

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 14.08.90.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 21.02.92 Bulletin 92/08.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *Société dite: THOMSON-TRT DEFENSE (Société Anonyme) — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : *Espie Jean-Luc et Gonnaud Isabelle.*

⑦3 Titulaire(s) :

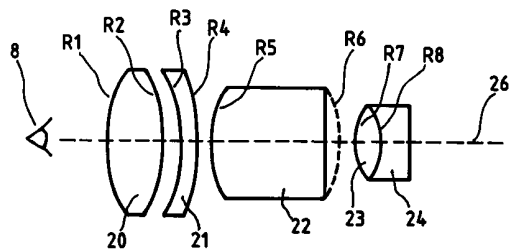
⑦4 Mandataire : *Albert Claude Thomson-CSF SCPI.*

⑤4 **Système optique large champ et grande ouverture notamment destiné à une voie de nuit pour épiscopes, et épiscopes équipés d'un tel système optique.**

⑤7 Le domaine de l'invention est celui des lentilles optiques grandissantes et plus précisément des systèmes optiques binoculaires destinés à être insérés dans la voie de nuit d'un système d'observation, entre un tube intensificateur de lumière et les yeux d'un observateur.

L'invention trouve une application particulière dans les appareils d'observation pour véhicules blindés, et notamment les épiscopes pour chars de combat.

Selon l'invention, le système optique pour binoculaire est du type constitué de deux groupes, un groupe avant (20, 21, 22) et un groupe arrière (23, 24), le groupe arrière (23, 24) étant constitué d'un doublet (23, 24) collé à face arrière plane comprenant une lentille convexe convergente collée à une lentille divergente, les lentilles du doublet (23, 24) collé présentant des dispersions différentes et complémentaires pour compenser le chromatisme et la focale du doublet (23, 24) étant comprise entre 0,85 F et 1,05 F, où F est la focale du binoculaire.



Système optique large champ et grande ouverture notamment destiné à une voie de nuit pour épiscopes, et épiscopes équipés d'un tel système optique.

Le domaine de l'invention est celui des lentilles optiques grandissantes et plus précisément des systèmes optiques bioculaires destinés à être insérés dans la voie de nuit d'un système d'observation, entre un tube intensificateur de lumière et les yeux d'un observateur.

L'invention trouve une application particulière dans les appareils d'observation pour véhicules blindés, et notamment les épiscopos pour chars de combat.

Toutefois le système optique de l'invention trouve bien entendu application à chaque fois qu'on retrouve un contexte optique analogue à celui détaillé plus loin.

Dans le cas particulier des véhicules blindés, le pilote dispose généralement, pour la vision de jour, d'au moins un épiscopes optique classique, dit voie de jour, comprenant un réflecteur d'entrée recevant les rayons lumineux, et un réflecteur de sortie restituant les rayons lumineux au pilote. Selon le type d'épiscopes, le trajet des rayons lumineux entre les deux réflecteurs peut être direct ou subir une ou plusieurs réflexions.

La voie de jour assure une vision optimale, tant que l'éclairage est suffisant. En revanche, elle ne permet pas le pilotage de nuit. Il n'est pas possible en effet, au moins en position de combat, d'utiliser des moyens d'éclairage intégrés au véhicule. Il est donc nécessaire d'utiliser une voie de nuit électronique, restituant au pilote une image visible du paysage, et comprenant par exemple un objectif, un tube intensificateur de lumière et un bioculaire.

Les épiscopos connus ont cependant des dimensions trop importantes pour pouvoir être adaptés dans un équipement jour/nuit. Outre l'inconvénient majeur de présenter au pilote de char une image plus basse que celle fournie par les épiscopos de jour, ils utilisent toute la place disponible entre l'oeil du pilote et le blindage interdisant ainsi l'interposition d'une voie de jour.

Du fait qu'un épiscopes doit être aisément remplaçable par un autre, par exemple en cas de détérioration ou de mauvais fonctionnement, ou alors tout

5 simplement pour effectuer des réglages de maintenance, il se présente généralement sous la forme d'un ensemble compact comprenant tous ses éléments constitutifs (réflecteur de déviation des rayons optiques, bâti mécanique de la voie de nuit, objectifs, tube intensificateur de lumière, réflecteurs de la voie de jour, etc...).

Afin de donner à un tel épiscopes des dimensions les plus restreintes possibles, divers mécanismes peuvent être utilisés.

10 Un mécanisme permettant de passer d'une vision par voie de jour à une vision par voie de nuit est par exemple décrit dans la demande de brevet français N° 90 07838 concernant un "bâti mécanique articulé, notamment pour épiscopes, et épiscopes monté dans un tel bâti". Le passage d'une voie de visualisation à l'autre est effectué en nécessitant un minimum de place, grâce à un mécanisme compact de commande en basculement d'un réflecteur dirigeant les rayons lumineux sélectivement vers une voie ou vers l'autre.

15 Dans le même objectif, il s'avère également intéressant de songer à une réduction de la taille des bioculaires équipant les épiscopes. Dans un épiscopes, le bioculaire est en effet disposé en face de l'utilisateur et occupe ainsi un espace relativement important. La contrainte d'encombrement peut ainsi imposer que le système optique comporte notamment une partie coudée permettant aux rayons lumineux sortant verticalement du tube intensificateur d'être déviés horizontalement en direction des yeux de l'utilisateur.

20 Outre la contrainte d'encombrement, la conception d'un bioculaire pour épiscopes est soumise à la compatibilité avec les autres éléments de la chaîne optique. Ainsi, les bioculaires doivent pouvoir être adaptés, pour des raisons de modularité et d'économie, aux dimensions des tubes intensificateurs existants, et notamment à celles des épiscopes équipant les chars de combat des types Leclerc, AMX 30 ou T (noms "commerciaux").

25 La conception d'un système optique de la voie de nuit d'un épiscopes requiert donc un choix d'un couple tube intensificateur/bioculaire.

30 On connaît ainsi des bioculaires pour voies de nuit d'épiscopes couplés à des tubes intensificateurs 20/30 mm, par exemple le tube intensificateur XX 1380

de PHILIPS (marque déposée).

Cependant, le champ de vision offert par ces bioculaires n'est pas assez étendu pour permettre un confort satisfaisant pour la conduite d'un véhicule blindé et notamment d'un char.

5 On connaît également des formules de bioculaires adaptées à des tubes intensificateurs 25/25 mm largement répandus du type MX 9644/UV, le couplage entre le tube intensificateur et le bioculaire étant réalisé à l'aide d'une fibre grandisseuse 25/46 mm.

10 Le principal inconvénient de ce type de bioculaire est que le rapport de grandissement nécessaire pour amener l'image à un diamètre suffisant est de 1,6, ce qui entraîne une réduction de l'ouverture de la fibre en sortie incompatible avec une grande ouverture du bioculaire. Ceci se traduit par un assombrissement de la partie centrale du champ pour une position nominale des yeux de l'observateur et une perte de contraste due à la fibre. De plus, cette solution est trop encombrante
15 pour la plupart des applications jour/nuit.

Un troisième type de formule de bioculaire adapté à des évêques trouve application dans des tubes 25/40 mm du type TH 9311 de THOMSON (nom déposé). Ces tubes sont bien adaptés aux critères d'encombrement et de qualité d'image, mais présentent l'inconvénient d'être d'un prix de revient élevé.

20 On connaît d'autre part le document de brevet américain n° 3.922.072 de ROGERS concernant des combinaisons optiques pour dispositifs de vision de nuit, l'image étant formée sur un écran à phosphore, typiquement un tube intensificateur, et amplifiée par des lentilles. Les combinaisons optiques décrites sont d'un type comprenant trois groupes de lentilles, tous convergents. Le premier
25 groupe, appelé groupe avant est caractérisé par une distance focale comprise entre 3F et 12F, où F est la focale de la combinaison concernée, le deuxième groupe, appelé groupe médian, a une focale comprise entre 1,6F et 2F et le troisième groupe, appelé groupe arrière, a une focale comprise entre 1F et 1,75F. Le troisième groupe est constitué d'un ménisque positif convexe vers l'avant dont la
30 face arrière peut avoir un rayon infini, c'est à dire être plane.

Les combinaisons réalisées ne permettent cependant pas d'obtenir un

nombre d'ouverture suffisamment faible, si bien que l'observateur doit positionner ses yeux dans une zone réduite de l'espace.

En outre, il est nécessaire de mettre au point une formule optique radicalement nouvelle, du fait qu'il n'est pas possible d'étendre indéfiniment le domaine d'efficience des formules existantes, par simple modification quantitative.
5 On arrive en effet en limite de fonctionnement, pour une combinaison optique donnée, dès qu'on atteint une taille limite de lentille.

La présente invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients.

10 Plus précisément, un premier objectif de la présente invention est de fournir une nouvelle formule optique bioculaire pouvant notamment être utilisée dans une voie de nuit pour évêque, pour assurer la transmission d'images depuis la sortie sur écran d'un tube intensificateur de lumière jusqu'aux yeux de l'utilisateur.

15 Un autre objectif de la présente invention est de fournir une telle formule optique pour bioculaire qui soit à la fois à large champ et grande ouverture.

Un objectif supplémentaire de la présente invention est de présenter un bioculaire d'encombrement réduit. De plus, le bioculaire doit pouvoir présenter un verre coudé ayant pour fonction de dévier les rayons verticaux provenant du tube intensificateur de lumière vers le verre d'oeil d'axe sensiblement horizontal.
20

Un objectif complémentaire de la présente invention est d'obtenir une formule optique correspondant à une position nominale des yeux de l'observateur à 100 mm du verre d'oeil environ. De cette façon, les pupilles sont éloignées du premier dioptré afin de permettre la présence d'un réflecteur escamotable permettant le renvoi de l'image de l'une des voies (la voie de jour, par exemple) lorsque cette voie est sélectionnée.
25

La présente invention a également pour objectif de fournir une formule optique pour bioculaire d'une voie de nuit respectant le cahier des charges suivant:

- champ en entrée supérieur ou égal à 45°;
- 30 - grossissement supérieur ou égal à 0,9;
- ouverture du bioculaire suffisamment importante, de l'ordre de 100 mm,

afin d'éviter l'impression de voir à travers une meurtrière (l'écartement standard des yeux pouvant par exemple être évalué de l'ordre de 64 mm);

5 - la focale doit être de l'ordre de 40 mm (pour un écran de 30 mm de diamètre), ce qui impose un nombre d'ouverture très faible pour respecter la valeur du diamètre de pupille d'entrée;

- le champ de recouvrement doit être de bonne qualité et étendu, au moins égal à 15°, dans le plan de visualisation de l'utilisateur. Pour que le cerveau de l'observateur puisse reconstituer l'image en vision bioculaire, il faut que l'image de chaque oeil soit à peu près identique. Le champ de recouvrement doit donc
10 couvrir un pourcentage important du champ dans la portion centrale de l'image;

- la présence d'un verre coudé doit permettre de dévier, à 90° par exemple, les rayons sortant du tube intensificateur vers les yeux de l'utilisateur. La présence d'un tel coude entraîne un encombrement supplémentaire et introduit des aberrations hors de l'axe;

15 Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints grâce à une formule optique pour bioculaire, du type constitué de deux groupes, un groupe avant et un groupe arrière, ledit groupe arrière étant constitué d'un doublet collé à face arrière plane comprenant une lentille convexe convergente collée à une lentille divergente, lesdites lentilles du doublet collé présentant des
20 dispersions différentes et complémentaires pour compenser le chromatisme, la focale dudit doublet étant comprise entre 0,85 F et 1,05 F, où F est la focale dudit bioculaire.

Cette configuration essentielle de l'invention permet de laisser passer les rayons dans le champ de recouvrement, sans introduction d'aberration sur l'axe.

25 Préférentiellement, la face convexe de ladite lentille convergente dudit doublet est positionnée sur l'axe optique de façon à être approximativement centrée dans le plan de formation de l'image, en l'occurrence sur l'écran.

Selon un mode de mise en oeuvre de l'invention, les indices dudit convergent convexe et dudit divergent sont compris entre 1,75 et 1,95 environ.

30 Selon un mode de mise en oeuvre avantageux de la présente invention, ledit groupe avant est constitué d'une partie avant et d'une partie arrière, ladite

partie avant étant constituée d'une lentille biconvexe convergente et d'un ménisque concave vers l'avant et ladite partie arrière est constituée d'une lentille biconvexe.

Préférentiellement, ladite lentille biconvexe convergente et ledit ménisque concave de ladite partie avant sont séparés par une lame d'air.

5 Selon un autre mode de mise en oeuvre, ladite lentille biconvexe convergente et ledit ménisque concave de ladite partie avant sont collés de façon à constituer un doublet.

Avantageusement, ladite lentille biconvexe de ladite partie arrière présente une face arrière plane.

10 Selon un autre mode de mise en oeuvre, ladite partie arrière est une lame de verre à faces planes et parallèles combinée à un ménisque convexe vers l'avant situé entre ladite partie avant et ladite lame de verre.

Préférentiellement, ladite partie arrière est coudée.

15 La présence d'un coude dans le système optique selon l'invention permet de dévier les rayons lumineux entrant dans le bioculaire, notamment dans le cas où ceux-ci arrivent verticalement dans le bioculaire et doivent être déviés pour se présenter horizontalement. Ce cas est typiquement celui rencontré dans un épiscopes, le pilote visualisant horizontalement les rayons lumineux sortant verticalement d'un tube intensificateur de lumière.

20 Avantageusement, le système optique selon l'invention est du type destiné à être appliqué à un tube intensificateur de voie de nuit d'un épiscopes, la liaison optique entre la sortie écran dudit tube intensificateur de lumière et ledit système étant assurée par une galette de fibre en sortie du tube intensificateur sur laquelle on colle ledit doublet arrière.

25 Le fait de coller le doublet évite la présence d'une lame d'air d'indice 1 qui provoquerait une réfraction totale des rayons d'incidence moyenne, et donc un champ de recouvrement plus restreint. Le collage permet donc d'augmenter artificiellement l'ouverture de la fibre.

30 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, les dispersions des focales desdits groupes avant et arrière sont respectivement compris entre 1,75F et 2,5 F et entre 0,85 F et 1,05 F environ.

Avantageusement, le système optique selon la présente invention s'applique à un épiscopes, notamment pour engin blindé.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de mise en oeuvre préférentiel de la présente invention, donné à titre illustratif et non limitatif, et des dessins annexés dans lesquels:

- la figure 1 est un schéma d'une coupe verticale d'un épiscopes comprenant une voie de jour et une voie de nuit utilisant un système optique selon la présente invention;

- la figure 2 est un schéma de chaîne optique pour voie de nuit d'un épiscopes;

- la figure 3 représente un premier mode de mise en oeuvre d'une formule optique selon la présente invention;

- la figure 4 représente un deuxième mode de mise en oeuvre d'une formule optique selon la présente invention, constituant une variante de la formule de la figure 3;

- la figure 5 représente une variante de la formule optique représentée à la figure 4;

- la figure 6 représente les focales d'astigmatisme de la formule optique 2 de la figure 4.

La figure 1 est un schéma d'une coupe verticale d'un épiscopes comprenant une voie de jour et une voie de nuit utilisant un système optique selon la présente invention.

Un épiscopes 1 traverse le blindage 2 d'un véhicule. L'épiscopes 1 comprend deux dispositifs épiscopiques indépendants 3 et 4 juxtaposés.

Les rayons lumineux reçus par la partie supérieure de l'épiscopes 1 sont dirigés soit vers le dispositif 3, appelé voie de nuit, soit vers le dispositif 4, appelé voie de jour, selon la position d'un réflecteur escamotable 5. Ce réflecteur peut notamment être un miroir ou un prisme triangulaire.

Lorsque les rayons lumineux sont d'intensité suffisante, le réflecteur escamotable 5 est rabattu de telle sorte que les rayons lumineux passent

directement dans la voie de jour 4.

Selon un mode de mise en oeuvre particulier, le premier dispositif 4 peut comprendre deux réflecteurs 6 et 7 réfléchissant les signaux lumineux entrant dans l'épiscope vers un observateur 8, typiquement un conducteur d'engin blindé.

5 Les signaux lumineux provenant de l'extérieur sont réfléchis par le réflecteur 6 vers le réflecteur 7 qui les envoie vers l'observateur 8.

Lorsque l'épiscope fonctionne en mode jour, c'est-à-dire lorsque les rayons sont admis dans le dispositif 4, l'épiscope est immobile en rotation. Il n'est pas nécessaire de pouvoir tourner la voie de jour en gisement puisque les engins
10 blindés connus comportent généralement deux épiscopos de jour latéraux.

Le passage de la voie de jour 4 à la voie de nuit 3 est effectué par basculement du réflecteur escamotable 5 au-dessus de la voie de nuit 3. Ainsi, les rayons lumineux admis dans l'épiscope sont dirigés vers le deuxième dispositif de traitement 3 et ne parviennent plus à la voie de jour 4.

15 La voie de nuit 3 est constituée, dans la configuration de la figure 1, d'un objectif 9, d'un tube intensificateur de lumière 10 et d'un bioculaire 11. Le bioculaire 11 permet d'obtenir une image visible par les deux yeux à la sortie du bioculaire 11. Il comporte une partie coudée 30 permettant de renvoyer les rayons lumineux selon un axe 31 sensiblement horizontal en direction des yeux de
20 l'observateur. La constitution du bioculaire est détaillée plus loin.

Les rayons lumineux provenant de l'extérieur sont déviés par le réflecteur escamotable 5 vers l'objectif 9, amplifiés électroniquement par l'intensificateur de lumière 10, pénètrent dans le bioculaire 11 et ressortent du bioculaire 11 pour être visualisés par l'observateur 8.

25 La voie de nuit 3 peut également être constituée de capteurs infrarouges, CCD ou autres ou de dispositifs de traitement d'un signal lumineux. Par exemple, le tube intensificateur 10 peut être remplacé par un capteur de caméra et un écran de visualisation suivi ou non d'une optique de reprise.

30 Lorsque l'épiscope 1 selon la présente invention est en position nuit, c'est-à-dire lorsque le réflecteur escamotable 5 est en position active (déviation des rayons lumineux vers la voie 3), l'observateur 8 peut commander le gisement de la

voie de nuit, c'est-à-dire sa rotation autour d'un axe vertical. Il est à noter qu'en cas de pivotement en gisement, l'objectif 9 et le tube intensificateur 10 restent avantagement immobiles, seuls le réflecteur escamotable 5 et le bioculaire 11 étant libres en rotation. Cela permet de réduire l'encombrement général de l'épiscopie.

La figure 2 est un schéma de chaîne optique pour voie de nuit 3 d'un épiscopie.

Les rayons lumineux entrent dans la chaîne optique de la voie de nuit 3 selon le sens 12 et passent à travers une pupille d'entrée 13 d'angle d'ouverture 2θ en direction de l'objectif 9 de focale f . L'objectif 9 de focale f forme une image du paysage sur la photocathode 14 du tube intensificateur 10 de diamètre ϕ . La focale f , le champ 2θ et le diamètre ϕ de la photocathode 14 vérifient la relation:

$$\phi = 2 f \operatorname{tg}\theta \quad (1)$$

Le tube intensificateur 10 comporte à sa sortie un écran 15 sur lequel se présente l'image dont la luminance a été amplifiée. Le diamètre de l'écran 15 est $2y$. Le bioculaire 11 de focale F forme une image de l'écran 15 du tube intensificateur 10 à une distance D d'une pupille de sortie 16. Cette image a pour taille $2y'$ et est observable dans le plan de la pupille de sortie 16 sous un angle $2\theta'$. La relation suivante est vérifiée:

$$y' = D \cdot \operatorname{tg}\theta' \quad (2)$$

Le grossissement G de la voie de nuit est défini par:

$$G = \operatorname{tg}\theta' / \operatorname{tg}\theta \quad (3)$$

Le bioculaire 11 est caractérisé par:

- son grandissement $g_y = y'/y \quad (4)$

- le diamètre de sa pupille de sortie ϕ_{ps}

- l'angle $2\theta'$ sous lequel est vue l'image

- sa focale F définie en bonne approximation pour $D \gg 1$ par

$$F \approx y / \operatorname{tg}\theta' \quad (5)$$

- son nombre d'ouverture égal à F/ϕ_{ps}

La valeur de y dépend du tube intensificateur 10 utilisé.

Une application particulière de l'invention consiste à utiliser un tube

intensificateur 10 dont le diamètre de photocathode vaut 20 mm et $2y$ vaut 30 mm (tube 20/30).

Le cahier des charges de la voie de nuit détermine les valeurs du grossissement G , du champ 2θ et du diamètre de la pupille ϕ_{ps} .

5 Un mode de mise en oeuvre préférentiel de la présente invention consiste à prendre les valeurs suivantes:

$$G = 0,9$$

$$\theta > 45^\circ$$

$$\phi_{ps} = 95 \text{ mm}$$

10 De plus, D est choisi proche de 2 m car le grossissement G est moins sensible aux variations de D pour un déplacement longitudinal des yeux de l'observateur 8:

$$\text{si } D \text{ est grand, } G = f \cdot \text{grossissement du tube} \cdot g_y / D$$

15 Le calcul du système optique précédent est réalisé à partir des relations données:

- à partir de G et θ , la relation (3) permet d'obtenir θ' ;
- la relation (2) permet d'obtenir y' à partir de D et θ' ;
- la relation (4) permet l'obtention de g_y à partir de y et y' ;
- la relation (5) donne F à partir de y et θ' .

20 De plus, la relation $N = F/\phi_{ps}$ (6) permet d'obtenir le nombre d'ouverture N à partir de la focale F du bioculaire 11 et du diamètre ϕ_{ps} de sa pupille.

Ces valeurs sont à comparer avec celles couramment utilisées dans le cas de voies de nuit pour épiscopos:

- $2y$ compris entre 40 et 46 mm;
- 25 - G compris entre 0,9 et 1;
- $\theta = 45^\circ$;
- $\phi_{ps} = 85 \text{ mm}$.

La relation (6) donne:

$$N = F/\phi_{ps} = y/\text{tg}\theta' \cdot \phi_{ps} = y/G \cdot \text{tg}\theta \cdot \phi_{ps}$$

30 Ainsi, d'après le cahier des charges, N est 20% plus faible que ce qui est couramment réalisé, d'où la difficulté de réunir les caractéristiques précédentes tout

en offrant une image d'excellente qualité.

En présence de distorsion, la relation (1) devient:

$$\phi_{ps} = 2 f \operatorname{tg}\theta (1 + X) \text{ où } X \text{ est le pourcentage de distorsion.}$$

Pour $X < 0$, avec ϕ_{ps} donné, le produit $f \operatorname{tg}\theta$ est plus élevé, ce qui permet
5 d'augmenter artificiellement le champ θ sans pour autant diminuer la focale. Il est
alors avantageux d'introduire une distorsion de signe opposé dans le bioculaire 11
pour ne pas obtenir une image finale trop déformée en sortie du bioculaire 11.

A titre indicatif, on obtient une distorsion globale (objectif + tube +
10 bioculaire) très faible, de l'ordre de 0,85%.

La figure 3 représente un premier mode de mise en oeuvre d'une formule
optique selon la présente invention.

La formule représentée, appelée formule 1, est constituée de deux groupes
de lentilles:

- un groupe avant constitué d'une partie avant et d'une partie arrière.

15 La partie avant se situe du côté de l'observateur 8 et est constituée d'une
lentille 20 biconvexe convergente et d'un ménisque 21 concave vers l'avant.
L'"avant" est défini comme étant le côté de l'observateur 8 et l'"arrière" le côté
d'admission des rayons lumineux. La lentille 20 biconvexe possède un rayon avant
20 R_1 et un rayon arrière R_2 , les rayons avant et arrière du ménisque 21 étant
respectivement R_3 et R_4 , centrés sur l'axe 26.

La partie arrière du groupe avant est constituée d'une lentille 22 épaisse
biconvexe. Les rayons avant et arrière de la lentille biconvexe 22 sont respective-
ment R_5 et R_6 .

- un groupe arrière composé d'un doublet 23,24 collé à face arrière plane.

25 Le rayon avant du groupe arrière est R_7 et le rayon médian, formant
séparation entre les deux éléments 23,24 du doublet, est R_8 .

Le tableau 1 précise les valeurs des épaisseurs suivant chaque rayon
représenté, les valeurs des différents rayons et le matériau qui suit chaque rayon
pour la formule 1.

30 Dans ce mode de réalisation, la lentille 20 biconvexe convergente est
séparée du ménisque 21 concave vers l'avant par une lame d'air.

Comme précisé dans le tableau, le rayon arrière R_6 peut également être

infini, c'est à dire que la face arrière de la lentille 22 peut être plane (en traits pleins sur la figure 3).

La figure 4 représente une variante de la formule 1 de la figure 2, correspondant à un mode de mise en oeuvre préférentiel de la présente invention, appelé formule 2.

La formule 2 consiste à coller la lentille 20 biconvexe convergente au ménisque 21 concave vers l'avant. On obtient ainsi un doublet collé biconvexe. Il est à noter que la face arrière du doublet collé biconvexe peut être plane. Le ménisque collé 21 peut avoir une face arrière plane, comme représenté en traits pointillés. La lentille 22 et le doublet 23,24 restent semblables à ceux de la figure 1, seules les dimensions des rayons et des épaisseurs étant modifiées.

Le tableau 2 précise les épaisseurs et les matériaux utilisés dans la formule 2, selon un mode de mise en oeuvre préférentiel de la présente invention.

Tableau 1

Surface	Epaisseur qui suit (mm)	Rayon (mm)	Matériau qui suit
20, R1	27,873	91,676	BK7
20, R2	,734	- 93,116	Air
21, R3	3,410	- 91,154	SF6
21, R4	,836	1581,437	Air
22, R5	57,927	74,086	SF6
22, R6	,294	∞	Air
23, R7	18,201	30,337	LaSFN30
23, 24, R8	16,274	- 53,147	SF57

Tableau 2

Surface	Epaisseur qui suit (mm)	Rayon (mm)	Matériau qui suit
20, R1	31,002	77,535	BK7
20, 21, R2	3,388	- 93,087	SF6
21, R3	,692	747,621	Air
22, R4	56,647	81,223	SF6
22, R5	,447	∞	Air
23, R6	17,641	29,104	LaSFN30
23, 24, R7	16,181	- 100,461	SF57

La figure 5 représente une variante de la formule 2 représentée à la figure 4.

La partie avant du groupe avant et le groupe arrière restent identiques à ceux représentés dans la formule 2 de la figure 4, seules les dimensions des lentilles étant différentes.

La variante consiste à utiliser un ménisque 51 convexe vers l'avant et une lame de verre 52 à faces planes et parallèles pour constituer la partie arrière 22 du groupe avant.

Les tableaux 3 et 4 suivants donnent des exemples de formules optiques correspondant à la géométrie de la figure 5, appelées respectivement formule 3 et formule 4.

Tableau 3

	Surface	Epaisseur qui suit (mm)	Rayon (mm)	Matériau qui suit
5	20, R1	31,474	81,226	BK7
	20, 21 R2	3,400	- 86,352	SF6
10	21, R3	,716	1147,70	Air
	22, R4	15,066	92,924	SF6
	22, R5	,689	- 709,581	Air
15	22, R6	42,430	∞	SF6
	22, R7	,464	∞	Air
20	23, R9	18,487	29,013	LaSFN30
	23, 24, R9	16,079	- 164,431	SF57

25

Tableau 4

	Surface	Epaisseur qui suit (mm)	Rayon (mm)	Matériau qui suit
30	20, R1	24,970	151,561	BK7
	20, 21, R2	3,394	- 77,005	SF6
	21, R3	,578	- 352,297	Air
35	22, R4	19,747	70,928	LaSF9
	22, R5	1,685	1192,327	Air
40	22, R6	42,456	∞	SF6
	22, R7	,493	∞	Air
	23, R8	18,571	30,910	LaSFN30
45	23, 24, R9	14,258	- 42,799	SF57

Le ménisque collé 21 peut avoir une face arrière plane, comme représenté en traits pointillés.

Il est à noter que les formules 1,2,3 et 4 ne constituent pas une liste exhaustive des possibilités de configuration d'un bioculaire selon la présente invention et que d'autres formules apparaîtront aisément à l'homme du métier sans sortir du cadre de l'invention.

Dans le cas d'une utilisation d'une formule selon l'invention dans une voie de nuit pour épiscopes, il est avantageux de disposer d'une lentille coudée parmi celles formant le bioculaire. Une telle lentille coudée a pour fonction de dévier les rayons lumineux sortant verticalement d'un tube intensificateur de lumière vers les yeux de l'utilisateur.

Un mode de mise en oeuvre avantageux de la présente invention consiste à couder la partie arrière du groupe avant du bioculaire. Ainsi, le groupe arrière est dans l'axe du tube intensificateur, la partie arrière du groupe avant dévie à 90° les rayons lumineux et les dirige vers la partie avant du groupe avant, c'est à dire en direction de l'utilisateur. Dans les figures 3 et 4 ce serait ainsi la lentille 22 qui serait coudée et dans la figure 5 la lame de verre 52.

La principale caractéristique de la présente invention est que le groupe arrière est constitué d'un doublet collé de deux matières d'indices de réfraction très élevés et à dispersions différentes et complémentaires pour compenser le chromatisme, par exemple d'un verre de type flint et d'un verre de type crown (la dispersion étant définie comme étant caractéristique de la variation d'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde).

La focale du doublet 23,24 est comprise entre $0,85F$ et $1,05F$, où F est la focale de la combinaison de lentilles de la formule optique.

Les indices de réfraction des deux lentilles du doublet sont compris entre 1,5 et 1,95 et préférentiellement entre 1,75 et 1,95.

Le doublet arrière a pour objectif de laisser passer les rayons dans le champ de recouvrement, sans introduire d'aberration sur l'axe.

Un mode de mise en oeuvre avantageux de la présente invention consiste ainsi à localiser la lentille convergente sur l'axe optique de façon à centrer sensiblement la face arrière convexe du convergent du doublet dans le plan de

l'image.

La lentille biconvexe 24 du doublet 23,24 présente avantageusement une face arrière plane, afin de pouvoir être aisément couplée avec une fibre.

5 Les rayons lumineux entrant dans le bioculaire peuvent notamment provenir d'un tube intensificateur de lumière placé sensiblement perpendiculairement à un axe passant par le bioculaire. Cette configuration de liaison entre un tube intensificateur et le bioculaire entraîne cependant un champ de recouvrement plus réduit, puisqu'elle ne permet pas de prendre en compte les rayons à incidence trop rasante. Cet inconvénient est en partie compensé par le collage de la fibre sur le doublet, notamment sur la lentille 24 biconvexe du doublet, ce qui 10 augmente artificiellement l'ouverture de la fibre. En effet, la présence d'une lame d'air d'indice de réfraction 1 entre la fibre et le doublet entraînerait une réfraction totale des rayons d'incidence moyenne et donc une fermeture du champ de recouvrement. Selon ce mode de réalisation, la fibre, pouvant notamment être une 15 fibre grandisseuse, est également couplée au tube intensificateur par collage.

Comme précédemment décrit, dans un épiscopes, la voie de nuit est généralement libre en rotation et seuls le réflecteur pivotable 5 et le bioculaire 11 sont mobiles en rotation autour d'un axe vertical. Dans ce cas, le groupe arrière (23,24) est fixe et le groupe avant (20,21,22) est libre en rotation autour de l'axe 20 passant par le tube intensificateur.

Il est à noter qu'il est également possible d'interposer une simple glace à la place de la galette de fibres entre le tube intensificateur et le bioculaire selon la présente invention.

25 Le tableau 5 suivant donne les valeurs et dispersions des focales de chacune des lentilles 20 à 24, pour les quatre exemples de formules représentés.

Tableau 5

	Formule 1	Formule 2	Formule 3	Formule 4	Dispersion	
5	20	2,34 F	2,17 F	2,16 F	2,55 F	2,16 F / 2,55 F
	21	- 2,63 F	- 2,53 F	- 2,46 F	- 3,03 F	- 2,46 F / - 3,03 F
	22	2,27 F	2,49 F	2,54 F	2,17 F	2,17 F / 2,54 F
10	23	0,66 F	0,74 F	0,80 F	0,62 F	0,62 F / 0,80 F
	24	- 1,54 F	- 2,92 F	- 4,79 F	- 1,24 F	- 4,79 F / - 1,24 F

15 Le tableau 6 suivant donne les valeurs et dispersions des focales de chacun des groupes avant et arrière suivant la formule retenue.

Tableau 6

	Formule 1	Formule 2	Formule 3	Formule 4	Dispersion	
20	Groupe avant	2,09 F	2,16 F	2,23 F	1,94 F	1,94 F / 2,23 F
25	Groupe arrière	0,96 F	0,91 F	0,9 F	0,99 F	0,9 F / 0,99 F

Il est à noter que, dans les tableaux 5 et 6, les dispersions de chaque lentille correspondent respectivement aux valeurs des focales de ces lentilles dans les formules 3 et 4.

30 Le tableau 7 suivant donne les plages de variation des indices de réfraction et des constringences de chacune des lentilles 20 à 24 pour la bande spectrale du phosphore P₂₀. Le phosphore P₂₀ est utilisé sur les écrans de sortie de certains tubes intensificateurs.

Tableau 7

Lentille	20	21	22	23	24	
Indice	1,48 à 1,75	1,75 à 1,85	1,75 à 1,95	1,75 à 1,95	1,75 à 1,95	
40	Constringence	40 à 70	20 à 30	20 à 50	30 à 50	20 à 30

Les valeurs suivantes ont été utilisées pour les quatre formules précédentes:

$$- \phi_{ps} \geq 96 \text{ mm}$$

$$- F \approx 40 \text{ mm}$$

5 pour une ouverture à F/0,42.

De la distorsion en croissant a été volontairement introduite dans les formules précédentes pour compenser celle de l'objectif de la voie de nuit et le champ bioculaire est supérieur ou égal à $41,5^\circ$ (pour D sensiblement égale à 2 m).

10 Un des principaux objectifs de la présente invention est de corriger les aberrations du système, notamment l'astigmatisme et la courbure. La courbure est définie comme étant la moyenne des deux courbes d'astigmatisme sagittal et tangentiel. L'astigmatisme apparaît lorsque la distance de focalisation est différente pour les directions horizontale (sagittale) ou verticale (tangentielle).

15 L'astigmatisme est généralement contrôlé à l'aide d'une mire constituée d'un maillage de barres verticales ou horizontales.

La figure 6 représente les focales d'astigmatisme de la formule 2 pour un écart interpupillaire de 64 mm.

Le repère représenté comporte en abscisse la distance de focalisation en dioptrie de la formule étudiée et en ordonnée la hauteur du point objet considéré.

20 La courbe 60 correspond à la focale d'astigmatisme sagittal et la courbe 61 à la courbe d'astigmatisme tangentiel. L'intervalle 63 correspond à la zone de vision bioculaire (zone de champ vue simultanément par les deux yeux ou champ de recouvrement).

25 Sur cette portion du champ, l'astigmatisme est très inférieur à 0,5 dioptrie, ce qui permet à l'observateur de fusionner sans problème les images vues par chacun des deux yeux.

30 L'image présente pas ou très peu de courbure de sorte qu'elle est vue dans un plan. Néanmoins, il est possible de développer des variantes avec davantage de courbure de manière à donner au système le degré de liberté nécessaire pour réduire l'astigmatisme en bord de champ.

La focale d'un système optique selon la présente invention est très faible et de l'ordre de 40 mm.

La répartition de puissance est la suivante pour chacun des groupes:

- groupe avant: 1,75 F / 2,5 F avec partie avant: 6 F / 13 F
partie arrière: 2 F / 3,5 F
- groupe arrière: 0,85 F / 1,05 F

5 La présente invention est notamment destinée à être utilisée dans des voies de nuit d'épisopes pour engins blindés, mais cette application n'est pas limitative, le système optique selon l'invention pouvant également être utilisé dans d'autres domaines où il est fait appel à des bioculaires pour permettre une observation.

REVENDEICATIONS

1. Système optique pour bioculaire, du type constitué de deux groupes, un groupe avant (20,21,22) et un groupe arrière (23,24), caractérisé en ce que ledit groupe arrière (23,24) est constitué d'un doublet (23,24) collé à face arrière
5 plane comprenant une lentille convexe convergente collée à une lentille divergente, lesdites lentilles dudit doublet (23,24) collé présentant des dispersions différentes et complémentaires pour compenser le chromatisme, la focale dudit doublet (23,24) étant comprise entre $0,85 F$ et $1,05 F$, où F est la focale dudit
10 bioculaire.

2. Système optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la face convexe de la lentille convergente dudit doublet est positionnée sur l'axe optique (26) de façon à être approximativement centrée dans le plan de formation de
15 l'image.

3. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les indices dudit convergent convexe et dudit divergent sont compris entre 1,75 et 1,95 environ.

20 4. Système optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit groupe avant est constitué d'une partie avant (20,21) et d'une partie arrière (22), ladite partie avant (20,21) étant constituée d'une lentille (20) biconvexe convergente et d'un ménisque (21) concave vers l'avant et en ce
25 que ladite partie arrière (22) est constituée d'une lentille biconvexe (22).

5. Système optique selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite lentille (20) biconvexe convergente

et ledit ménisque (21) concave de ladite partie avant sont séparés par une lame d'air.

5 6. Système optique selon la revendication 4 caractérisé en ce que ladite lentille (20) biconvexe convergente et ledit ménisque (21) concave de ladite partie avant sont collés de façon à constituer un doublet.

10 7. Système optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit groupe avant est constitué d'une partie avant (20,21) et d'une partie arrière (22), ladite partie avant (20,21) étant constituée d'une lentille (20) biconvexe convergente et d'un ménisque (21) concave vers l'avant et en ce que ladite partie arrière (22) est constituée par une lentille plan-convexe (22) dont la face arrière est plane.

15 8. Système optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit groupe avant est constitué d'une partie avant (20,21) et d'une partie arrière (22), ladite partie avant (20,21) étant constituée d'une lentille (20) biconvexe convergente et d'un ménisque (21) concave vers l'avant et en ce que ladite partie arrière (22) est constituée par une lame de
20 verre à faces planes et parallèles (52) combinée à un ménisque (51) convexe vers l'avant situé entre ladite partie avant (20,21) et ladite lame de verre (52).

25 9. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite partie arrière (22) est coudée.

30 10. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 du type destiné à être appliqué à un tube intensificateur (10) de voie de nuit d'un épiscopes caractérisé, en ce que la liaison optique entre la sortie écran (15) dudit tube intensificateur de lumière et ledit système est assurée par

une galette de fibre collée sur ledit doublet (23,24) et sur l'écran dudit tube intensificateur (10).

5 11. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que les dispersions des focales desdits groupes avant (20,21,22) et arrière (23,24) sont respectivement compris entre 1,75 F et 2,5 F et entre 0,85 F et 1,05 F environ.

12. Episcopes équipé d'un système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

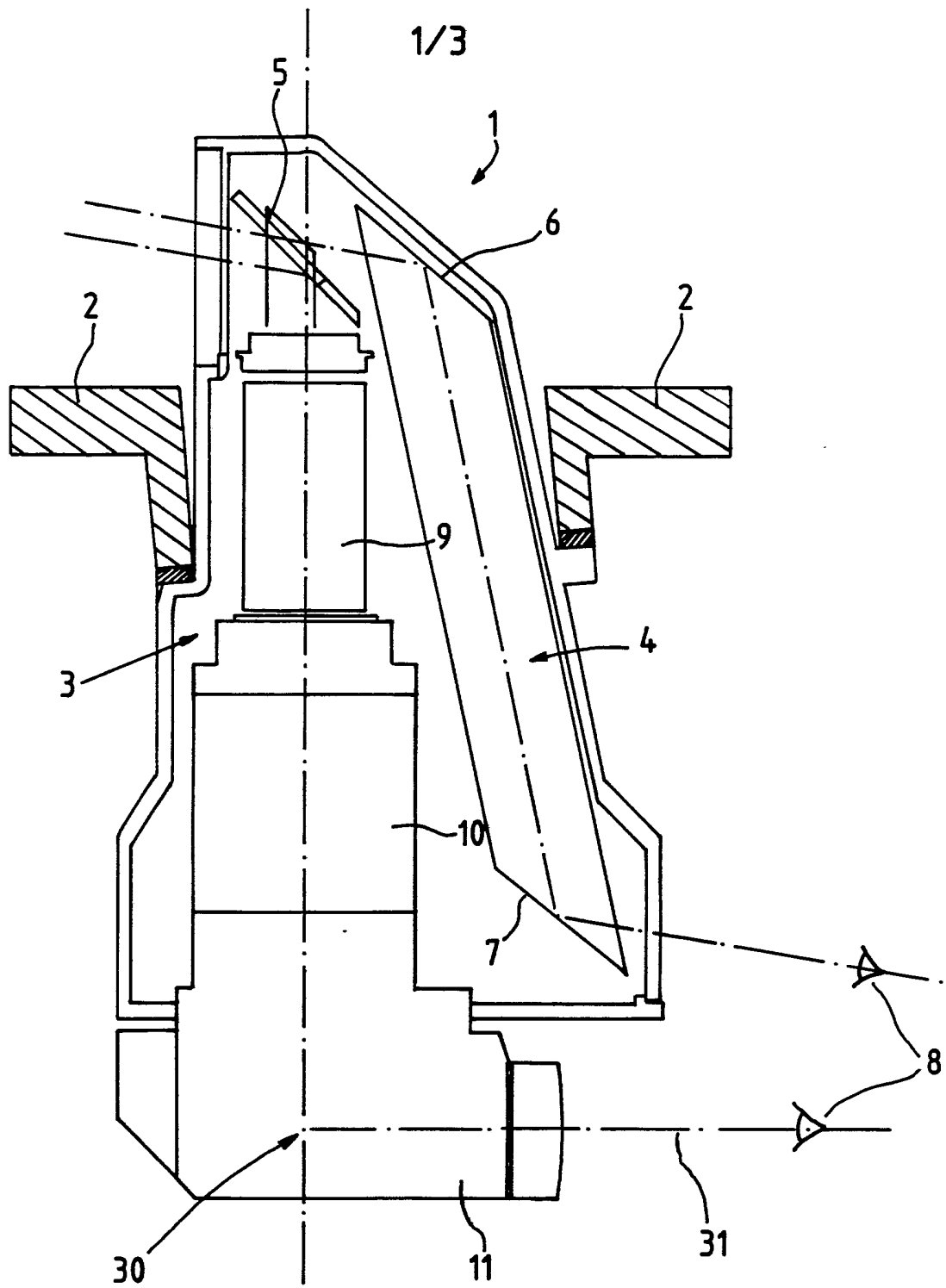


Fig. 1

2/3

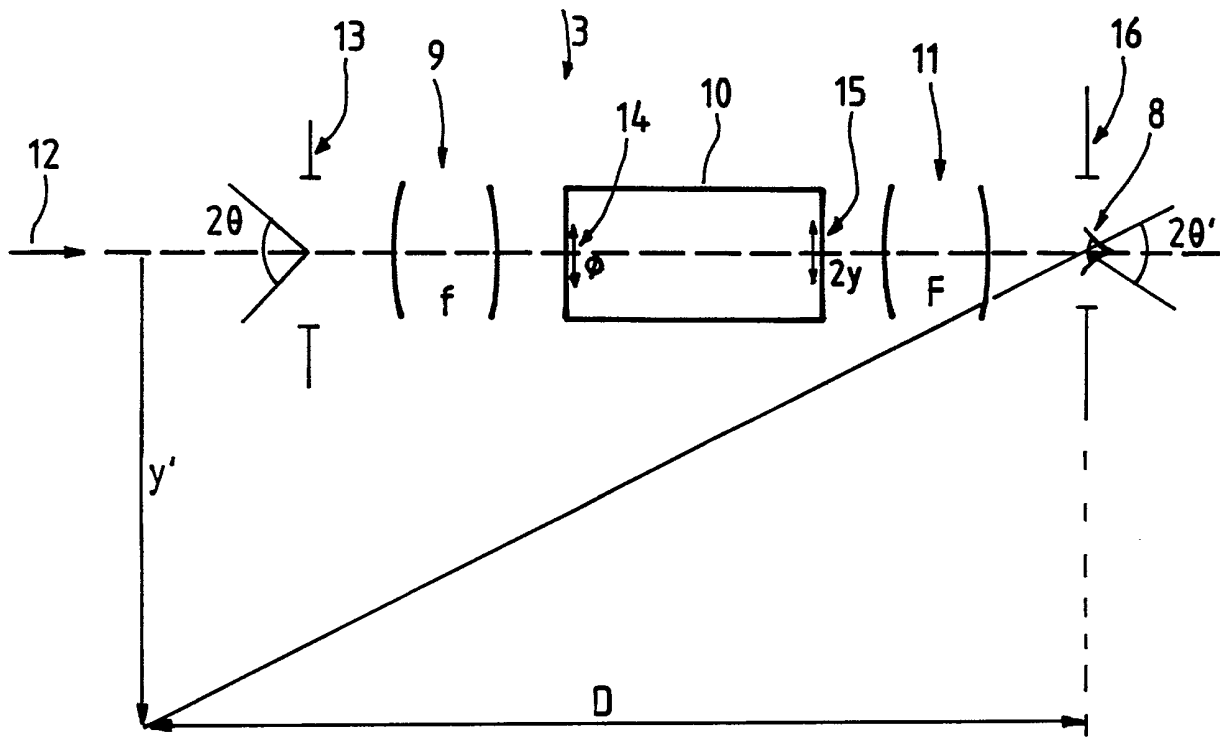


Fig. 2

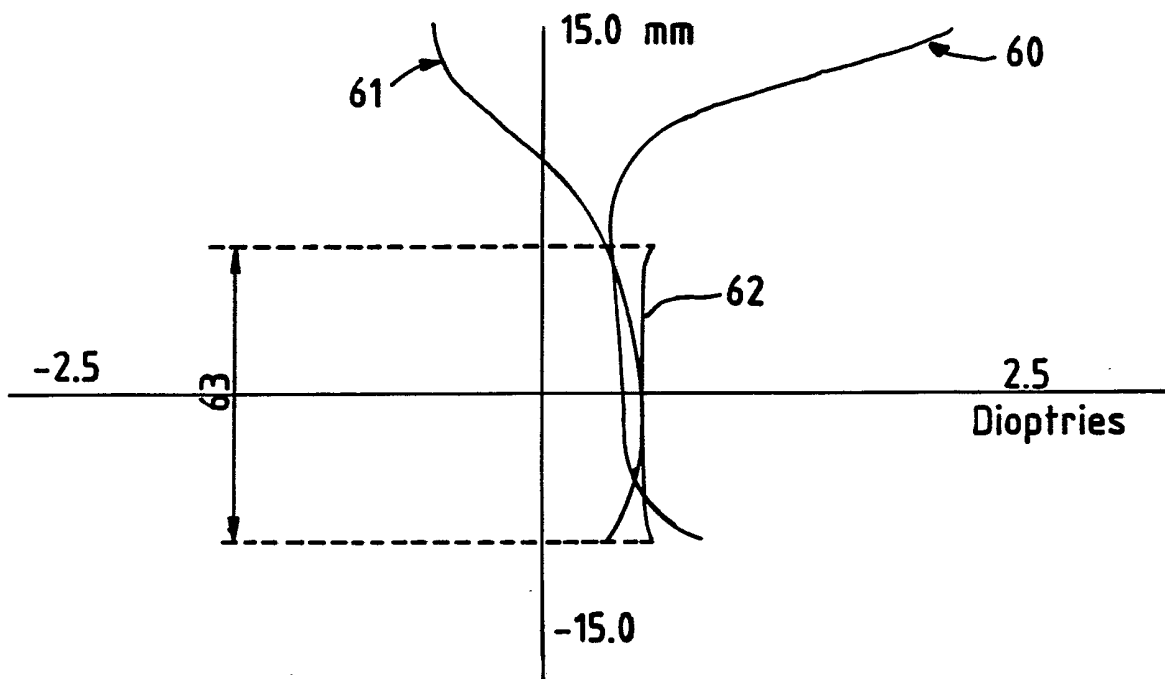
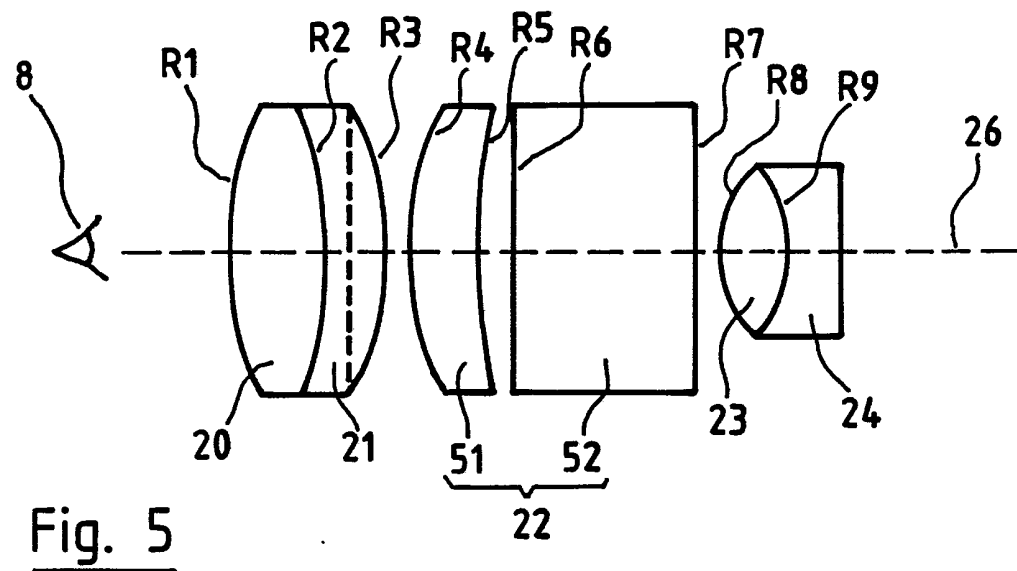
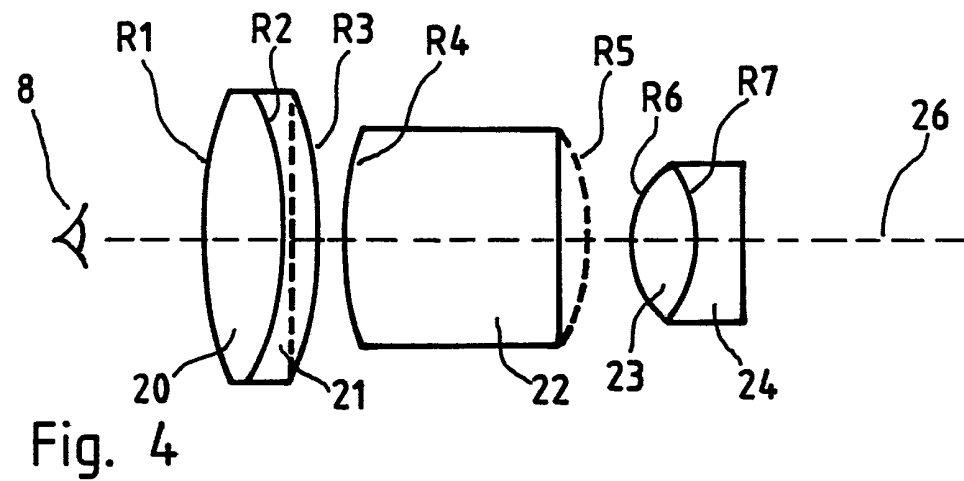
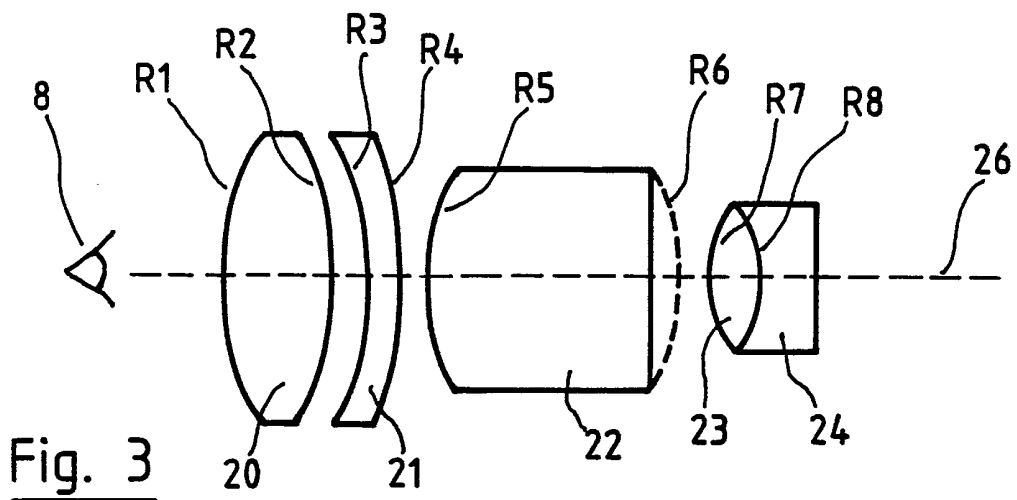


Fig. 6



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9010325
FA 450758

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US-A-4 792 214 (WICKHOLM et al.) * Colonne 1, lignes 5-10,50-68; colonne 2, lignes 1-19,47-66; figure 1 *	1,4
A	---	6
D,Y	US-A-3 922 072 (ROGERS) * Colonne 1; colonne 2, lignes 1-11; colonne 3, lignes 18-45,57-68; colonne 4, lignes 1-17,48-60; colonne 6, lignes 1-42; figures 1-6 *	1,4
D,A	---	3,5,7,8 -11
A	DE-A-3 221 184 (OLYMPUS) * Abrégé; page 8, alinéa 2; page 9, alinéas 1,5; page 10, alinéa 1; figures 1,2 *	1,9
A	US-A-4 076 978 (BRENNAN) * Résumé; colonne 2, lignes 24-51; figures 1-9 *	1,10
A	EP-A-0 124 682 (TEXAS INSTRUMENTS) * Page 4, lignes 2-35; page 5, lignes 1-6; figure 1 *	1,4,6,9 ,10,12
A	EP-A-0 192 309 (PHILIPS) * Page 4, lignes 23-35; page 5, lignes 1-15; figure 1 *	1,4,7,9 ,10,12
A	US-A-3 768 890 (OSAWA) * Colonne 2, lignes 19-23,39-64; colonne 4, lignes 12-35; figures 1A-1C *	1-4,6,7

Date d'achèvement de la recherche		Examineur
09-04-1991		WARD S.M.
<p style="text-align: center;">CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)

G 02 B