

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 18905

(54) Télescopes afocaux à réfraction et à deux grossissements.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 02 B 23/00, 13/14, 13/18, 15/08.

(22) Date de dépôt..... 7 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Grande-Bretagne, 8 octobre 1980, n° 80.32396.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 14 du 9-4-1982.

(71) Déposant : Société dite : BARR & STROUD LTD., résidant en Grande-Bretagne.

(72) Invention de : Iain Alexander Neil.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Albert Nogues, conseil en brevets,
8, rue Jean-Goujon, 75008 Paris.

La présente invention concerne des télescopes afocaux à réfraction et à deux grossissements.

L'apparition de systèmes infrarouges d'observation vers l'avant à grand rendement a conduit à une
5 demande concernant des télescopes afocaux à grand rendement convenant pour une utilisation avec un tel système. Pour de nombreuses applications d'un système infrarouge d'observation vers l'avant à grand rendement, il existe
10 une condition selon laquelle on doit avoir deux champs de vision dans l'espace-objet (ce qui est le cas d'un télescope à deux grossissements). On a proposé antérieurement différentes formes de télescopes de ce type, mais la compacité (c'est-à-dire une faible longueur totale) requise dans la pratique a imposé une condition relative
15 à de faibles aberrations pupillaires. Cette condition s'est avérée difficile à satisfaire sans qu'il en résulte une complexité optique et mécanique considérable dans un système à réfraction. On a conçu des systèmes de télescopes catadioptriques ayant le degré de compacité requis,
20 mais ces systèmes ont tendance à être complexes avec, en outre, l'inconvénient de présenter un obscurcissement central désavantageux.

Suivant la présente invention, on prévoit un télescope afocal à réfraction et à deux grossissements
25 comprenant un système de téléobjectif achromatique à foyer fixe constitué d'un objectif primaire et d'un objectif secondaire, un système collimateur à foyer fixe constitué d'une seule lentille alignée sur un axe optique commun, ainsi que deux systèmes de lentilles à foyer fixe
30 différents à fort et à faible grossissement qui peuvent être alignés alternativement sur l'axe optique précité entre l'objectif secondaire et le système collimateur, tout en étant conçus respectivement pour donner une image interne réelle, le système à fort grossissement étant
35 formé de deux lentilles, tandis que le système à faible grossissement est formé de trois lentilles; chacune des

huit lentilles du télescope est constituée d'une matière ayant une bande passante spectrale utile dans la région des longueurs d'onde des radiations infrarouges, tandis qu'elle comporte des surfaces de réfraction interceptant l'axe optique, au moins une surface de réfraction de l'objectif primaire étant asphérique et chacune des surfaces de réfraction des autres lentilles du télescope étant pratiquement sphérique, la ou les surface(s) asphérique(s) ne possédant qu'un faible degré d'asphéricité; l'objectif secondaire est doté d'une puissance négative et a un indice de réfraction égal ou inférieur à celui de l'objectif primaire qui est doté d'une puissance positive tandis que, pour le mode à fort grossissement, le télescope a, dans l'espace compris entre les objectifs primaire et secondaire, une distance focale interne inférieure à 1,5.

Etant donné que le télescope de la présente invention est du type à réfraction, il n'y a aucun obscurcissement dans chacun des deux champs de vision; le système est optiquement et mécaniquement simple du fait qu'il ne comporte que huit lentilles dont cinq sont utilisées dans le mode à fort grossissement et six, dans le mode à faible grossissement, sans compter que les systèmes de lentilles à fort et à faible grossissement sont aisément couplés et rendus interchangeables en utilisant un seul mécanisme rotatif; en outre, les lentilles sont d'une fabrication aisée, étant donné qu'à l'exception d'une seule, toutes les lentilles ont des surfaces de réfraction pratiquement sphériques, la ou les surfaces non sphériques ayant un profil asphérique qui ne s'écarte que légèrement d'un profil sphérique.

Le système d'objectifs peut être rendu exempt de chromatisme en donnant à l'objectif secondaire, un pouvoir dispersif (ou valeur V) inférieur à celui de l'objectif primaire, tandis que le télescope peut être rendu extrêmement compact avec un rendement proche de la limite

de diffraction dans une large gamme de grossissements doubles en donnant, à l'objectif secondaire, un indice de réfraction inférieur à celui de l'objectif primaire.

La lentille d'achromatisme du système d'objec-
5 tifs peut être un verre de chalcogénure tel que celui
vendu par la "Barr & Stroud Limited" sous la dénomination
"Verre de Chalcogénure de type 1", tandis que chacune des
sept autres lentilles peut être constituée de germanium,
toutes ces matières ayant une bande passante spectrale
10 utile se situant dans la région des longueurs d'onde de
3-13 microns des radiations infrarouges. En variante, la
lentille d'achromatisme peut être constituée de n'importe
quelle autre matière optique présentant des caractéristi-
ques physiques appropriées. Le tableau VI indique certai-
15 nes des matières optiques les mieux appropriées.

La lentille d'achromatisme peut être montée dans
une position fixe par rapport aux autres lentilles, mais
elle est avantageusement montée de façon à pouvoir se
déplacer le long de l'axe optique, permettant ainsi de
20 compenser, dans le télescope, les changements survenant
dans la température ambiante et qui donnent lieu à des
décalages de position des deux images réelles formées
alternativement dans le télescope. De même, ce mouvement
de la lentille d'achromatisme peut être utilisé pour faire
25 varier les deux foyers du télescope (sans se départir de
la nature dite "afocale" de ce dernier), en admettant que
les deux images réelles formées dans le télescope ne
soient pas de bonne qualité. On recourt avantageusement à
cette méthode lorsque la lentille d'achromatisme a une
30 faible puissance optique, étant donné que l'on observe
des changements de grossissement minimes lorsque cette
lentille est mobile.

En variante ou en outre, on peut conférer, au
télescope, l'aptitude à compenser les changements surve-
nant dans la température ambiante en utilisant, pour la
35 construction de la monture des systèmes de lentilles,

des matières dont au moins deux ont des coefficients de dilatation thermique différents (c'est-à-dire une athermanéité mécanique passive). La lentille d'achromatisme peut être mobile le long de l'axe optique ou elle peut être
5 montée, par rapport aux autres lentilles, dans une position fixe qui confère, au télescope, deux foyers fixes, spécifiquement les foyers hyperfocaux.

Etant donné que le système de lentilles à fort grossissement et le système de lentilles à faible grossissement ne peuvent être alignés simultanément sur l'axe
10 optique, ils doivent être conçus de telle manière qu'ils puissent être alignés alternativement sur cet axe. Bien qu'il existe plusieurs méthodes pour réaliser cet objet, la plus simple consiste probablement à utiliser un mécanisme du type à carrousel dans lequel les systèmes de len-
15 tilles à fort et à faible grossissement sont alignés à 90° l'un par rapport à l'autre sur une seule tourelle que l'on peut faire tourner de 90° autour d'un point fixe de telle manière que le système de lentilles à fort grossissement soit aligné avec l'axe optique commun tandis que
20 le système de lentilles à faible grossissement occupe une position d'attente en réglant ainsi le télescope dans le mode à fort grossissement, ou vice versa.

On décrira à présent une forme de réalisation de la présente invention à titre d'exemple, en se référant
25 aux dessins schématiques annexés et aux tableaux ci-après.

Comme le montre la figure 1, un télescope 20 est constitué d'un système d'objectif 21, d'un système collimateur 22, d'un système de lentilles à fort grossissement 23 et d'un système de lentilles à faible grossissement 24 alignés sur un axe optique commun 19, les systèmes de lentilles à fort et à faible grossissement 23 et
30 24 étant conçus de telle manière qu'ils ne soient pas alignés simultanément sur l'axe optique commun 19. Le télescope 20 est du type afocal à réfraction et, lorsque
35 le système à fort grossissement 23 est aligné sur l'axe

optique commun 19, ce télescope forme intérieurement une image réelle 25 tandis que, lorsque le système à faible grossissement 24 est aligné sur l'axe optique commun 19, le télescope forme intérieurement une image réelle 26, ces deux images étant formées au départ des radiations pénétrant dans le télescope par l'espace-objet 17. Le système d'objectifs 21 est un téléobjectif constitué d'une lentille primaire H et d'une lentille secondaire G, celle-ci étant à puissance négative (c'est-à-dire divergente) et achromatique, tandis que la première est à puissance positive (c'est-à-dire convergente). La lentille G comporte des surfaces de réfraction 13, 14, tandis que la lentille H comporte des surfaces de réfraction 15, 16. Le système collimateur 22 est constitué d'une seule lentille A à puissance positive comportant des surfaces de réfraction 1, 2. Le système à fort grossissement 23 est constitué de deux lentilles à puissance positive B, C comportant des surfaces de réfraction 3,4 et 5,6 respectivement. Le système à faible grossissement 24 est constitué de trois lentilles D, E, F, les lentilles D et F étant à puissance positive avec des surfaces de réfraction 7,8 et 11,12 respectivement, tandis que la lentille E est à puissance négative avec des surfaces de réfraction 9, 10. La lentille A forme un système à foyer fixe, les lentilles B et C forment ensemble un deuxième système à foyer fixe, les lentilles D, E et F forment ensemble un troisième système à foyer fixe, tandis que les lentilles G et H forment ensemble un quatrième système à foyer fixe, si bien que le système d'objectifs 21 reçoit des faisceaux de rayons provenant de deux pupilles d'entrée différentes formées dans l'espace-objet 17, après quoi ^{ou bien} le système à fort grossissement 23 capte les radiations provenant de l'image réelle inversée 25 et dirige un faisceau de rayons de sortie vers le système collimateur 22, ou le système à faible grossissement 24 capte les radiations provenant du système d'objectif 21, forme intérieurement une image

réelle inversée 26 et dirige un faisceau de rayons de sortie vers le système collimateur 22; les deux faisceaux de rayons de sortie sont alors captés par le système collimateur 22 qui émet deux faisceaux de rayons parallèles formant une pupille de sortie $\emptyset$ dans l'espace-image 18, ces deux faisceaux de rayons étant identiques, à l'exception de légères différences d'aberrations optiques. La puissance optique et l'écartement des diverses lentilles A, B, C, D, E, F, G, H sont étudiés de telle sorte que, dans le mode à fort grossissement, l'image 25 soit située entre les surfaces de réfraction 5 et 13 tandis que, dans le mode à faible grossissement, l'image 26 est située entre les surfaces de réfraction 8 et 9.

Les surfaces de réfraction 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 et 16 sont chacune pratiquement sphériques c'est-à-dire que, si elles ne sont pas réellement sphériques, elles le sont dans l'acception technique du terme, alors que la surface 15 qui a un profil asphérique, est non sphérique.

Le télescope 20 est conçu pour être utilisé dans la région des longueurs d'onde des radiations infrarouges (c'est-à-dire de 3 à 13 microns) et, par conséquent, les indices de réfraction des lentilles sont relativement élevés; toutefois, afin d'assurer un rendement optique suffisamment élevé, la lentille G est achromatique, elle est dotée d'une puissance négative et elle a un indice de réfraction inférieur à celui de la lentille H. A cet effet, pour l'intervalle de 8-13 microns, les lentilles A, B, C, D, E, F et H sont réalisées en germanium dont l'indice de réfraction est de 4,00322, tandis que la lentille G est réalisée en verre de chalcogénure de type 1 de la "Barr & Stroud Limited", l'indice de réfraction de ce verre étant de 2,49158, mesuré à une longueur d'onde de 10 microns et à une température de 20°C. Dans ce cas, la lentille G a un pouvoir dispersif (ou valeur V) de 152, la valeur V étant définie par le rapport entre

l'indice de réfraction à 10,0 microns moins 1 et l'indice de réfraction à 8,5 microns moins l'indice de réfraction à 11,5 microns. Ces matières qui se prêtent à l'application d'un revêtement anti-réfléchissant, confèrent au
5 télescope, lorsqu'elles sont pourvues d'un tel revêtement, un coefficient de transmission des radiations incidentes d'au moins 65% dans l'intervalle de 8,5 à 11,5 microns et ce, dans les deux modes de grossissement.

De préférence, la lentille G est mobile le long
10 de l'axe optique 19, alors que les autres lentilles A, B, C, D, E, F et H sont fixes, permettant ainsi de conférer, au télescope, l'aptitude à compenser les mouvements engendrés dans les positions des deux images 25 et 26 par des changements de température ambiante se situant spécifiquement dans l'intervalle de -10°C à +50°C. De plus,
15 pour des positions fixes des images 25 et 26, le télescope peut être mis au point sur des objets distants, spécifiquement dans les portées de 50 mètres à l'infini pour le mode à fort grossissement et de 10 mètres à l'infini pour le mode à faible grossissement.
20

A titre de variante, la lentille G, ainsi que les autres lentilles A, B, C, D, E, F et H peuvent être montées dans une position fixe. En réalisant judicieusement la monture périphérique qui supporte les lentilles
25 E, F et H moyennant l'utilisation d'une ou de plusieurs matières à coefficient de dilatation thermique élevé telles qu'un polyéthylène à poids moléculaire très élevé, et en réalisant le reste de la monture du télescope moyennant l'utilisation d'une ou de plusieurs matières
30 à coefficient de dilatation thermique relativement faible telles que l'aluminium (coefficient de dilatation thermique de l'aluminium $\approx 23 \times 10^{-6}$, polyéthylène à poids moléculaire très élevé $\approx 125-225 \times 10^{-6}$), il est possible de compenser, dans le télescope, des variations
35 de température ambiante allant de -40°C à +70°C, tout en maintenant des foyers constants et un bon rendement

optique. Bien qu'une telle forme de réalisation permette uniquement d'obtenir un télescope à deux foyers fixes, elle évite de devoir assurer une quelconque mobilité de la lentille G et, par conséquent, elle supprime les éléments mécaniques actifs requis pour déplacer cette lentille G.

Comme le montre la figure 2, le système de lentilles à fort grossissement 23 et le système de lentilles à faible grossissement 24 peuvent être alignés alternativement sur l'axe optique commun 19 en utilisant un mécanisme du type à carrousel qui permet de faire tourner les systèmes de lentilles 23 et 24 autour du point X. Etant donné que le télescope de la présente invention est extrêmement compact avec, pour le mode à fort grossissement, une distance focale interne de moins de 1,5 dans l'espace compris entre les lentilles G et H et, étant donné également que le champ de vision dans l'espace-image 18 mesure $38,1^\circ$ (dimension horizontale) x $26,5^\circ$ (dimension verticale) et $46,4^\circ$ (diagonale), on fait tourner le plus aisément les systèmes à fort et à faible grossissement 23 et 24 dans le plan vertical, ce qui offre l'avantage de réduire l'angle de champ maximum des faisceaux de rayons et les ouvertures dégagées des lentilles B, C, D, E, F avec, pour résultat, moins de difficultés en ce qui concerne les contraintes d'espace. La figure 1 illustre la forme de réalisation à champ de vision de $46,4^\circ$, tandis que la figure 2 illustre la forme de réalisation à champ de vision de $26,5^\circ$ dans l'espace-image.

Un exemple du télescope 20 est détaillé dans les tableaux I et II ci-après qui indiquent le rayon de courbure de chaque surface de réfraction conjointement avec le diamètre d'ouverture de chaque surface et de la pupille $\emptyset$ dont la position est utilisée comme point de repère à partir duquel est défini l'écartement des surfaces de réfraction successives, de même que la nature de la matière applicable à cette distance d'écartement.

C'est ainsi que, par exemple, la surface 11 a un rayon de courbure de -38,10 millimètres, le signe - indiquant que le centre de courbure est situé sur le côté de droite de la surface 11; cette surface est séparée de la surface précédente 10 par un espace libre de 10,32 millimètres dans le sens de la pupille $\emptyset$; elle a un diamètre d'ouverture de 59,36 mm et elle est séparée de la surface suivante 12 d'une distance de 6,87 millimètres qui représente l'épaisseur d'une couche de germanium. Le tableau I illustre les détails du télescope 20 lorsqu'il est utilisé dans le mode à fort grossissement, tandis que le tableau II illustre les détails de ce télescope lorsqu'il est utilisé dans le mode à faible grossissement. On comprendra que la somme de tous les écartements indiqués au tableau I équivaut à la somme de tous les écartements indiqués au tableau II. Les coordonnées du point de rotation X sont 67,7 millimètres de la pupille d'entrée $\emptyset$ le long de l'axe optique 19 (vers la gauche) et 3,6 millimètres perpendiculairement à cet axe (vers le bas).

Le profil asphérique de la surface de réfraction 15 est illustré en figure 3 dans laquelle les écartements, parallèlement à l'axe optique, entre le profil asphérique et la sphère à ajustage optimum, d'une part, la surface sphérique de repère 15', d'autre part, sont cadrés d'un facteur de 2000; le profil asphérique est déterminé par l'équation suivante:

$$Z.C = 1 - \sqrt{1 - C(C.H^2 + B.H^4 + G.H^6 + \dots)}$$

où

- Z = distance le long de l'axe optique
 C = 1/R; R = rayon de courbure de la surface 15'
 (= -193,98 mm)
 H = distance radiale perpendiculaire à l'axe optique
 (valeur maximum = 68,954 mm)
 B = coefficient asphérique de premier ordre
 (= -2,07 x 10⁻⁹)

G = coefficient asphérique de deuxième ordre
(= $+2,93 \times 10^{-13}$)

....= termes d'ordre supérieur (=0,0)

la sphère à ajustage optimum étant la surface sphérique
5 de laquelle le profil asphérique ne s'écarte que légèrement.
Le tableau V indique les valeurs calculées des écartements
entre le profil asphérique et la sphère à ajustage optimum
pour différentes hauteurs d'ouvertures, ainsi que le rayon
10 de courbure de la sphère à ajustage optimum. On remarquera
que le degré d'asphéricité est faible.

Ce télescope donne un fort grossissement de 9,0 fois et un
faible grossissement de 2,5 fois et, lorsqu'il est utilisé
dans le mode à fort grossissement, il a une distance focale
15 interne de 0,89 dans l'espace vide compris entre les
lentilles G et H. L'achromatisme est maintenu dans
l'intervalle de 8,5 à 11,5 microns et, grâce à la lentille
mobile G, on dispose d'une portée de mise au point de 50
mètres à l'infini dans le mode à fort grossissement et de
20 10 mètres à l'infini, dans le mode à faible grossissement,
cependant que la compensation thermique est assurée dans
les deux modes de grossissement dans l'intervalle de
-10°C à +50°C avec une dégradation minime du rendement
d'ensemble. Pour des applications pratiques, si la
25 dégradation du rendement est acceptable, la portée de
mise au point dans le mode à fort grossissement et dans
le mode à faible grossissement peut être accrue jusqu'à
10 mètres à l'infini et 5 mètres à l'infini respectivement
tandis que, dans les deux modes de grossissement, l'
30 intervalle de compensation thermique peut être porté à
-40°C - + 70°C. En variante, la lentille G, ainsi que
toutes les autres lentilles peuvent être montées dans
une position fixe en définissant ainsi deux foyers fixes,
tandis que la compensation thermique peut être assurée
35 par des moyens passifs et ce, dans l'intervalle de
-40°C à +70°C avec une dégradation minime du rendement

d'ensemble. Les tableaux III et IV donnent des valeurs spécifiques relatives à la qualité de l'image obtenue avec ce télescope, le tableau III fournissant des données applicables au mode à fort grossissement lors d'une mise
5 au point à une distance d'environ 650 mètres, tandis que le tableau IV fournit des données applicables au mode à faible grossissement lors d'une mise au point à une distance d'environ 55 mètres.

Lorsqu'il est utilisé dans le mode à fort grossissement, le télescope décrit ci-dessus assure un rendement élevé sur au moins deux tiers du champ complet avec un objectif primaire dont le diamètre d'ouverture est agrandi de 5,4% seulement pour compenser les aberrations pupillaires tandis que, lorsqu'il est utilisé dans le mode
15 à faible grossissement, il assure un rendement élevé sur au moins deux tiers du champ complet. Pour les modes à fort grossissement et à faible grossissement, le télescope fait apparaître une distorsion angulaire respectivement d'environ +1,5% et -1,0% seulement à l'angle de
20 champ maximum, le signe + indiquant un grossissement croissant avec un angle de champ croissant, tandis que le signe - indique un grossissement décroissant avec un angle de champ croissant. Etant donné que, dans certaines applications d'un système d'observation vers l'avant à grand
25 rendement, il faut que les faisceaux de rayons du télescope qui sont présents dans un espace-objet étroit (c'est-à-dire à des distances allant jusqu'à ou dépassant environ 500 mm à l'avant de l'objectif primaire) soient confinés à une section transversale prédéterminée, il est nécessaire
30 que, lors de l'utilisation du télescope dans le mode à faible grossissement, les faisceaux de rayons convergent dans l'espace-objet. On peut constater que le télescope décrit ci-dessus satisfait à cette condition et assure le rendement spécifié précédemment sans effet de lucarne à l'une ou l'autre
35 des surfaces de réfraction des lentilles et sans engendrer aucun effet de narcisse perceptible. De même, on obtient ce

rendement avec un télescope d'une longueur totale réduite et comportant un système de lentilles compact à deux grossissements.

Le télescope détaillé dans les tableaux I à V
5 inclus peut être réalisé à plus grande échelle et optimisé afin de donner un large intervalle de grossissements forts et faibles, le rapport entre le grossissement fort et le grossissement faible se situant spécifiquement dans les intervalles de 6:1 et 2:1, la configuration générale des lentilles restant constante. Si, dans le mode à fort grossissement, le grossissement n'est pas élevé au point de nécessiter un achromatisme, on peut alors envisager de réaliser la lentille d'achromatisme en germanium. Bien que deux coefficients asphériques seulement aient été utilisés dans
10 l'équation précitée en vue d'obtenir le système de lentilles donné dans le télescope décrit ci-dessus, on peut, si on le désire, utiliser un plus grand nombre de coefficients asphériques (c'est-à-dire d'ordre supérieur). On peut également optimiser ce télescope de telle manière qu'il soit à même
15 de donner un champ de vision et un diamètre de pupille différents dans l'espace-image en le rendant ainsi approprié pour un accouplement à différents systèmes de détection dans lesquels on peut utiliser ou non des mécanismes à balayage. Il est à noter que tous les détails repris dans les tableaux
20 I à VI inclus sont valables pour une température de 20°C et que la distance focale mentionnée dans la présente spécification est obtenue d'après la formule $(2 \cdot \sin \theta)^{-1}$, où θ est le demi-angle du cône formé par le pinceau lumineux de champ axial après réfraction à partir de la lentille sur
25 laquelle tombe ce pinceau lumineux.
30

Bien que, dans la forme de réalisation décrite, seule la surface de réfraction 15 soit asphérique, on comprendra que l'on pourrait obtenir le même rendement avec un système dans lequel seule la surface 16 est asphérique, ou avec un système dans lequel les surfaces 15 et
35 16 sont toutes deux asphériques, ce dernier système

offrant un avantage du fait que le degré d'asphéricité total sera réparti entre les deux surfaces, si bien que chacune de celles-ci aura alors un degré d'asphéricité nettement réduit comparativement à celui de la surface 15

5 comme illustré en détail dans le tableau V.

TABLEAU I

Lentille	Surface	Ecartement	Rayon de courbure	Matière	Diamètre (X) d'ouverture
Pupille d'entrée*	Ø	0	Plat	Air	15,30
A	1	19,52	-199,20	Air	32,80
	2	4,18	-100,08	Ge	33,92
B	3	8,50	-476,45	Air	36,54
	4	3,75	-110,89	Ge	36,87
C	5	0,50	30,79	Air	33,16
	6	12,77	23,01	Ge	21,71
G	13	74,06	-286,13	Air	66,69
	14	7,50	-7621,95	As/Se/Ge (BS1)	70,97
H	15' #	61,95	-193,98	Air	137,91
	16	15,71	-135,64	Ge	144,82

* Angle de champ maximum à la pupille d'entrée = 46,4°.

(X) Comme l'exige ce mode de grossissement.

La surface 15 a un profil asphérique.

TABLEAU II

Lentille	Surface	Ecartement	Rayon de courbure	Matière	Diamètre (X) d'ouverture
Pupille d'entrée*	$\emptyset$	0	Plat	Air	15,30
A	1	19,52	-199,20	Air	32,80
	2	4,18	-100,08	Ge	33,92
D	7	8,26	33,02	Air	38,25
	8	6,61	29,46	Ge	32,94
E	9	51,99	-60,96	Air	51,83
	10	5,34	-74,93	Ge	57,00
F	11	10,32	-38,10	Air	59,36
	12	6,87	-39,70	Ge	66,28
G	13	10,19	-286,13	Air	79,29
	14	7,50	-7621,95	As/Se/Ge (BS1)	83,08
H	15' #	61,95	-193,98	Air	133,43
	16	15,71	-135,64	Ge	139,91

* Angle de champ maximum à la pupille d'entrée = 46,4°.

(X) Comme l'exige ce mode de grossissement.

La surface 15 a un profil asphérique.

TABLEAU III

Etendue efficace approximative de la tache lumineuse dans l'espace-objet (en milliradians)		
Champ	Monochromatique à 10,0 microns	* Chromatique dans l'intervalle de 8,5-11,5 microns
Axial	0,040	0,075
1/2	0,044	0,093
3/4	0,052	0,108
Complet	0,089	0,140

* Déterminé par une mesure accumulée de trois longueurs d'onde pondérées de manière égale, ces longueurs d'onde étant de 8,5, 10,0 et 11,5 microns.

TABLEAU IV

Etendue efficace approximative de la tache lumineuse dans l'espace-objet (en milliradians)		
Champ	Monochromatique à 10,0 microns	* Chromatique dans l'intervalle de 8,5-11,5 microns
Axial	0,311	0,312
1/2	0,318	0,340
3/4	0,365	0,378
Complet	0,347	0,381

* Déterminé par une mesure accumulée de trois longueurs d'onde pondérées de manière égale, ces longueurs d'onde étant de 8,5, 10,0 et 11,5 microns.

TABLEAU V

Distance radiale perpendiculaire à l'axe optique (mm)	# Profondeur du profil asphérique (microns)
0,00	0,00
2,76	-0,01
5,52	-0,05
8,27	-0,12
11,03	-0,20
13,79	-0,31
16,55	-0,42
19,31	-0,54
22,07	-0,65
24,82	-0,76
27,58	-0,85
30,34	-0,91
33,10	-0,95
35,86	-0,95
38,61	-0,91
41,37	-0,83
44,13	-0,72
46,89	-0,58
49,65	-0,42
52,41	-0,27
55,16	-0,13
57,92	-0,05
60,68	-0,07
63,44	-0,24
66,20	-0,61
68,95	-1,26
Rayon de courbure de la sphère à ajustage optimum = -193,84 mm	

~~#~~ La profondeur du profil asphérique est définie par l'écartement entre des points du profil asphérique et de la sphère à ajustage optimum qui sont situés à une distance radiale égale perpendiculairement à l'axe optique.

Le signe - indique l'enlèvement de matière de lentille de la sphère à ajustage optimum dans le but d'obtenir le profil asphérique.

TABLEAU VI

Matière	Indice de réfraction *	Valeur v # (Pouvoir dispersif)
BS2	2,85632	248
BSA	2,77917	209
TI 1173	2,60010	142
AMTIR	2,49745	169
BS1	2,49158	152
TI 20	2,49126	144
ZnSe	2,40653	77
KRS 5	2,37044	260
CsI	1,73933	316
CsBr	1,66251	176
KI	1,62023	137

* L'indice de réfraction est donné pour une longueur d'onde de 10 microns

Dans la gamme de longueurs d'onde de 8,5 à 11,5 microns.

REVENDICATIONS

1. Télescope afocal à réfraction et à deux grossissements, caractérisé en ce qu'il comprend un système d'objectifs achromatiques à foyer fixe (21) constitué d'un objectif primaire (H) et d'un objectif secondaire (G), un système collimateur à foyer fixe (22) constitué d'une seule lentille (A) alignée sur un axe optique commun (19), ainsi que deux systèmes de lentilles différents à foyer fixe, à fort et à faible grossissement (23,24) qui peuvent être alignés alternativement sur l'axe optique (19) entre l'objectif secondaire (G) et le système collimateur (22), tout en étant conçus respectivement pour donner une image interne réelle (25,26), le système à fort grossissement (23) étant formé de deux lentilles (B,C), tandis que le système à faible grossissement (24) est formé de trois lentilles (D,E,F); chacune des huit lentilles (A,B,C,D,E,F,G et H) du télescope est constituée d'une matière ayant une bande passante spectrale utile dans la région des longueurs d'onde des radiations infrarouges, tandis qu'elle comporte des surfaces de réfraction interceptant l'axe optique (19), au moins une surface de réfraction de l'objectif primaire (H) étant asphérique et chacune des surfaces de réfraction des autres lentilles (G) du télescope étant pratiquement sphérique, la ou les surface(s) asphérique(s) ne possédant qu'un faible degré d'asphéricité; l'objectif secondaire (G) est doté d'une puissance négative et a un indice de réfraction égal ou inférieur à celui de l'objectif primaire (H), lequel est doté d'une puissance positive tandis que, pour le mode à fort grossissement, le télescope a, dans l'espace compris entre les objectifs primaire et secondaire (H,G), une distance focale interne inférieure à 1,5.

2. Télescope suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les deux surfaces de réfraction (15,16) de l'objectif primaire (H) ont un faible degré d'asphéricité.

3. Télescope suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que chaque surface asphérique (15,16) est conforme à l'équation donnée dans la spécification ci-dessus, tandis que les coefficients asphériques de troisième ordre et des ordres plus élevés sont zéro.

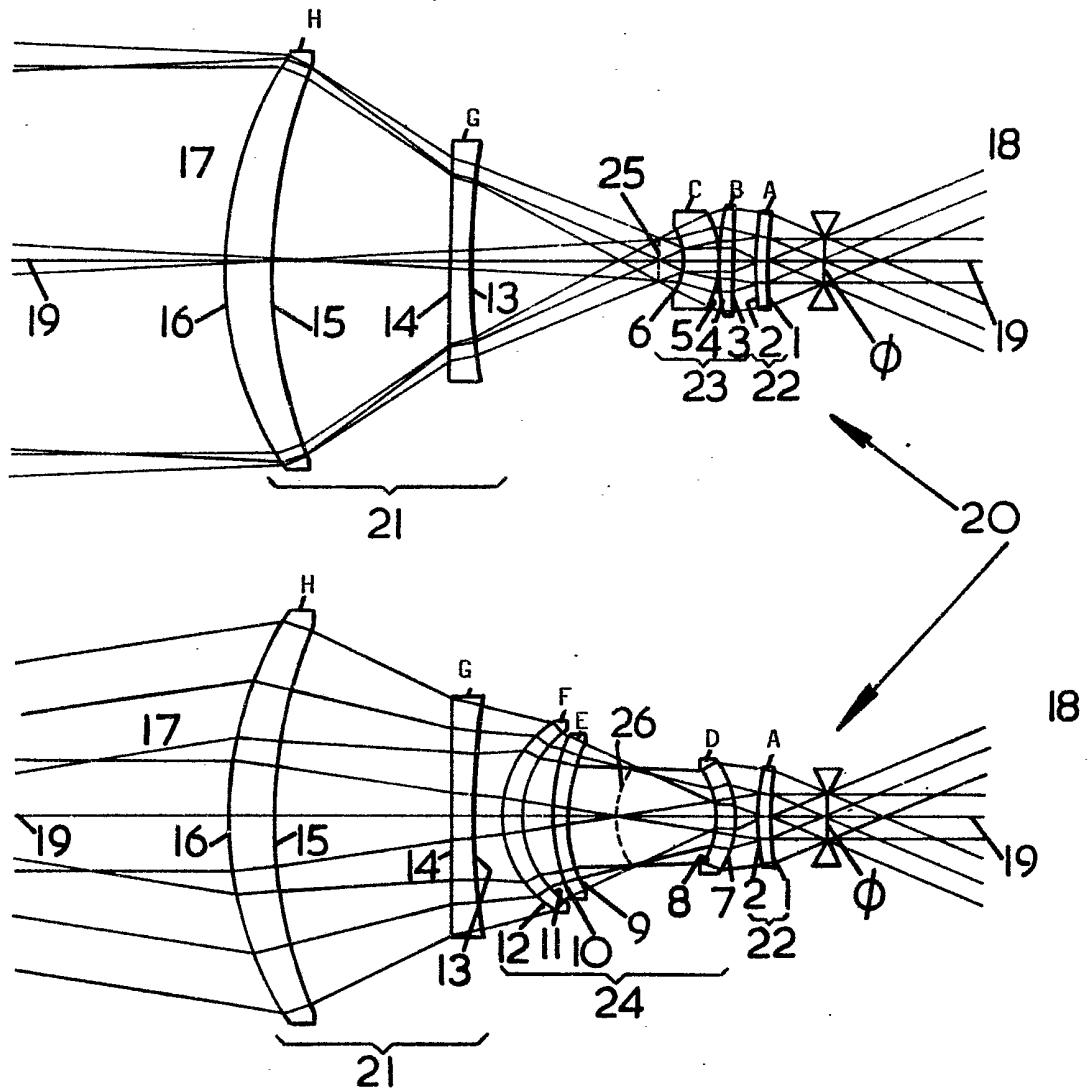
4. Télescope suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'objectif secondaire (G) possède, à une température de 20°C et à une longueur d'onde de 10 microns, un indice de réfraction égal ou inférieur à celui de chacune des autres lentilles (A,B,C,D,E,F et H).

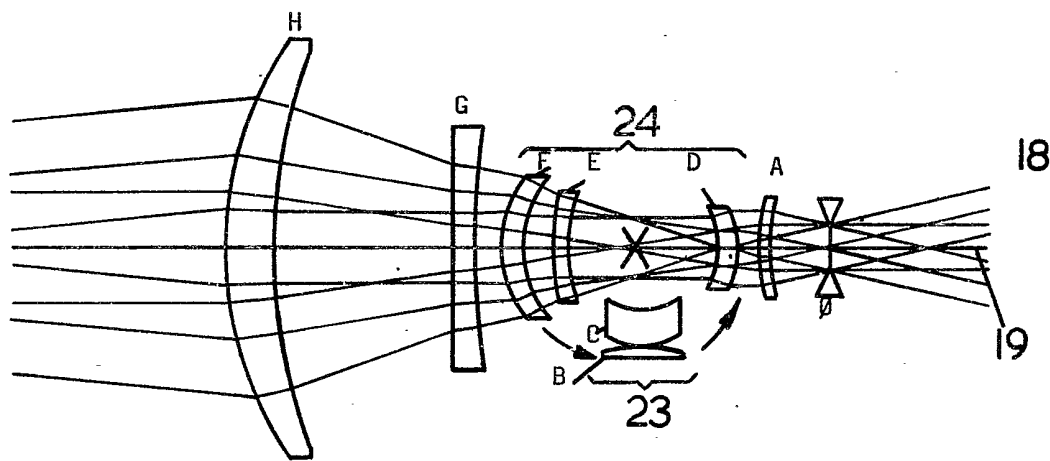
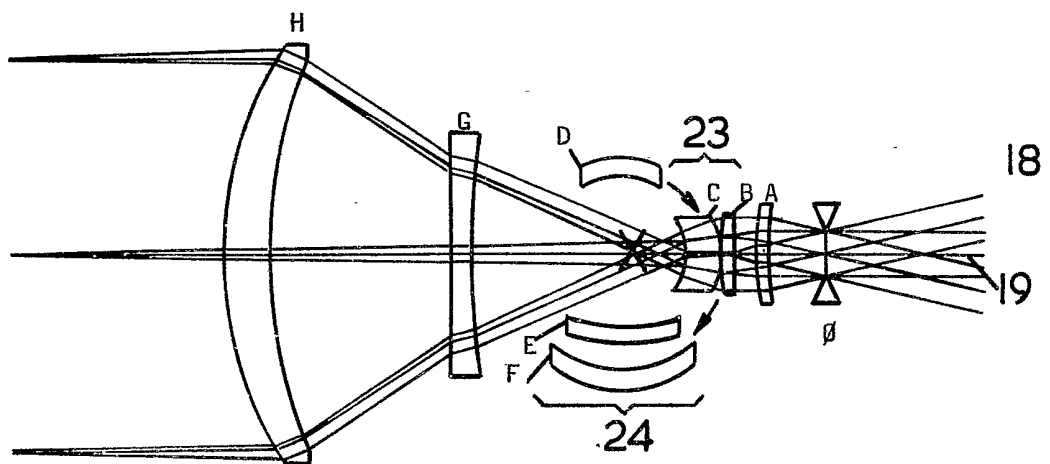
5. Télescope suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'un revêtement anti-réfléchissant est appliqué sur une ou plusieurs des surfaces de réfraction (1-16).

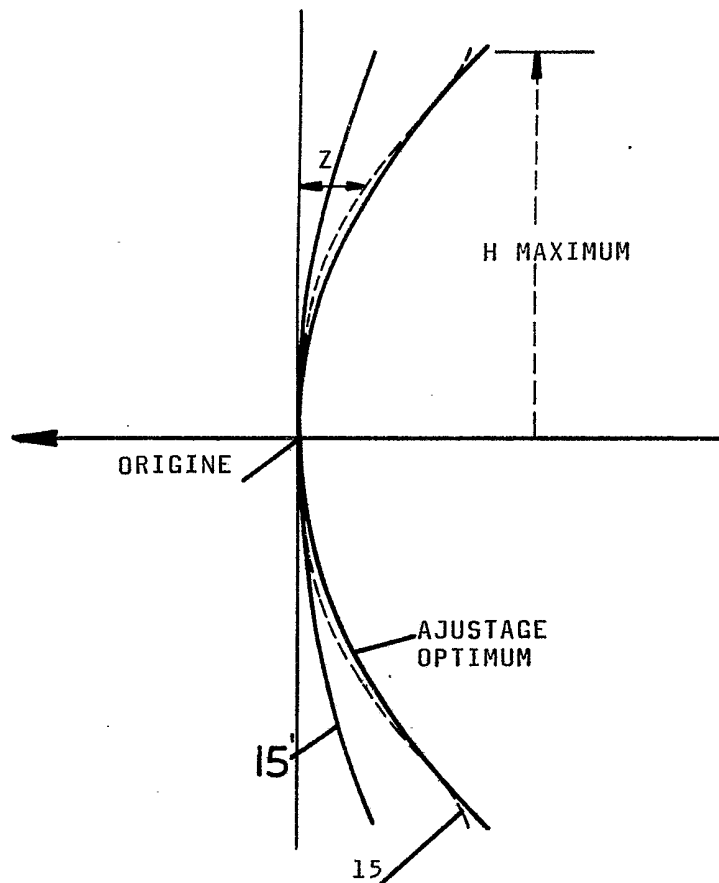
6. Télescope suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le mode à fort grossissement (23) de ce télescope peut être accru ou réduit d'un facteur se situant dans l'intervalle de 0,5 à 3,5 par cadrage et optimisation, la configuration d'ensemble des lentilles de ce télescope restant par ailleurs constante.

7. Télescope suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le rapport entre les modes à fort et à faible grossissement (23,24) peut se situer dans l'intervalle de 6:1 à 2:1 moyennant un cadrage et une optimisation du système de lentilles à faible grossissement (24), la configuration d'ensemble des lentilles de ce système (24) restant par ailleurs constante.

8. Télescope suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le champ de vision et le diamètre pupillaire dans l'espace-image (18) peuvent être accrus ou réduits chacun indépendamment, ce télescope étant optimisé de telle manière qu'il se prête à un accouplement à divers systèmes optiques, cependant que la configuration d'ensemble de ses lentilles reste constante.

FIG. 1

FIG. 2

FIG. 3