chaque point P_i du contour final 29' selon la formule suivante :

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(P_i) \cdot (1 - Re_{det}).$$

[0160] En revanche, si tel n'est pas le cas, à l'étape 552, 553, l'unité de pilotage 400 poursuit l'algorithme et conserve la troisième coordonnée Z_i du second point remarquable Pr2 inchangée.

<Branche 2.2.>

[0161] Considérons maintenant le cas où l'unité de pilotage 400 observe, à l'issue de l'étape 530, qu'il existe un risque de collision entre la plaquette nasale du cercle de la monture et l'arête périphérique de la face arrière 21 de la lentille ophthalmique 20.

[0162] A l'étape 560, l'unité de pilotage 400 affecte la valeur du taux de collision Re_{coll} au taux de répartition au point nasal $Re(Pn)$.

[0163] Puis, à l'étape 561, l'unité de pilotage 400 détermine, parmi la liste de points constituée du point nasal Pn et du point temporal Pt, celui auquel le taux de répartition $Re(P_i)$ satisfait un premier critère de positionnement. Ce critère de positionnement consiste ici à déterminer le point auquel le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum.

[0164] Si le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point nasal Pn , ce point Pn est considéré comme étant le premier point remarquable $Pr1$. C'est en effet en ce point que le risque d'un problème de montage et esthétique est le plus grand.

[0165] Alors, à l'étape 562, l'unité de pilotage 400 vérifie si ce taux de répartition $Re(Pr1)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} .

[0166] Si ce taux de répartition $Re(Pr1)$ est inférieur ou égal au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 564 consiste à modifier la troisième coordonnée Z_i de ce premier point remarquable $Pr1$ de manière à éviter tout problème de montage de la lentille ophthalmique 20 dans son cercle. La troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr1$ est alors définie comme suit :

10

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pr1) + S_{coll.}$$

[0167] La recherche du second point remarquable $Pr2$ et la correction de sa troisième coordonnée Z_i sont ensuite réalisées comme cela a été exposé dans la branche 1.1.1 de l'organigramme.

[0168] Au contraire, si le taux de répartition $Re(Pr1)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} , l'étape suivante 565 consiste à modifier de manière plus sensible encore la troisième coordonnée Z_i de ce premier point remarquable $Pr1$ de manière à éviter tout problème esthétique. La troisième coordonnée Z_i de ce point remarquable $Pr1$ est alors définie comme suit :

20

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pr1) \cdot (1 - Re_{det}).$$

25

[0169] La recherche du second point remarquable $Pr2$ et la correction de sa troisième coordonnée Z_i sont ensuite réalisées comme cela a été exposé dans la branche 2.1.1 de l'organigramme.

[0170] Considérons maintenant le cas où, à l'issue de l'étape 561, l'unité de pilotage 400 observe que le taux de répartition $Re(P_i)$ est maximum au point temporal Pt .

30

[0171] Alors, à l'étape 563, l'unité de pilotage 400 vérifie si ce taux de répartition $Re(Pt)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} .

[0172] Si tel n'est pas le cas, le risque de collision entre la plaquette et le verre est considéré primordial. Le point nasal Pn est alors considéré comme étant le premier point remarquable $Pr1$, et l'algorithme est aiguillé vers l'étape 564 précitée.

35

[0173] Au contraire, si le taux de répartition $Re(Pt)$ est supérieur au taux seuil Re_{max} , le point temporal Pt est considéré comme étant le premier point remarquable $Pr1$.

[0174] L'étape suivante 566 consiste alors à modifier la troisième coordonnée Z_i de ce premier point remarquable $Pr1$ de manière à éviter tout problème esthétique. Cette modification est supposée interagir suffisamment sur la position du point nasal Pn pour éviter tout problème de collision entre la plaquette nasale et la lentille ophthalmique. La troisième coordonnée Z_i du point remarquable $Pr1$ est alors définie comme suit :

40

$$Z_i = Z_{2i} - Ep(Pt) \cdot (1 - Re_{det}).$$

45

[0175] La recherche du second point remarquable $Pr2$ et la correction de sa troisième coordonnée Z_i sont ensuite réalisées comme cela a été exposé dans la branche 2.1.1 de l'organigramme.

Calcul du profil longitudinal final

50

[0176] Au cours d'une quatrième opération OP.4, l'unité de pilotage 400 calcule la géométrie du contour final 29'. Ce contour final 29' est défini comme résultant d'une transformation géométrique du contour initial 29 qui est telle que ce contour final 29' passe par les deux points remarquables $Pr1$, $Pr2$.

55

[0177] Cette transformation consiste ici à modifier les troisièmes coordonnées Z_i de l'ensemble des points P_i du contour initial 29, à partir de la formule mathématique suivante :

$Z'_i = a \cdot Z_i + b$, avec a et b des constantes déterminées en fonction des modifications de positions axiales des points remarquables $Pr1$, $Pr2$.

[0178] Cette transformation pourrait bien sûr être réalisée autrement. Elle pourrait en particulier affecter non pas seulement les troisièmes coordonnées Z_i des points P_i du contour initial 29, mais l'ensemble de leurs trois coordonnées. Dans cette variante, on pourra typiquement prévoir de ne pas modifier la forme du contour initial 29, mais de modifier seulement sa position en le faisant basculer de telle manière qu'il passe par les deux points remarquables Pr1, Pr2.

5

Opération de détourage

[0179] Au cours d'une cinquième opération OP.5, l'unité de pilotage 400 commande le détourage de la lentille ophthalmique 20 à l'aide de l'appareil de détourage 300.

10

[0180] Cette opération de détourage est ici réalisée en deux étapes d'ébauche et de finition.

[0181] Pour l'ébauche de la lentille, on utilise une meule cylindrique permettant de réduire grossièrement les rayons de la lentille en fonction de la géométrie du contour final 29'.

15

[0182] Puis, pour la finition de la lentille, on utilise une meule de biseautage permettant de former la nervure d'emboîtement 28 sur la tranche 23 de la lentille ophthalmique 20 de telle sorte que le sommet de cette nervure présente exactement la géométrie du contour final 29' repéré dans le référentiel de la lentille ophthalmique 20.

[0183] Une fois détournée, la lentille ophthalmique 20 est extraite de l'appareil de détourage 300, puis est emboîtée dans le cercle correspondant de la monture de lunettes 10.

20

[0184] La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté, mais l'homme du métier saura y apporter toute variante conforme à son esprit.

[0185] Comme exposé supra, l'invention s'applique également à la préparation de lentilles ophthalmiques à monter dans des montures de lunettes semi-cerclées. Le procédé de calcul du contour final est alors réalisé en cinq opérations.

25

[0186] Au cours de la première opération, l'unité de pilotage acquiert la géométrie bidimensionnelle du contour initial, par exemple à partir d'une photo de la lentille de présentation équipant la monture de lunettes semi-cerclées. La photo est à cet effet traitée pour déterminer les coordonnées R_i , Θ_i de 360 points du contour de cette lentille de présentation.

[0187] Au cours de la seconde opération, l'unité de pilotage procède au prépositionnement de ce contour initial sur la lentille ophthalmique, en trois étapes de centrage, d'orientation et d'ajustement identiques à celles exposées précédemment.

30

[0188] Au cours des troisième et quatrième opérations, l'unité de pilotage recherche les deux points remarquables de ce contour initial, et en déduit la géométrie du contour final dans le référentiel de la lentille ophthalmique (c'est-à-dire la forme et la position de ce contour final sur la lentille ophthalmique).

[0189] Enfin, au cours de la cinquième opération, l'unité de pilotage commande le détourage de la lentille ophthalmique en deux étapes d'ébauche et de finition. Pour la finition de la lentille, on utilise ici une fraise prévue sur le module de finition 303 de l'appareil de détourage 300, afin de réaliser une rainure d'emboîtement le long de son pourtour.

35

[0190] Une fois détournée, la lentille ophthalmique est extraite de l'appareil de détourage, puis est emboîtée sur la nervure prévue sur la face intérieure de l'arcade correspondante de la monture de lunettes. Elle est alors maintenue en position à l'aide d'un fil de nylon engagé dans sa rainure d'emboîtement et raccordé aux extrémités de l'arcade.

40

Revendications

1. Procédé de calcul de la géométrie d'un profil longitudinal d'une nervure ou rainure d'engagement (28) à usiner sur le chant (23) d'une lentille ophthalmique (20), comportant :

45

- une opération d'acquisition de la géométrie d'un profil longitudinal initial (29),
 - une opération de prépositionnement dudit profil longitudinal initial (29) dans un référentiel lié à la lentille ophthalmique (20),
 - une opération de recherche de deux points remarquables (Pr1, Pr2) dudit profil longitudinal initial (29), distincts l'un de l'autre, au cours de laquelle :

50

a) on acquiert une pluralité de caractéristiques (Ep, Dav, Dar) relatives à la lentille ophthalmique (20) et/ou au profil longitudinal initial (29),
 b) on détermine si l'une desdites caractéristiques acquises satisfait un critère d'aiguillage, en comparant la valeur de cette caractéristique acquise avec une valeur seuil prédéterminée,
 c) on sélectionne le premier point remarquable (Pr1) parmi une première liste de points dudit profil longitudinal initial (29), comme étant celui auquel l'une desdites caractéristiques acquises satisfait un premier critère de positionnement, ce premier critère de positionnement étant choisi en fonction du résultat de l'étape b),

d) on sélectionne le second point remarquable (Pr2) parmi une seconde liste de points dudit profil longitudinal initial (29), comme étant celui auquel l'une desdites caractéristiques acquises satisfait un second critère de positionnement, cette seconde liste étant déduite du résultat de l'étape c),

5 - une opération de correction de la position de chaque point remarquable (Pr1, Pr2), suivant une direction axiale (Z_1) sensiblement perpendiculaire à un plan moyen de la lentille ophthalmique (20), et

10 - une opération de calcul de la géométrie tridimensionnelle d'un profil longitudinal final (29') dans le référentiel de la lentille ophthalmique (20), résultant d'une transformation géométrique du profil longitudinal initial (29) qui est telle que le profil longitudinal final (29') passe par les premier et second points remarquables (Pr1, Pr2) tels que modifiés au cours de l'opération précédente.

15 2. Procédé de calcul selon la revendication précédente, dans lequel chaque critère de positionnement consiste à sélectionner, parmi les points de la première ou seconde liste de points, celui auquel la valeur de la caractéristique acquise est maximale ou minimale.

19 3. Procédé de calcul selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque caractéristique acquise à l'étape a) est relative à la géométrie de la lentille ophthalmique (20) ou à la position axiale du profil longitudinal initial (29) par rapport à l'une des faces optiques (21, 22) de la lentille ophthalmique (20).

20 4. Procédé de calcul selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape b), ledit critère d'aiguillage est relatif à l'épaisseur (Ep) de la lentille ophthalmique (20) en au moins un point du profil longitudinal initial (29).

25 5. Procédé de calcul selon la revendication précédente, dans lequel ledit critère d'aiguillage consiste à déterminer si l'épaisseur (Ep) minimum de la lentille ophthalmique (20) le long du profil longitudinal initial (29) est inférieure à un seuil d'épaisseur (S_{Ep}).

30 6. Procédé de calcul selon la revendication 4, dans lequel ledit critère d'aiguillage consiste à déterminer si la distance axiale (Dar) entre la face arrière (21) de la lentille ophthalmique (20) et le profil longitudinal initial (29) est, en au moins un point situé dans une zone nasale de ce profil longitudinal initial (29), inférieure à un seuil d'interférence (S_{coll}).

35 7. Procédé de calcul selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape b), si le critère d'aiguillage n'est pas satisfait, il est prévu de déterminer si l'une des caractéristiques acquises à l'étape a) satisfait un autre critère d'aiguillage, et, à l'étape c), le premier critère de positionnement est choisi en fonction également du résultat obtenu avec cet autre critère d'aiguillage.

40 8. Procédé de calcul selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape c), le premier critère de positionnement est relatif à l'épaisseur (Ep) minimum de la lentille ophthalmique (20) le long du profil longitudinal initial (29) et le premier point remarquable (Pr1) correspond au point du profil longitudinal initial (29) auquel l'épaisseur de la lentille ophthalmique (20) est minimum.

45 9. Procédé de calcul selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape c), le premier critère de positionnement est relatif au rapport (Re) entre la distance axiale (Dar) séparant le profil longitudinal initial (29) de l'une des faces optiques (21, 22) de la lentille ophthalmique (20) et l'épaisseur (Ep) de la lentille ophthalmique (20).

50 10. Procédé de calcul selon la revendication précédente, dans lequel, ladite face optique étant la face arrière (21) de la lentille ophthalmique (20), le premier point remarquable (Pr1) correspond à celui qui, parmi la première liste, présente le rapport (Re) maximum.

55 11. Procédé de calcul selon l'une des revendications 9 et 10, dans lequel la première liste de points comporte exactement quatre points (Ph, Pb, Pn, Pt) respectivement situés à moins de 10 millimètres en abscisse curviligne des quatre points d'intersection du profil longitudinal initial (29) avec les deux axes de symétrie du cadre boxing (B1) de ce profil longitudinal initial (29).

12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, dans lequel la première liste de points comporte exactement quatre points (Ph, Pb, Pn, Pt) respectivement situés à l'intersection du profil longitudinal initial (29) et du cadre boxing (B1) de ce profil longitudinal initial (29).

13. Procédé de calcul selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la seconde liste comporte deux points

(Ph, Pb, Pn, Pt) situés à moins de 10 millimètres en abscisse curviligne des deux points d'intersection du profil longitudinal initial (29) avec l'un des deux axes de symétrie du cadre boxing (B1) de ce profil longitudinal initial (29), cet axe de symétrie étant celui qui est le plus éloigné du premier point remarquable (Pr1).

- 5 **14.** Procédé de calcul selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le second critère de positionnement est relatif au rapport (Re) entre la distance axiale (Dar) séparant le profil longitudinal initial (29) de l'une des faces optiques (21) de la lentille ophtalmique (20) et l'épaisseur (Ep) de la lentille ophtalmique (20).
- 10 **15.** Procédé de calcul selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape d), le second point remarquable (Pr2) est sélectionné de manière à ce qu'il étende à au moins 30 millimètres en abscisse curviligne du premier point remarquable (Pr1).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

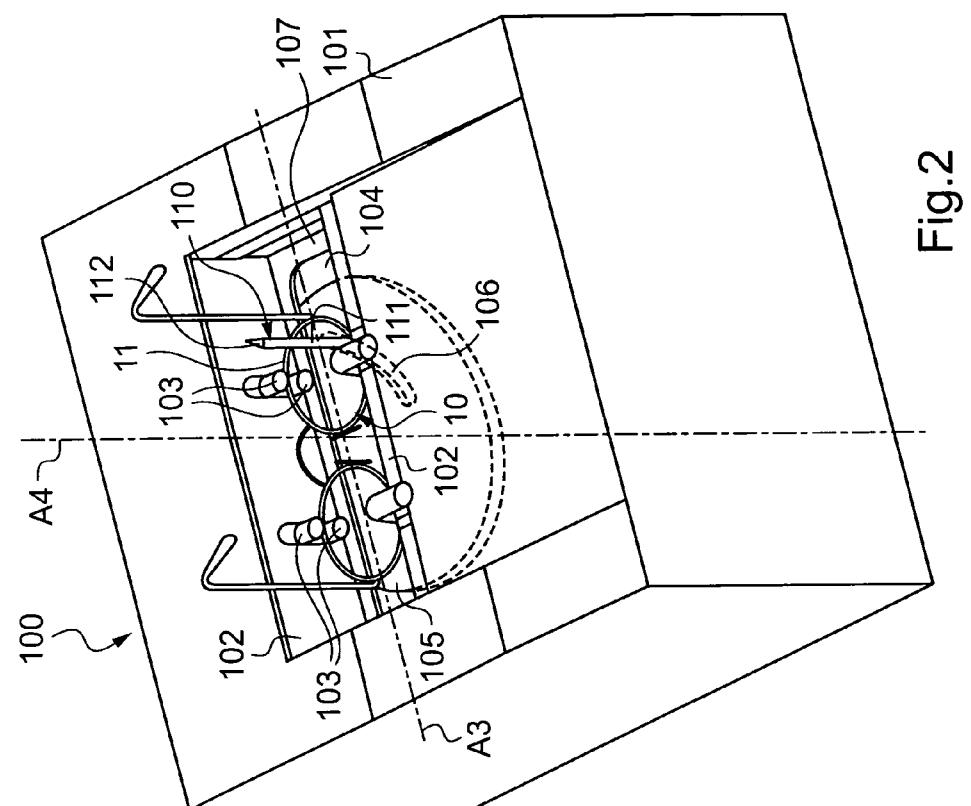


Fig.2

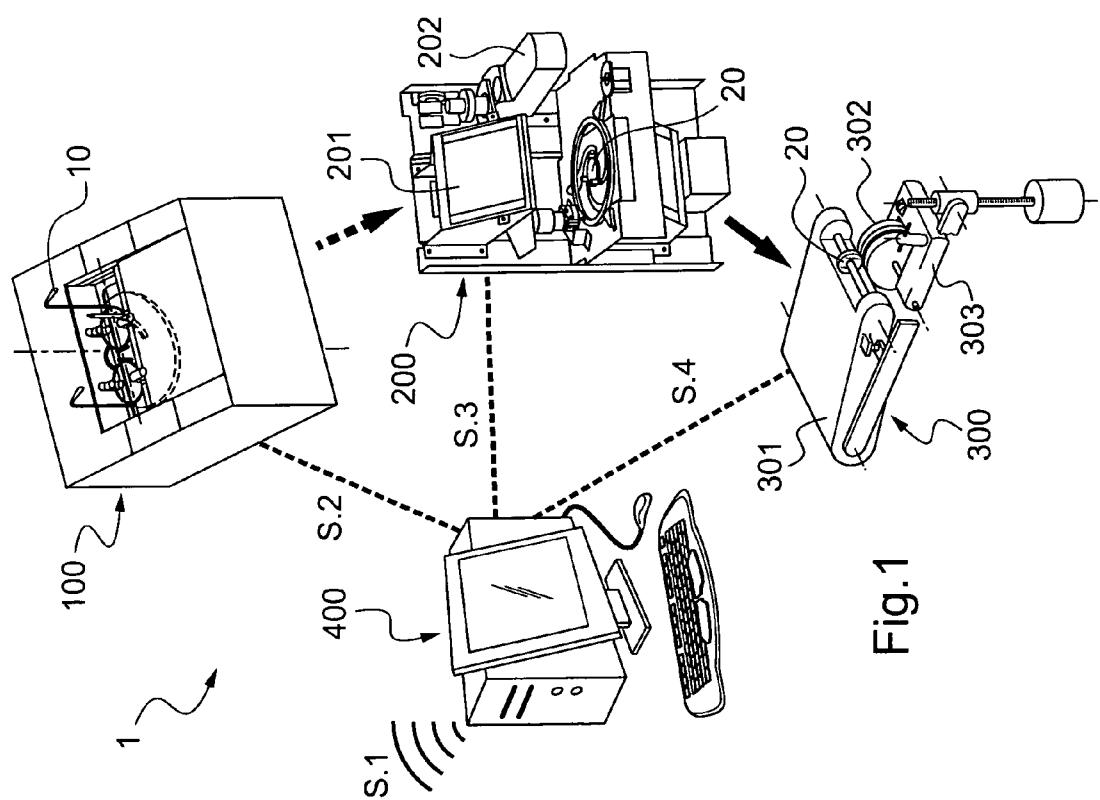


Fig.1

Fig.3

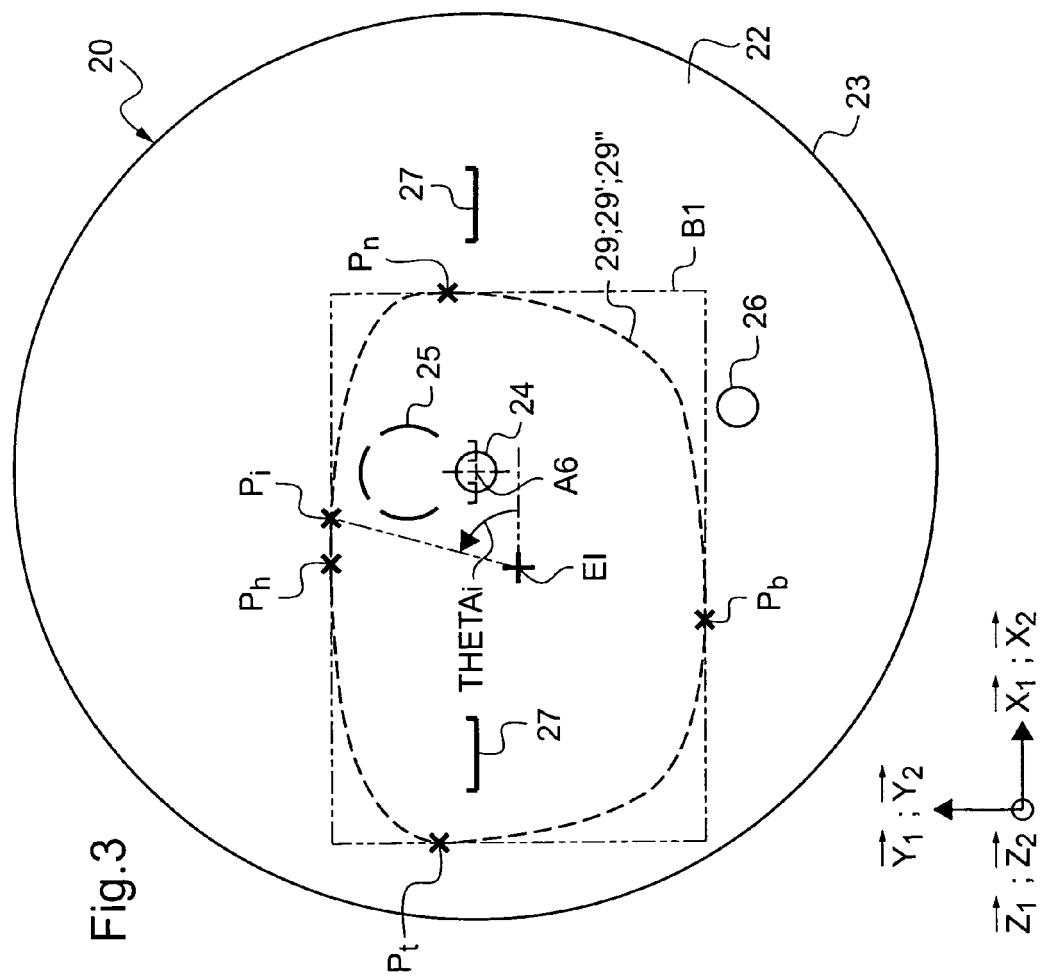
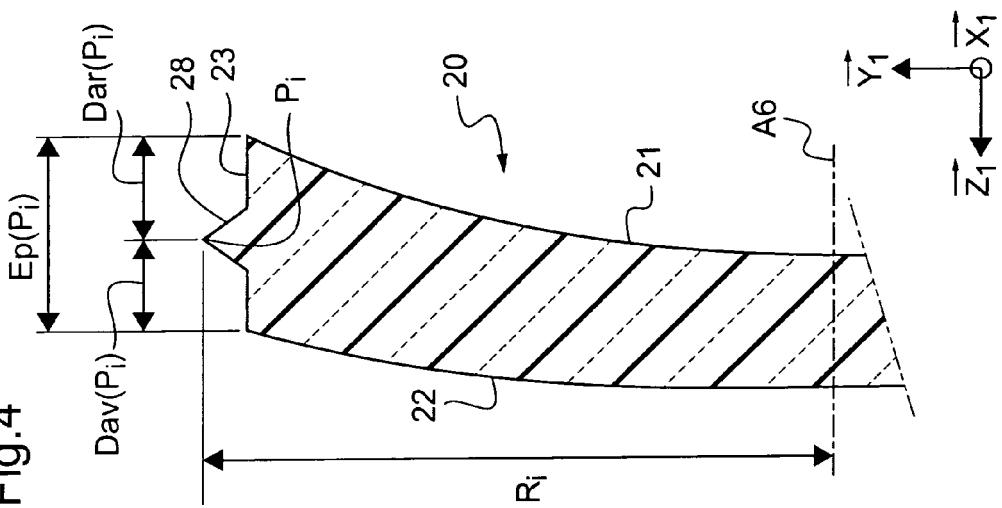


Fig.4



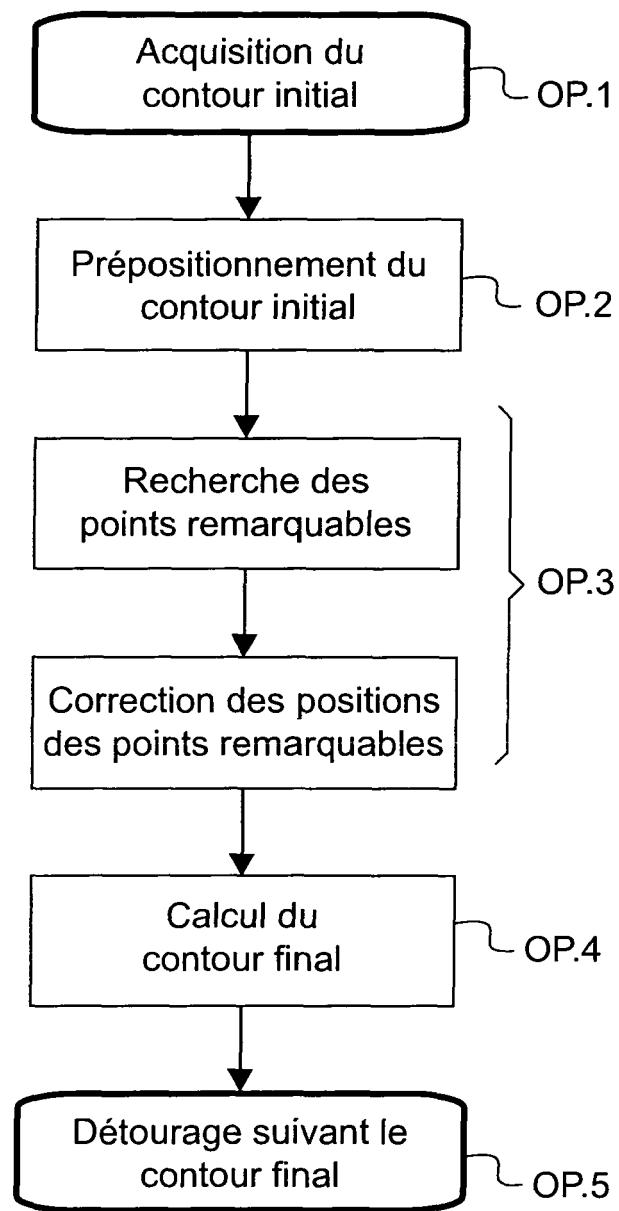


Fig.5

Fig.6A

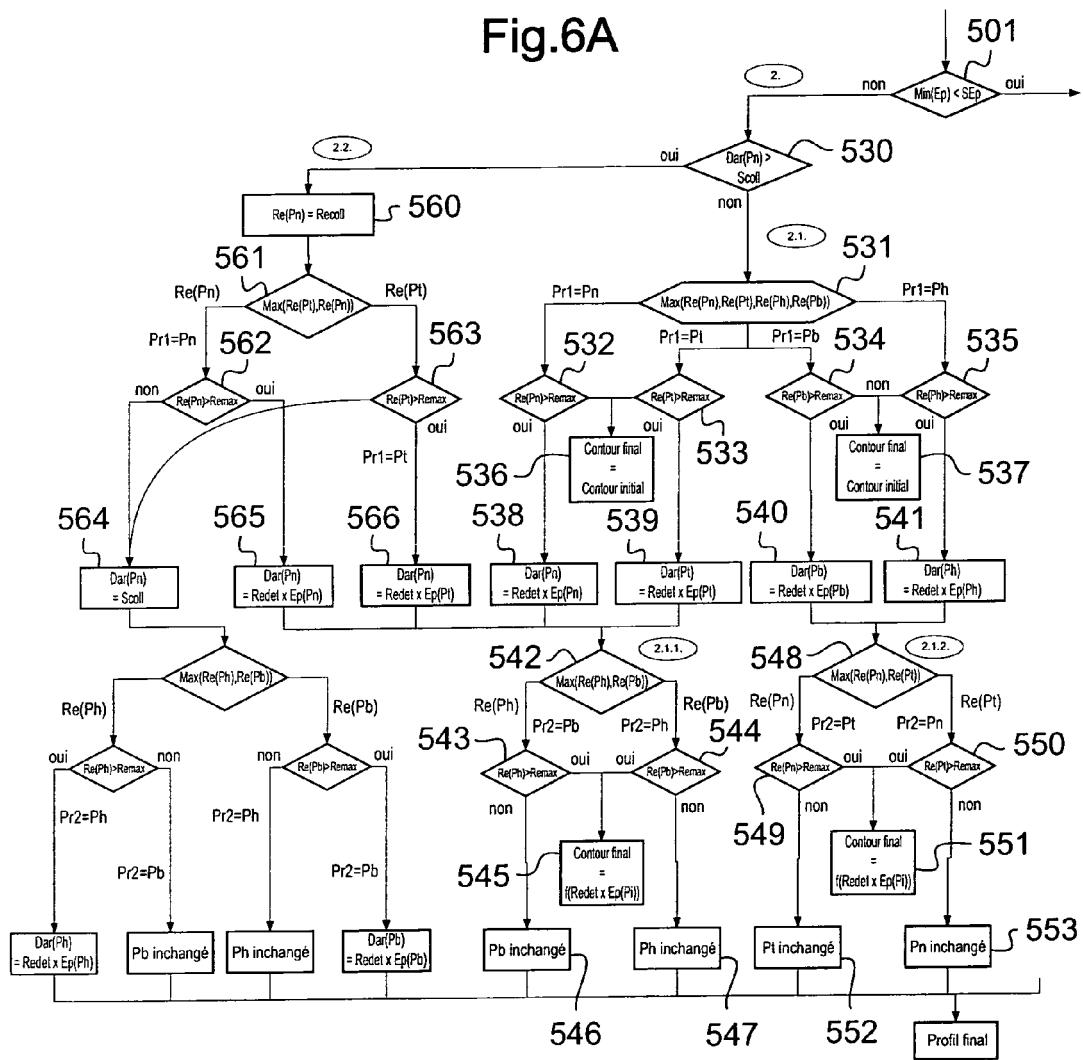
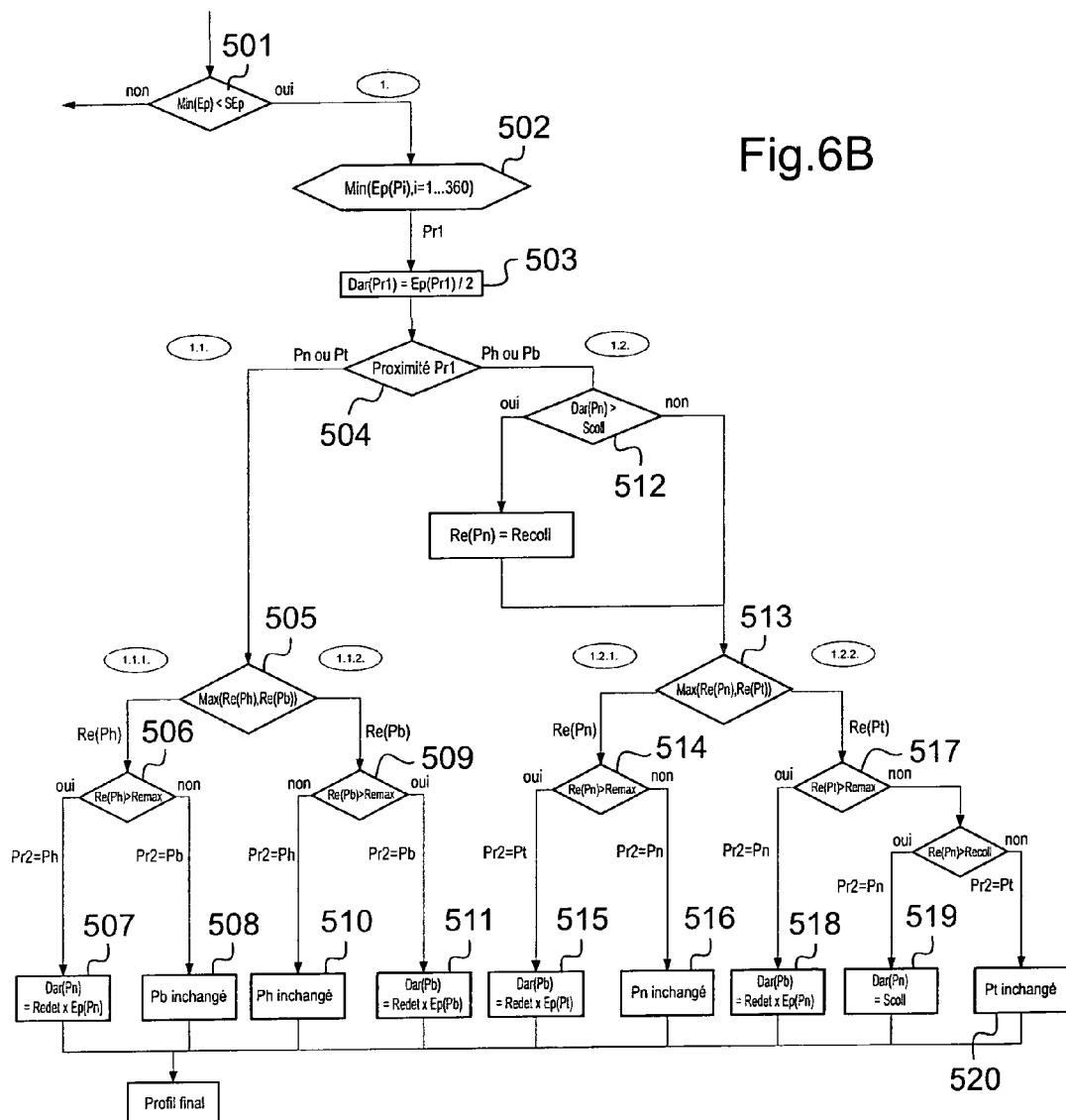


Fig.6B





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 11 29 0306

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	EP 2 031 435 A1 (ESSILOR INT [FR]) 4 mars 2009 (2009-03-04) * le document en entier * -----	1-15	INV. G02C13/00 B24B9/14 B24B49/00
A	EP 1 642 678 A1 (NIDEK KK [JP]) 5 avril 2006 (2006-04-05) * alinéa [0002] *	1-15	
A	EP 1 767 983 A1 (HOYA CORP [JP]) 28 mars 2007 (2007-03-28) * abrégé * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G02C B24B
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
1 Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich		22 septembre 2011	Gelder, Klaus
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul			
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie			
A : arrière-plan technologique			
O : divulgation non-écrite			
P : document intercalaire			
T : théorie ou principe à la base de l'invention			
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date			
D : cité dans la demande			
L : cité pour d'autres raisons			
.....			
& : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 11 29 0306

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-09-2011

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2031435	A1	04-03-2009	CA WO US	2710587 A1 2009065960 A2 2010290002 A1	28-05-2009 28-05-2009 18-11-2010
EP 1642678	A1	05-04-2006	ES JP US	2321308 T3 2006102846 A 2006073772 A1	04-06-2009 20-04-2006 06-04-2006
EP 1767983	A1	28-03-2007	WO JP JP US	2006001409 A1 4726791 B2 2011048386 A 2008273170 A1	05-01-2006 20-07-2011 10-03-2011 06-11-2008

EPO FORM PU460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 2031435 A [0005]
- EP 0750172 A [0034]
- EP 1722924 A [0050]