



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.³: G 02 B

3/02

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑪

641 572

⑳ Numéro de la demande: 1548/81

⑦③ Titulaire(s):
AO, Inc., Southbridge/MA (US)

㉔ Date de dépôt: 06.03.1981

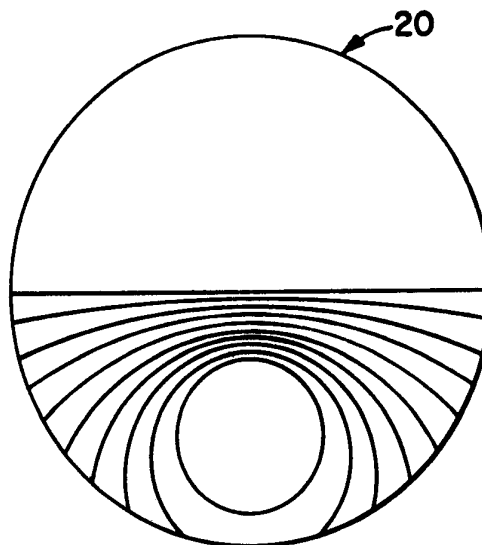
③① Priorité(s): 09.02.1981 US 232755

⑦② Inventeur(s):
John T. Winthrop, Wellesley/MA (US)

㉔ Brevet délivré le: 29.02.1984

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 29.02.1984⑦④ Mandataire:
Patentanwaltsbureau Isler & Schmid, Zürich⑤④ **Lentille ophtalmique à puissance progressive.**

⑤⑦ Cette lentille ophtalmique (20) servant pour la correction de la presbytie a une surface de puissance progressive engendrée par la ligne d'intersection d'une succession ordonnée de sphères et de surfaces de cylindres sécants. Les surfaces de cylindres sont choisies de manière à produire une distribution uniforme des aberrations et de la puissance optique pour donner un effet optique régulier.



REVENDICATIONS

1. Lentille ophtalmique (20) pour la correction de la presbytie, ayant des faces opposées concave et convexe, dont l'une présente une première surface de vision (IP) de puissance progressive ayant un méridien principal (18) dont la courbure augmente continuellement le long dudit méridien depuis une valeur minimale à la limite supérieure de ladite première surface jusqu'à une valeur maximale dans la partie inférieure de ladite lentille, ladite partie inférieure de ladite lentille présentant une seconde surface de vision (RP) de configuration sphérique ayant une limite définie (26) et approximativement ladite valeur maximale de courbure, caractérisée en ce que ladite première surface (IP) à puissance progressive entoure au moins une partie majeure de ladite limite (26) de ladite seconde surface de vision (RP) et est engendrée par la ligne d'intersection d'une succession ordonnée de sphères et de cylindres sécants en vue de la distribution uniforme des aberrations autour de ladite seconde surface de vision (RP), avec une préservation au moins approximative de l'orthoscopie.

2. Lentille ophtalmique selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit méridien principal (18) de ladite surface de vision (IP) à puissance progressive est disposé selon une orientation sensiblement verticale.

3. Lentille ophtalmique selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit méridien principal (18) de ladite surface de vision (IP) à puissance progressive est incliné par rapport à l'orientation verticale de la lentille.

4. Lentille ophtalmique selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend une troisième surface de vision (DP) disposée au-dessus de ladite première surface de vision (IP), et adjacente à cette dernière, ladite troisième surface (DP) étant sphérique et ayant une valeur de courbure qui correspond approximativement à ladite valeur minimale de ladite première surface (IP).

5. Lentille ophtalmique selon la revendication 4, caractérisée en ce que les limites supérieures de ladite première surface de vision (IP) sont définies par une ligne (24) la démarquant de ladite troisième surface de vision (DP).

6. Lentille ophtalmique selon la revendication 5, caractérisée en ce que ladite ligne (24) de démarcation avec ladite troisième surface de vision (DP) est une droite.

7. Lentille ophtalmique selon la revendication 5, caractérisée en ce que ladite ligne (24) de démarcation avec ladite troisième surface de vision (DP) est au moins partiellement concave, dirigée vers le haut.

8. Lentille ophtalmique selon la revendication 7, caractérisée en ce que la ligne de démarcation (24) concave dirigée vers le haut est approximativement symétrique par rapport audit méridien vertical principal (18) de ladite première zone de vision (IP).

9. Lentille ophtalmique selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite limite (26) de ladite seconde surface de vision (RP) est approximativement circulaire.

10. Lentille ophtalmique selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite limite (26) de ladite seconde zone de vision (RP) est de configuration parabolique.

11. Lentille ophtalmique selon la revendication 4, caractérisée en ce que ladite première surface (IP) à puissance progressive est engendrée conformément à l'équation:

$$f(x,y) = \zeta(u) - \{ r^2(u) - [x - u + r(u)\sin\theta(u)]^2 - y^2 \}^{1/2},$$

où

$$\sin\theta(u) \equiv \frac{u - \xi(u)}{r(u)}$$

$$\xi(u) = \int_0^u \frac{du}{r(u)},$$

$$\zeta(u) = r(u)\cos\theta(u) + \int_0^u \tan\theta(u) du,$$

$$\frac{1}{r(u)} = \frac{1}{r_D} + \left(\frac{1}{r_R} - \frac{1}{r_D} \right) (c_2 u^2 + c_3 u^3 + c_4 u^4 + c_5 u^5)$$

$$u(x,y) = \delta + \operatorname{sgn}(x-\delta) \left(\frac{(x-\delta)^2 + w^2 + y^2}{2|x-\delta|} - \left\{ \left[\frac{(x-\delta)^2 + w^2 + y^2}{2(x-\delta)} \right]^2 - w^2 \right\}^{1/2} \right)$$

r_R = rayon de courbure de la sphère de la seconde surface de vision

r_D = rayon de courbure de la sphère de la troisième surface de vision

$c_2 = 10/3h^2$

$c_3 = 0$

$c_4 = -5/h^4$

$c_5 = 8/3h^5$

h étant la longueur d'un couloir progressif, et

$$w^2 = (h-\delta)^2 + 2a(h-\delta),$$

$$\delta = \frac{h^2 + 2ah}{2(a+b+h)}$$

a étant le rayon de la limite de la seconde surface de vision, et

b étant le rayon de la limite de la troisième surface de vision.

12. Lentille ophtalmique selon la revendication 4, caractérisée en ce que ladite seconde zone de vision (R) est définie par l'équation:

$$f(x,y) = \zeta(h) - \{ r_R^2 - [x - h + r_R \sin\theta(h)]^2 - y^2 \}^{1/2}$$

13. Lentille ophtalmique selon la revendication 4, caractérisée en ce que ladite troisième surface de vision (DP) est définie par l'équation:

$$f(x,y) = r_D - (r_D^2 - x^2 - y^2)^{1/2}$$

14. Lentille ophtalmique selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite surface de vision (IP) à puissance progressive est à peu près centrée géométriquement sur ladite lentille.

15. Lentille ophtalmique selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite surface de vision (IP) à puissance progressive est décentrée par rapport à ladite lentille.

La présente invention concerne une lentille ophtalmique à puissance progressive pour la correction de la presbytie.

Ces dernières années, l'utilisation des lentilles à puissance progressive pour la correction de la presbytie est devenue de plus en plus populaire. En plus de leur intérêt esthétique évident, les lentilles progressives offrent aux patients des avantages fonctionnels significatifs, à savoir une gamme continue de puissances focales et un champ visuel libre. Ces avantages sont, cependant, partiellement contrebalancés par l'astigmatisme périphérique et des aberrations de distorsion dont la présence est inévitable dans toutes les lentilles progressives. Lorsque l'on conçoit des lentilles progressives, on s'efforce donc naturellement de réduire les aberrations indésirables à un effet minimal.

Il est généralement admis que les aberrations peuvent être réduites au minimum si on leur permet de s'étendre sur de vastes zones de la lentille, y compris, par exemple, les parties périphériques de la zone de vision de près. Cela implique un sacrifice de l'acuité dans ces parties périphériques. Il convient de noter toutefois que pratiquement toutes les lentilles progressives modernes disponibles dans le commerce font usage du principe de la maîtrise des aberrations par distribution sur une zone étendue. A cet égard, on peut se reporter aux brevets des Etats-Unis Nos 3687528 et 4056311. Il ne suffit pas d'indiquer que les aberrations doivent occuper des zones étendues de la lentille. La manière selon laquelle se fait leur distribution dans ces

zones est critique. Des aberrations mal distribuées peuvent anéantir les avantages potentiels obtenus par sacrifice de l'acuité dans les zones périphériques. Par exemple, si l'on s'attache à maintenir l'orthoscopie (c'est-à-dire à maintenir les horizontales et les verticales du champ visuel), on conforme les zones périphériques affectées par les aberrations de telle manière que le composant de prisme vertical le long des lignes horizontales demeure constant. Les zones périphériques corrigées doivent, cependant, être réunies à la partie centrale de la zone intermédiaire, et cette dernière ne peut pas être corrigée pour conserver l'orthoscopie. Il est donc nécessaire d'interposer entre les zones internes et externes une zone de transition. La transition ne doit pas se faire de manière trop abrupte car, sinon, la concentration des aberrations dans la zone de transition, gênante sur le plan visuel, dominerait et supprimerait effectivement l'avantage de l'orthoscopie obtenue à la périphérie de la lentille.

Les lentilles progressives conçues jusqu'ici pour préserver l'orthoscopie ne demandent pas directement une distribution uniforme des aberrations et l'un des objectifs principaux de la présente invention est d'exploiter pleinement une technique de maîtrise des aberrations par distribution sur une zone étendue pour obtenir un effet optique naturel, régulier.

Plus particulièrement, l'invention se propose d'apporter une lentille ophtalmique à puissance progressive dont la surface progressive est conçue de manière à assurer une distribution uniforme des aberrations et un effet optique régulier, l'orthoscopie étant au moins approximativement préservée dans les zones périphériques latérales de la lentille et sans accumulation d'aberrations fortes en quelque autre endroit de la lentille.

L'invention a encore pour objectif de permettre une succession naturelle de puissances de lentille optique qui soit facilement acceptée aussi bien par les nouveaux presbytes que par les presbytes déjà anciens.

Le seul procédé connu de réduction de la force des aberrations d'une lentille à puissance progressive est de permettre à ces aberrations de s'étaler sur une zone plus grande que la normale, ce qui entraîne une redéfinition des limites des zones sphériques de vision de loin (DP) et de vision de près (RP).

Avec de nombreuses variations possibles, y compris des RP circulaires et paraboliques au-dessous d'une ligne droite ou d'un arc concave dirigé vers le haut définissant la limite de la DP, une partie intermédiaire progressive (IP) est engendrée par la ligne d'intersection d'une succession ordonnée de sphères et de surfaces de cylindre sécantes, le cylindre étant choisi pour produire une surface s'arquant doucement et garantissant un effet optique régulier.

L'invention est définie dans la revendication 1 et décrite ci-après en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

— les fig. 1A et 1B illustrent, respectivement en élévation verticale et en coupe, une lentille ophtalmique à puissance progressive du type concerné par l'invention;

— la fig. 2 montre la développée de la ligne méridienne de la lentille des fig. 1A et 1B;

— la fig. 3 est une illustration schématisée de la construction d'une surface progressive de la lentille des fig. 1A et 1B;

— la fig. 4 est une vue en élévation verticale d'une lentille ophtalmique à puissance progressive de l'art antérieur montrant différentes zones de vision de cette lentille et la loi de puissance associée;

— les fig. 5A, 5B, 5C et 5D illustrent schématiquement quelques-unes des diverses définitions des limites possibles pour la DP et la RP aux fins de réduire la force des aberrations;

— les fig. 6A et 6B montrent une transformation géométrique à partir de la IP d'une lentille à puissance progressive antérieurement connue pour aboutir à une lentille conforme à la présente invention;

— la fig. 7 représente schématiquement un développement des surfaces cylindriques choisies pour satisfaire aux buts de la présente invention;

— la fig. 8 montre les zones de vision d'une lentille selon l'invention;

— la fig. 9 est un calcul d'ordinateur donnant les caractéristi-

ques d'une moitié d'une lentille symétrique conforme au modèle de la fig. 8, et

— la fig. 10 montre une mire à vue à travers une lentille selon les fig. 7 à 9.

On suppose que les lentilles étudiées par la présente invention sont faites d'un verre ou d'une matière plastique ayant un indice de réfraction uniforme. Les courbures changeantes nécessaires à la puissance progressive n'affectent que la face convexe de la lentille, la face concave étant réservée, comme à l'accoutumée, au meulage conforme à la prescription. La face convexe de la lentille sera désignée ci-après par surface progressive. L'intention n'est cependant pas de limiter l'invention aux lentilles ayant des surfaces progressives convexes, car les principes exposés ci-après s'appliquent aussi bien aux surfaces progressives convexes que concaves.

On considère que le modèle de lentilles conforme à la présente invention constitue un perfectionnement par rapport aux modèles antérieurement connus et, pour décrire l'invention, on se référera tout d'abord à l'art antérieur que représente, par exemple, le brevet canadien N° 583087.

La lentille antérieurement connue 10 (fig. 1A et 1B) peut être décrite comme suit: la surface progressive 12 étant tangente à un plan vertical 14 au centre géométrique O, un second plan vertical 16 passe par O à angle droit avec le premier plan vertical et divise la lentille en deux moitiés symétriques. Le second plan 16 est appelé plan méridien vertical principal et sa courbe d'intersection M, M' avec la surface progressive est appelée ligne méridienne 18 (fig. 2).

Les besoins fonctionnels d'une lentille progressive imposent que la surface le long de la ligne méridienne et ses dérivées partielles, au moins de second ordre et de préférence de troisième ordre, soit continue. Pour obtenir une variation de puissance progressive, la courbure de la ligne méridienne augmente continuellement de manière prédéterminée depuis une valeur minimale dans la moitié supérieure de la lentille vers une valeur maximale dans la moitié inférieure.

Le lieu des centres de courbure de la ligne méridienne 18 forme une courbe plane continue m, m' (fig. 2) que l'on appelle la développée de la ligne méridienne. Pour chaque point Q de la ligne méridienne, il existe un point correspondant q de la développée. Le vecteur rayon q Q réunissant deux points correspondants (Q, q) est perpendiculaire à la ligne méridienne 18 en Q et tangent à la développée m m' en q.

La fig. 3 montre la construction de la caractéristique intéressante du modèle. La surface progressive est engendrée par un arc circulaire C d'orientation horizontale et de rayon variable qui passe successivement par tous les points Q de la ligne méridienne 18. Plus précisément, le générateur C en un point donné Q est défini comme étant la ligne d'intersection entre une sphère de rayon Qq centrée en q et un plan horizontal passant par Q. Ainsi, la surface progressive complète peut être considérée comme créée par la ligne d'intersection d'une suite ordonnée de sphères et de plans horizontaux sécants. Il résulte de cette construction que les courbures principales en chaque point de la ligne méridienne sont égales, c'est-à-dire que la surface est dépourvue d'astigmatisme le long de la ligne méridienne.

La surface progressive 12 de cette lentille antérieurement connue peut être facilement décrite en termes algébriques. Il existe un système de coordonnées rectangulaires (fig. 1) dont l'origine coïncide avec O et dont le plan x-y coïncide avec le plan tangent en O. L'axe des x est dirigé vers le bas dans la direction de la puissance optique croissante.

Si l'on appelle u la coordonnée sur l'axe des x d'un point Q de la ligne méridienne, les coordonnées (ξ , η , ζ) du point q correspondant de la développée, ainsi que le rayon de courbure $r = q Q$, peuvent être exprimés sous la forme d'une fonction du paramètre u:

$$\begin{aligned}\xi &= \xi(u) \\ \eta &= 0 \\ \zeta &= \zeta(u) \\ r &= r(u)\end{aligned}\tag{1}$$

(2)

L'équation de la sphère de rayon $r(u)$ centrée en q , exprimée sous la forme d'une élévation par rapport au plan x - y , peut être écrite:

$$z = \zeta(u) - \{ r^2(u) - [x - \xi(u)]^2 - y^2 \}^{1/2} \quad (3)$$

L'équation d'un plan horizontal passant par Q est

$$x = u \quad (4)$$

L'équation 3 représente une famille de sphères et l'équation 4 une famille de plans parallèles. Les membres de chaque famille sont engendrés par le paramètre unique u . Pour chaque valeur de u , il existe une sphère unique et un plan qui la coupe. En éliminant u entre les équations 3 et 4, on crée un arc C engendré (fig. 3) par chacun des points Q de la ligne méridienne, produisant ainsi l'équation voulue de la surface progressive $z = f(x, y)$, où

$$f(x, y) = \zeta(x) - \{ r^2(x) - [x - \xi(x)]^2 - y^2 \}^{1/2} \quad (5)$$

Si la loi de puissance méridienne de la lentille 10 a la forme classique illustrée à la fig. 4, les zones DP et RP du modèle sont sphériques et s'étendent sur toute la largeur de la lentille. Un tel modèle de lentille offre une DP et une RP totalement utiles mais, comme on le sait bien, l'intensité des aberrations dans la zone IP est inacceptable.

Comme on l'a mentionné précédemment, le seul procédé connu de réduction réelle de l'intensité des aberrations est de permettre à ces dernières de s'étaler sur une zone plus vaste de la lentille. Cela implique une redéfinition des frontières des zones sphériques DP et RP avec de nombreuses variations possibles, dont quelques-unes sont illustrées aux fig. 5A, 5B, 5C et 5D. Dans la lentille de la fig. 5A, la DP sphérique occupe la moitié supérieure de la lentille (comme c'est le cas, par exemple, dans le brevet canadien No 583087), mais la RP sphérique est limitée par un cercle. L'exemple de la fig. 5B est similaire à celui de la fig. 5A, sauf que la limite de la RP est parabolique. Dans l'exemple asymétrique de la fig. 5C, la limite de la RP est parabolique et la limite de la DP est inclinée de 9° sur l'horizontale. Cette limite devient horizontale après une rotation de 9° de la lentille pour donner le décalage interne traditionnel de la RP. L'exemple de la fig. 5D diffère de celui de la fig. 5A en ce sens que la limite de la DP est formée par un arc circulaire concave dirigé vers le haut qui permet un étalement supplémentaire des aberrations. Le rayon de l'arc de la DP doit être suffisamment long pour que, après une rotation de la lentille de 9° , les aberrations du côté temporal ne gênent pas le mouvement latéral de l'œil en vision de loin. Dans la pratique, cela signifie que le rayon de l'arc de la DP ne doit pas être beaucoup inférieur à environ 65 mm.

Les limites de la DP et de la RP étant définies, il reste à déterminer la formule de la IP qui existe entre elles. Cela est accompli en appliquant une transformation géométrique à la lentille de l'art antérieur, transformation dont la nature est illustrée aux fig. 6A et 6B. La fig. 6A montre une lentille antérieurement connue où apparaissent les intersections des membres d'une famille de plans $x = u$ avec le plan x - y . Ces intersections forment une famille de lignes droites parallèles, qui sont à leur tour parallèles aux limites de la DP et de la RP. Comme le montre la fig. 6B, en passant à une forme d'exécution selon l'invention, la famille de lignes droites parallèles se transforme en une famille aux lignes équidistantes plus ou moins courbes. Les lignes courbes de la lentille 20 (fig. 6B) représentent les intersections d'une famille à un paramètre de cylindres avec le plan x - y . Pour chaque membre de la famille de plans d'origine, il existe un membre correspondant d'une famille de cylindres. Les membres correspondants des deux familles sont identifiés par le même paramètre u , où u est la coordonnée sur l'axe des x d'un point Q de l'une ou l'autre ligne méridienne. La construction de la nouvelle surface progressive est engendrée par la ligne d'intersection d'une succession ordonnée de sphères et de surfaces cylindriques sécantes. En particulier, l'équation de n'importe quel membre de la famille de surfaces cylindriques peut être écrite sous la forme:

$$x = g(y, u) \quad (6)$$

Cette équation peut être résolue pour le paramètre u , donnant une équation de la forme:

$$u = h(x, y) \quad (7)$$

ce qui revient à l'équation 4 dans le cas de la lentille antérieurement connue. L'équation de la surface progressive de la présente lentille est obtenue en éliminant le paramètre u entre les équations 7 et 3. Plus précisément:

$$f(x, y) = \zeta[h(x, y)] - \{ r[h(x, y)]^2 - \{ x - \xi[h(x, y)] \}^2 - y^2 \}^{1/2} \quad (8)$$

La forme détaillée de la surface progressive résultante dépendra naturellement de la forme et de l'écartement des surfaces cylindriques, équation 6. Pour satisfaire aux buts de la présente invention, les surfaces cylindriques doivent être choisies de manière à produire une surface s'arquant doucement, garantissant un effet optique régulier.

La forme des surfaces cylindriques est déterminée comme suit: si l'on considère une certaine fonction auxiliaire $\Phi(x, y)$, définie sur le plan x - y dans l'espace extérieur aux courbes représentant les limites de la DP et de la RP, qui ont été prolongées mathématiquement pour former des courbes fermées comme indiqué à la fig. 7, Φ prend les valeurs limites constantes c_1 et c_2 respectivement au niveau des limites de la DP et de la RP. La fonction $\Phi(x, y)$, qui est la plus régulière et qui est consistante avec la géométrie donnée et les valeurs limites, est déterminée comme suit: si le problème était unidimensionnel plutôt que bidimensionnel, il serait évident que, si $\Phi(x)$ a comme valeurs limite $\Phi(0) = c_1$, $\Phi(1) = c_2$, la fonction $\Phi(x)$ la plus régulière entre $x = 0$ et $x = 1$ est la fonction linéaire $\Phi(x) = c_1 + (c_2 - c_1)x$. Cette fonction satisfait l'équation différentielle:

$$\frac{d^2 \Phi}{dx^2} = 0 \quad (9)$$

Donc, la fonction $\Phi(x, y)$ voulue dans le cas bidimensionnel satisfait à l'équation bidimensionnelle de Laplace:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0 \quad (10)$$

Les fonctions satisfaisant l'équation 10 sont appelées fonctions harmoniques. Ce résultat peut être déduit d'une autre manière. Un critère permettant de satisfaire à la condition de régularité est de demander que les valeurs moyennes des modules des dérivés $\partial\Phi/\partial x$ et $\partial\Phi/\partial y$ soient minimales. En variante, si l'on considère la moyenne de la somme des carrés de ces quantités, c'est-à-dire l'intégrale:

$$\iint \left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} \right)^2 \right] dx dy \quad (11)$$

dans ce cas, en appliquant le principe d'Euler-Lagrange, l'équation 11 est réduite au minimum lorsque $\Phi(x, y)$ satisfait l'équation de Laplace (équation 10). Donc l'équation de Laplace définit la fonction la plus régulière entre les limites de la DP et de la RP.

Pour utiliser la fonction auxiliaire Φ , nous formons les courbes de niveau:

$$\Phi(x, y) = c \quad (12)$$

qui sont définies comme étant les courbes le long desquelles Φ a une valeur constante. Ces courbes peuvent être exprimées sous la forme donnée par l'équation 6 ou l'équation 7, et peuvent donc être prises pour représenter la famille voulue de cylindres.

Pour résumer, la surface progressive est engendrée par une courbe génératrice C qui est la ligne d'intersection entre une succession ordonnée de sphères, de rayons q Q centrées sur la développée de la ligne méridienne, et une succession correspondante de cylindres dont la ligne génératrice s'étend parallèlement à l'axe des z et dont les intersections avec le plan x - y coïncident avec les surfaces de niveau de la fonction harmonique Φ qui atteint des valeurs constantes aux limites de la DP et de la RP.

Du fait que les courbes de niveau dérivent de fonctions harmoniques, l'incorporation des courbes de niveau dans la définition de la surface progressive garantit une distribution uniforme des aberrations et de la puissance optique.

La théorie des fonctions harmoniques offre deux procédés bien connus pour déterminer les courbes de niveau. Le premier nécessite la découverte d'un système orthogonal de coordonnées curvilignes avec des courbes coordonnées qui coïncident avec les limites de la DP et de la RP. Les courbes coordonnées entre les limites de la DP et de la RP peuvent ensuite être assimilées aux courbes de niveau du système. Le second procédé, appliquant les principes de la cartographie, exécute une transformation des courbes de niveau du système plus simple de l'art antérieur en courbes de niveau de la lentille plus complexe conforme à l'invention. L'utilisation de ces procédés permet la construction d'une surface progressive dont les limites de DP et de RP sont de forme arbitraire.

Un exemple de lentille construite conformément au principe ci-dessus est donné ci-après.

Comme le montre la fig. 8, la DP sphérique de la lentille 22 est limitée par un arc circulaire 24 et la RP sphérique est limitée par un cercle 26. Le couloir progressif commence à l'origine O. Les limites de la DP et de la RP peuvent être considérées comme des lignes coordonnées dans un système bipolaire de coordonnées. Les courbes de niveau entre les limites de la DP et de la RP peuvent donc être assimilées aux lignes coordonnées du système bipolaire.

On définit:

a = rayon de la limite de la RP

b = rayon de la limite de la DP

h = longueur du couloir progressif

La courbe de niveau par un point arbitraire x,y coupe l'axe des x au point u(x,y). Après calcul, on trouve que:

$$u(x,y) = \delta + \operatorname{sgn}(x-\delta) \left(\frac{(x-\delta)^2 + w^2 + y^2}{2|x-\delta|} - \left\{ \left[\frac{(x-\delta)^2 + w^2 + y^2}{2(x-\delta)} \right]^2 - w^2 \right\}^{1/2} \right) \quad (13)$$

où

$$w^2 = (h-\delta)^2 + 2a(h-\delta) \quad (14)$$

$$\delta = \frac{h^2 + 2ah}{2(a+b+h)} \quad (15)$$

L'équation 13 représente un cas particulier de l'équation 7.

On définit:

r_D = rayon de courbure de la sphère de la DP

r_R = rayon de courbure de la sphère de la RP

L'équation de la surface progressive peut être écrite:

Zone de vision de loin:

$$f(x,y) = r_D - (r_D^2 - x^2 - y^2)^{1/2} \quad (16)$$

Zone progressive (à partir de l'équation 3):

$$f(x,y) = \zeta(u) - \{ r^2(u) - [x-u+r(u)\sin\theta(u)]^2 - y^2 \}^{1/2} \quad (17)$$

où

$$\sin\theta(u) \equiv \frac{u - \xi(u)}{r(u)} \quad (18)$$

$$\xi(u) = \int_0^u \frac{du}{r(u)} \quad (19)$$

$$\zeta(u) = r(u)\cos\theta(u) + \int_0^u \tan\theta(u) du \quad (20)$$

$$\frac{1}{r(u)} = \frac{1}{r_D} + \left(\frac{1}{r_R} - \frac{1}{r_D} \right) (c_2 u^2 + c_3 u^3 + c_4 u^4 + c_5 u^5) \quad (21)$$

$$c_2 = 10/3h^2$$

$$c_3 = 0$$

$$c_4 = -5/h^4$$

$$c_5 = 8/3h^5$$

u(x,y) est donné par l'équation 13.

Zone de vision de près:

$$f(x,y) = \zeta(h) - \{ r_R^2 - [x-h+r_R\sin\theta(h)]^2 - y^2 \}^{1/2} \quad (22)$$

A des fins de simplicité, les équations ci-dessus ont été présentées pour le cas où le début du couloir progressif coïncide avec le centre O de l'ébauche de la lentille. Il peut cependant être désirable de décentrer la surface progressive dans son entier, vers le haut ou vers le bas, vers la gauche ou vers la droite, par rapport au centre géométrique O. L'équation de la surface décentrée par rapport au système de coordonnées d'origine est obtenue en remplaçant x et y dans les équations ci-dessus par, respectivement, x-d1 et y-d2, où d1 et d2 sont les valeurs de décentration de x et y.

La surface progressive définie généralement par les équations 13 à 22 va maintenant être calculée pour une lentille ayant une addition de lecture de 3,00 δ. On suppose que la lentille a un indice de réfraction de 1,523 et que ses différents paramètres ont les valeurs ci-après:

$$a = 10,00 \text{ mm}$$

$$b = 91,0 \text{ mm}$$

$$h = 16,0 \text{ mm}$$

$$r_D = 84,319 \text{ mm}$$

$$r_R = 57,285 \text{ mm}$$

$$d1 = -2,00 \text{ mm}$$

$$d2 = 0,00 \text{ mm}$$

La fig. 9 montre les résultats de la résolution des équations à l'aide d'un ordinateur, en utilisant les valeurs données ci-dessus pour les paramètres. Du fait que la lentille est symétrique par rapport au méridien vertical, on n'a indiqué que les valeurs concernant la moitié droite. Cette fig. 9 donne l'élévation de la surface au-dessus du plan x-y, calculée à des intervalles de 4 mm. Du fait que le plan x-y est tangent à la surface de la lentille au point x = -2, y = 0, l'élévation à x = y = 0 est non-zéro.

Lorsque l'on voit une mire à mailles carrées au travers d'une lentille progressive, le dessin déformé de la mire donne des informations en ce qui concerne la distribution et l'intensité des aberrations de la lentille. Le dessin de la mire produit par la lentille décrite ci-dessus est représenté à la fig. 10. Dans ce schéma, la lentille était tournée de 9°, comme elle le serait si elle était adaptée à une monture de lunettes. On peut voir que les lignes de la mire sont continues, qu'elles s'étendent régulièrement et qu'elles sont uniformément distribuées. On peut également noter que, dans la périphérie du côté temporal, les lignes de la mire sont orientées horizontalement et verticalement; cela signifie que l'orthoscopie est conservée dans cette zone. Si l'orthoscopie peut ne pas être aussi bien maintenue dans la périphérie de la zone progressive, du côté nasal, cela n'est pas gênant, car une grande partie du côté nasal est éliminée lors du débordage du verre pour le montage sur une monture de lunettes.

On doit comprendre que le terme de lentille utilisé dans la présente description et dans les revendications comprend les ébauches de lentilles nécessitant des opérations de finissage sur la seconde face (convexe ou concave) ainsi que les lentilles finies sur leurs deux faces et les lentilles non débordées ou débordées à la taille et à la forme voulues pour l'adaptation aux montures de lunettes. Les lentilles selon la présente invention peuvent être faites en verre ou en l'une quelconque des diverses matières plastiques connues et utilisées à des fins ophtalmiques. Si la seconde face de la lentille est finie, c'est-à-dire la face opposée à celle ayant une surface de puissance progressive, la seconde face peut avoir des courbures superficielles répondant à une prescription appliquée à la lentille, tandis que la RP de cette dernière est décentrée de la manière habituelle.

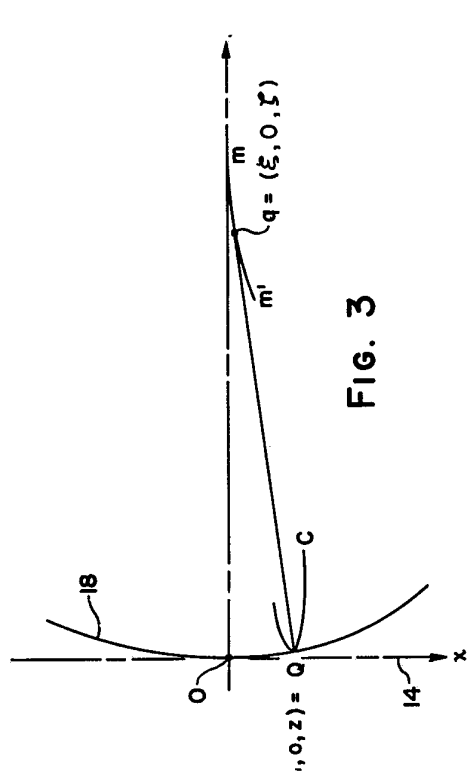


FIG. 3

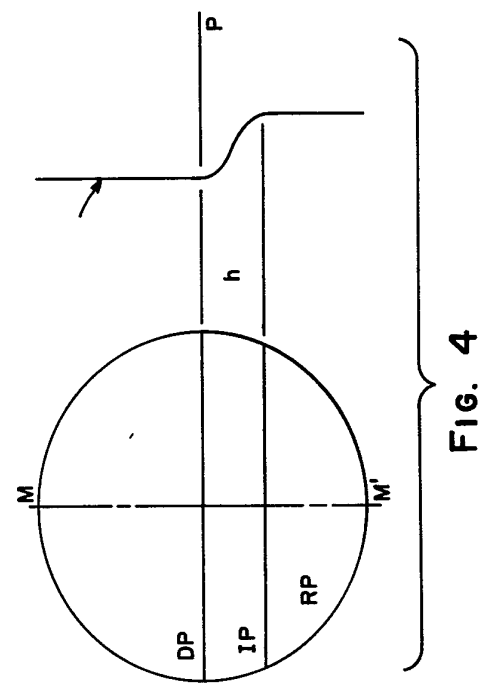


FIG. 4

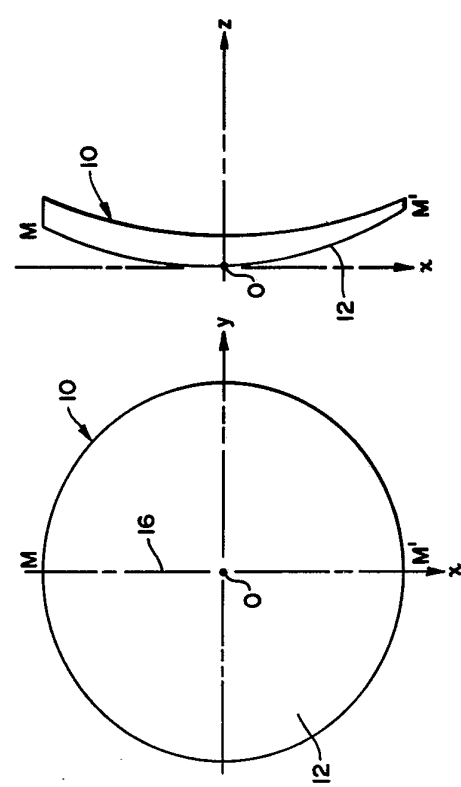


FIG. 1A

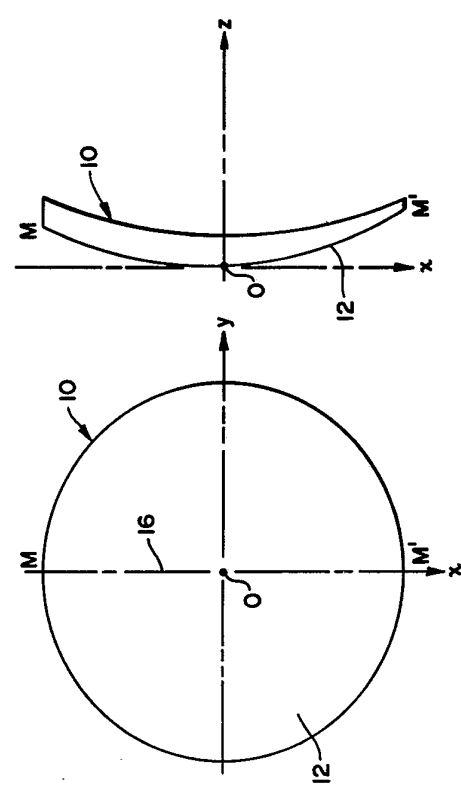


FIG. 1B

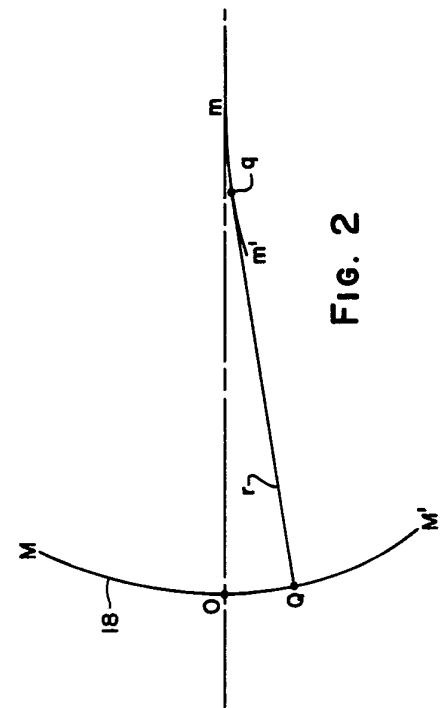


FIG. 2

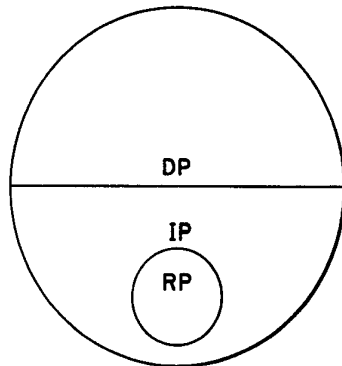


FIG. 5A

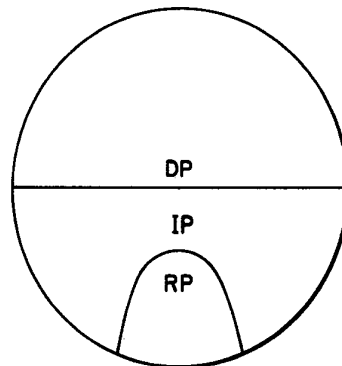


FIG. 5B

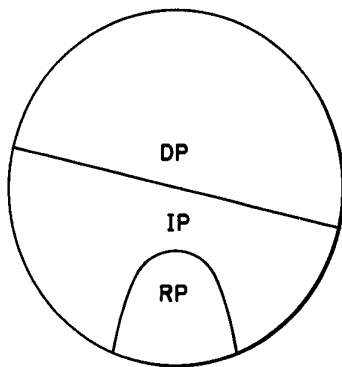


FIG. 5C

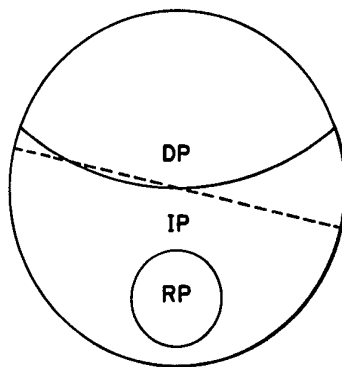


FIG. 5D

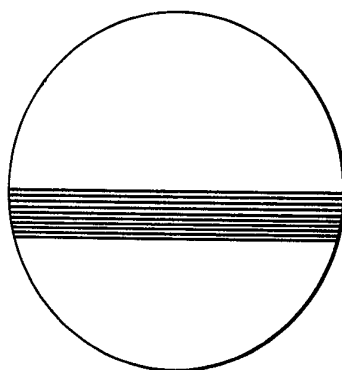


FIG. 6A

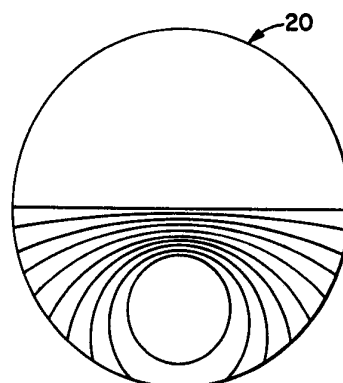
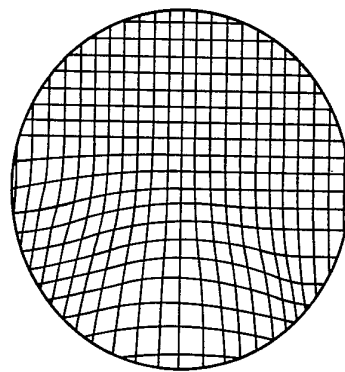
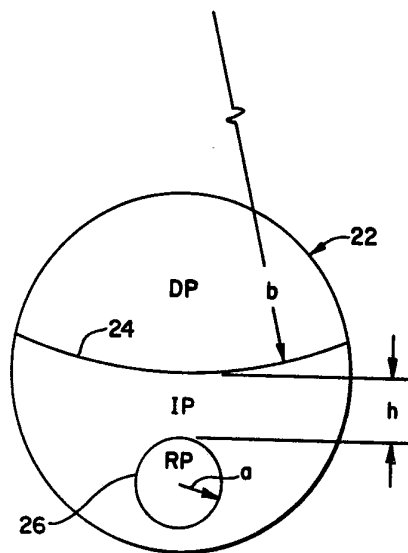
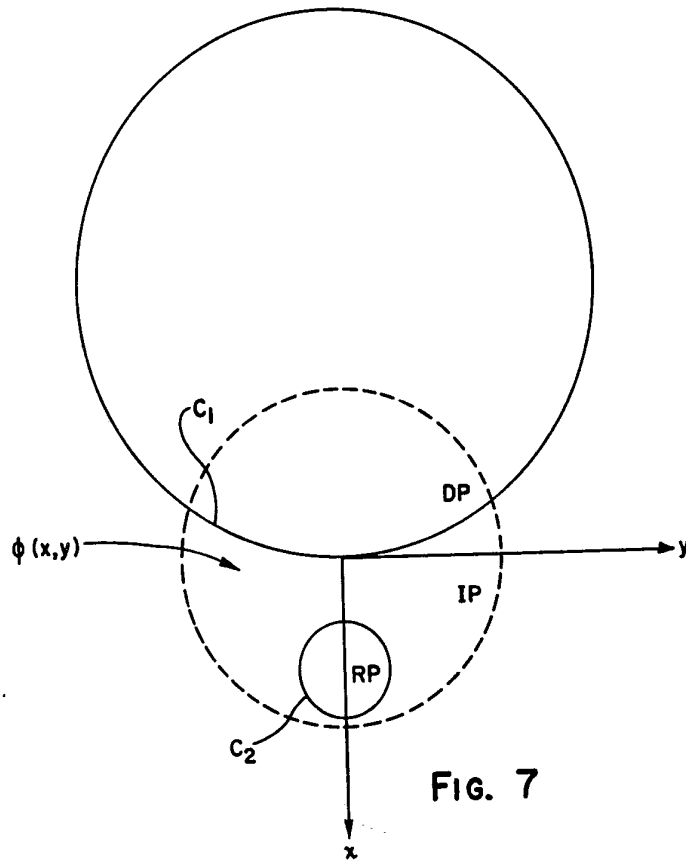


FIG. 6B



Y (MM)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
X = -36.00 MM	7.0673	7.1696	7.4773							
X = -32.00 MM	5.4483	5.5485	5.8499	6.3549	7.0673					
X = -28.00 MM	4.0581	4.1566	4.4529	4.9490	5.6489	6.5578	7.6881			
X = -24.00 MM	2.8852	2.9828	3.2743	3.7633	4.4529	5.3482	6.4563	7.7862		
X = -20.00 MM	1.9204	2.0166	2.3050	2.7882	3.4696	4.3540	5.4483	6.7612		
X = -16.00 MM	1.1565	1.2516	1.5375	2.0163	2.6913	3.5674	4.6510	5.9507	7.4773	
X = -12.00 MM	0.5881	0.6825	0.9666	1.4421	2.1124	2.9823	4.0581	5.3482	6.8631	
X = -8.00 MM	0.2112	0.3053	0.5881	1.0615	1.7287	2.5946	3.6653	4.9490	6.4563	8.2064
X = -4.00 MM	0.0234	0.1173	0.3994	0.8718	1.5375	2.4016	3.4757	4.7729	6.3059	8.0894
X = 0.00 MM	0.0235	0.1198	0.4095	0.8956	1.5826	2.4761	3.5834	4.9136	6.4785	8.2927
X = 4.00 MM	0.2188	0.3302	0.6592	1.1954	1.9318	2.8692	4.0142	5.3775	6.9729	8.8170
X = 8.00 MM	0.6402	0.7706	1.1506	1.7544	2.5585	3.5543	4.7468	6.1494	7.7794	9.6570
X = 12.00 MM	1.3282	1.4700	1.8888	2.5576	3.4376	4.5050	5.7585	7.2121	8.8869	
X = 16.00 MM	2.3115	2.4569	2.8947	3.6140	4.5676	5.7135	7.0398	8.5579	10.2911	
X = 20.00 MM	3.6091	3.7580	4.2071	4.9596	5.9758	7.1978	8.6019	10.1949		
X = 24.00 MM	5.2444	5.3980	5.8615	6.6412	7.7064	8.9945	10.4746	12.1484		
X = 28.00 MM	7.2507	7.4105	7.8928	8.7028	9.8070	11.1497	12.7005			
X = 32.00 MM	9.6747	9.8425	10.3491	11.1883	12.3239					
X = 36.00 MM	12.5822	12.7588	13.2851							

Fig. 9