RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 487 529**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 80 16496**

(54) **Télescope dioptrique à plusieurs groupes de lentilles à surfaces sphériques.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). **G 02 B 23/00, 11/34.**

(22) Date de dépôt..... 25 juillet 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 4 du 29-1-1982.

(71) Déposant : SA MATRA, résidant en France.

(72) Invention de : Pierre Coussot.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

Télescope dioptrique à plusieurs groupes de lentilles à surfaces sphériques.

La présente invention concerne les télescopes dioptriques, c'est-à-dire ne comportant pas de miroir, constitués par des lunettes à grande focale permettant l'observation visuelle, la radiométrie ou la photographie à grande distance.

A l'heure actuelle, on utilise habituellement des télescopes à miroir dont l'avantage est d'être exempt de défaut de chromatisme, ce qui est particulièrement important lorsqu'on souhaite faire des observations dans un spectre étendu. Mais en contrepartie, ces télescopes à miroir ont des inconvénients graves. Les télescopes SCHMIDT, comportant un miroir et une lame correctrice au centre de courbure du miroir, nécessitent des surfaces asphériques et ont un encombrement important. Les télescopes RITCHEY-CHRETIEN ont une occultation centrale, qui se traduit par un grand diamètre et un faible tirage mécanique et nécessitent des groupes correcteurs d'aberration. L'occultation a un effet défavorable sur la fonction de transfert de modulation (MTF). Enfin les télescopes à miroir présentent de façon générale un champ image courbe, ont un champ faible et comportent de la lumière parasite.

La présente invention vise à fournir un télescope purement dioptrique ne comportant que des surfaces sphériques, répondant mieux que les télescopes antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'il associe les avantages d'une optique à miroir (aberration chromatique faible dans un spectre étendu) aux avantages propres à un système dioptrique, c'est-à-dire une fonction de transfert de modulation polychromatique proche de celle de l'instrument parfait et un champ étendu et plan.

Dans une application particulièrement importante de l'invention, constituée par la radiométrie à l'aide d'un instrument monté sur satellite, la lunette doit être insensible au chromatisme sur une bande spectrale large, allant typiquement de 500 à 1 000 nanomètres.

Pour atteindre ce résultat, l'invention propose un télescope dioptrique comportant successivement, sur le trajet de la lumière, trois groupes de lentilles à distance l'une de l'autre, le premier et le second groupe étant convergents et

présentant chacun une correction d'apochromatisme tandis que le troisième groupe est divergent, les trois groupes étant proportionnés pour présenter une compensation globale des aberrations géométriques.

Cette disposition permet de réaliser un télescope corrigé des aberrations chromatiques de façon satisfaisante, même pour une grande focale et pour une bande passante large, à condition de faire un choix approprié des verres.

A ce sujet, il faut rappeler quelques définitions.

On caractérise un verre d'optique par son indice n_d pour la raie d de l'hélium et par son pouvoir dispersif qui est donné par la formule :

$$\upsilon = (n_d - 1) / (n_F - n_C).$$

Dans la formule 1, n_F et n_C correspondent aux indices de réfraction du verre pour les raies C et F, dont les longueurs d'ondes sont de part et d'autre de celles de la raie d.

On définit encore la dispersion partielle υ PdC entre les longueurs d'ondes d et C par le rapport :

$$\upsilon \text{ PdC} = (n_d - n_C) / (n_F - n_C).$$

Une lentille simple convergente présente une différence entre les distances focales pour les raies C et F. Pour une lentille divergente, la différence est de sens contraire. La correction du chromatisme d'un groupe de lentilles s'effectue par le choix d'une combinaison de lentilles convergentes et divergentes faisant coïncider les foyers pour les raies C et F.

Dans la plupart des cas, ce foyer commun est différent du foyer pour la raie d. La distance entre ces foyers est appelée chromatisme secondaire. A condition d'utiliser un nombre suffisant de lentilles, on peut ramener en un même point les trois foyers pour les raies C, d et F, ce que l'on appelle correction d'apochromatisme. Naturellement, on peut aller au-delà et faire coïncider les foyers pour plus de trois longueurs d'ondes.

Pour réaliser la correction d'apochromatisme des deux premiers groupes, on sera amené à constituer chacun de ces groupes de lentilles convergentes en matériau faiblement dispersif et de lentilles divergentes en matériau fortement

dispersif. Pratiquement, on pourra considérer qu'un matériau est faiblement dispersif lorsque sa dispersion υ est supérieure à 50. Pour un matériau fortement dispersif, υ sera typiquement compris entre 25 et 40.

Pratiquement, on pourra constituer les lentilles convergentes en crown et les lentilles divergentes en flint. Pour assurer une correction suffisante d'apochromatisme, on constituera généralement le premier groupe de quatre lentilles, dont au moins une lentille biconvexe et un ménisque convergent et au moins une lentille divergente. Quant au second groupe, il comprendra de façon typique deux lentilles convergentes et une lentille biconcave.

Le troisième groupe de lentilles, situé près du plan image, a essentiellement pour rôle de corriger la courbure de champ. Etant près du plan image, il a peu d'influence sur le chromatisme. On pourra le constituer d'une simple lentille divergente en verre faiblement dispersif.

En général, en utilisant des verres du genre défini ci-dessus, on constate que tous ces verres ont une dispersion partielle du même ordre, ——————— comme on le verra plus loin.

En règle générale, on obtient des résultats satisfaisants en donnant aux focales des deux premiers groupes une valeur comprise entre f et 2f (f désignant la distance focale du télescope). Quant à la distance de ces deux groupes, elle sera alors typiquement comprise entre 0,25 f et 0,4 f.

Enfin, le troisième groupe peut être constitué d'une lentille divergente dont la focale est comprise entre -f/2 et -f/4. Dans ce cas, l'intervalle entre les deux derniers groupes est généralement compris entre 0,4 f et 0.6 f.

On peut enfin placer après le troisième groupe de lentilles un prisme d'épaisseur au plus égale à f/8, notamment lorsqu'on souhaite utiliser un éclateur spectral. Ce prisme est constitué par une lame en verre peu dispersif.

On donnera maintenant, à titre d'exemple, deux constitutions possibles de télescope dioptrique constituant des modes particuliers de mise en oeuvre de l'invention. La description se réfère au dessin qui l'accompagne, dans lequel l'échelle n'est pas respectée pour plus de clarté. Dans les

dessins :

- la figure 1 est un schéma de principe montrant la disposition relative des trois groupes de lentilles d'un télescope, utilisables notamment avec un détecteur radiométrique destiné à fonctionner dans le visible et le proche infra-rouge, entre 500 nm et 1 000 nm;
- la figure 2, similaire à la figure 1, correspond à un télescope notamment utilisable pour des prises de vue sur plaque photographique,

Le télescope montré en figure 1 est constitué de trois groupes de lentilles 10, 20 et 30.

Le premier groupe 10 se compose de quatre lentilles 11, 12, 13 et 14 constituées respectivement par une lentille convergente biconvexe, un ménisque convergent dont la face concave est tournée vers l'arrière, une lentille divergente biconcave ou plan concave, un ménisque convergent dont la face concave est tournée vers l'arrière. L'ordre de ces lentilles peut être modifié.

Un diaphragme 40 peut être interposé entre le groupe 10 et le groupe 20 qui comprend :
une lentille divergente biconcave 21,
une lentille convergente biconvexe 22,
une lentille convergente biconvexe ou de type ménisque 23.

Là encore, l'ordre des lentilles peut être modifié.

Le troisième groupe 30 est constitué d'une lentille divergente biconcave en verre de faible indice et de faible dispersion.

Parmi les formules utilisables, on peut adopter celle du tableau ci-dessous, qui correspond à une distance focale f = 567 mm et un tirage de 25,72 après un éclateur spectral 50 placé derrière la lentille 30.

Lentille	Rayons de courbure (mm)	Epaisseur (mm)	Intervalle (mm)	Verre (Schott)
11	3508 - 2775	13	4	La KN7
12	401,67 1553	15	8	FK 52
13	- 692,8 1245,6	13	4	Kz FS6
14	532,17 1531,1	15		FK 52

21	5890 264,2	12	8	Kz FS 6
22	274,87 612,02	15	4	FK 52
23	358,66 2108,32	15		FK 52
			311,5	
30	216,74 1636,87	13		FK 52
			10	
50		60		BK 7

On voit que toutes les lentilles sont en verre courant, donc de sensibilité limitée aux variations thermiques et à l'oxydation. Les lentilles convergentes, sauf la lentille de tête, sont constituées en un verre crown très faiblement dispersif (dispersion υ de l'ordre de 80). La lentille de tête, de faible puissance pour lui permettre de résister éventuellement aux chocs thermiques en cas d'utilisation dans l'espace est également en crown, avec un υ supérieur à 50. Les lentilles divergentes sont en flint, plus dispersif.

Un télescope ainsi réalisé peut avoir une ouverture de F/5,4 et un champ de $\pm$ 8°. La variation d'emplacement du plan image reste très faible en cas de variation de température, de l'ordre de 10^{-2} mm pour 2°C. On constate enfin que chaque groupe a un nombre de lentilles relativement faible, ce qui se traduit par une moindre absorption de lumière.

On pourra comparer ces caractéristiques à celles d'un télescope SCHMIDT, pour une même focale, ne permet guère de dépasser un champ de $\pm$ 3° et une ouverture de 3.

Par ailleurs, l'absence d'occultation dans le télescope défini ci-dessus permet de conserver pour la fonction de transfert polychromatique une valeur de 0,47 au bord du champ et de 0,53 au centre, relativement proche de la valeur de 0,59 environ qui correspondrait à un appareil parfait pour une fréquence de 100 mm^{-1}.

Le télescope montré en figure 2 a été réalisé avec une focale de 1700 mm pour des prises de vue. Sur la figure 2, où les composants correspondant à ceux de la figure 1 sont désignés par le même numéro de référence, le premier groupe 10 est encore constitué de quatre lentilles, une lentille plan concave d'entrée 11a, une lentille biconvexe 12a, un ménisque divergent 13a dont la face concave est tournée vers l'avant, et un ménisque convergent 14a dont la face concave est tournée vers l'arrière.

Le second groupe 20 se compose de trois lentilles 22a, 23a et 21a similaires à celles du groupe 20 de la figure 1, mais dans un ordre différent.

Enfin le groupe 30 se limite encore à une lentille divergente.

On voit que les télescopes donnés à titre d'exemple présentent les avantages généraux qui s'attachent à l'invention, déjà indiqués plus haut. Il faut de plus noter que le tirage optique arrière du télescope, c'est-à-dire la distance disponible entre la lentille arrière et le plan image, peut avoir une valeur élevée, ce qui permet de disposer de la place nécessaire à des accessoires séparateurs, tels que séparateurs de faisceaux et séparateurs de spectres prévus pour des expériences effectuées à l'aide du télescope. Il s'agit là d'un avantage décisif dans certains cas, les accessoires en question étant souvent encombrants et donc difficiles à associer aux télescopes habituels.

REVENDICATIONS

1. Télescope dioptrique comportant successivement, sur le trajet de la lumière, trois groupes de lentilles à distance l'un de l'autre, caractérisé en ce que le premier et le second groupes sont convergents et le troisième divergent, les deux premiers groupes présentant chacun une correction d'apochromatisme et les trois groupes étant proportionnés pour présenter une compensation globale des aberrations géométriques.

2. Télescope suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les deux premiers groupes (10, 20) sont constitués de lentilles convergentes en matériau faiblement dispersif et de lentilles divergentes en matériau fortement dispersif.

3. Télescope suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le premier groupe (10) est constitué de quatre lentilles, dont au moins une lentille biconvexe (11), au moins un ménisque convergent (12) et au moins une lentille divergente (13).

4. Télescope suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le second groupe comprend deux lentilles convergentes (22, 23) et au moins une lentille divergente (13).

5. Télescope suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deux premiers groupes ont une focale comprise entre f et 2f, f désignant la distance focale du télescope.

6. Télescope suivant la revendication 5, caractérisé en ce que la distance des deux premiers groupes est comprise entre 0,25 f et 0,4 f.

7. Télescope suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le troisième groupe est constitué d'une lentille divergente dont la focale est comprise entre -f/2 et -f/4, f désignant la focale du télescope.

8. Télescope suivant la revendication 7, caractérisé en ce que l'intervalle entre les deux derniers groupes est compris entre 0,4 f et 0,6 f.

2487529

Fig.1.

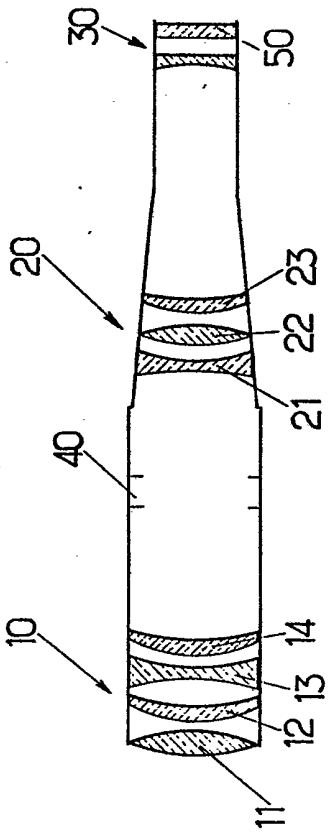


Fig.2.

