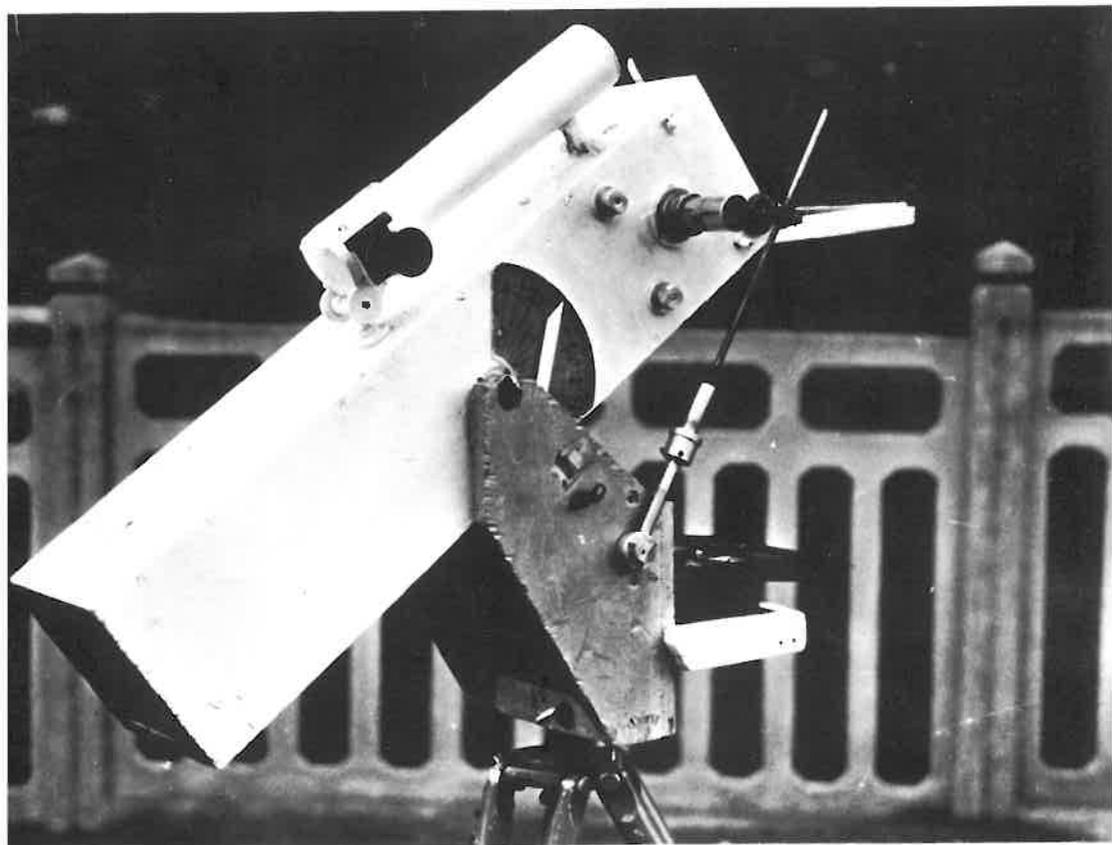


**SOCIETE  
ASTRONOMIQUE  
DE LYON**





# **SOCIETE ASTRONOMIQUE DE LYON**

**Notre couverture :**

Télescope de 120 mm d'ouverture, à monture  
azimutale, construit par Monsieur R. Prud'homme.



# INTRODUCTION

La Société Astronomique de Lyon, vu les demandes de renseignements de plus en plus fréquentes de la part de sociétaires et d'amateurs d'Astronomie désirant se procurer un instrument, a décidé de publier des « Notes concernant les instruments pour observations astronomiques ». Ces notes font complément au bulletin de la S.A.L.

## NOTES CONCERNANT LES INSTRUMENTS POUR OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

### Avertissement

Ces notes ne prétendent nullement constituer un traité sur les instruments astronomiques, elles veulent seulement être un guide pour l'astronome amateur qui désire acheter un appareil du commerce ou vérifier, s'il en possède déjà un, les qualités et défauts de son matériel et l'aider à en tirer le maximum.

### 1) Performances

Nous voyons fréquemment des publicités proposant des appareils de 60 ou 80 mm d'ouverture avec des grossissements alléchants : 300, 600 fois !

Ne croyez surtout pas de telles allégations ; en dehors de ses qualités optiques propres, un instrument a ses possibilités de grossissement limitées impérativement par des conditions physiques (propriétés ondulatoires de la lumière).

#### a) Dimensions caractéristiques d'un instrument d'Observation :

Ce sont (voir figure 1) :

*Le diamètre  $D$  de son objectif.* Pour une lunette c'est le diamètre utile de la grosse lentille avant (et non celui de la monture qui peut être nettement plus grand), pour un télescope c'est celui du grand miroir placé au fond du tube.

*La distance focale  $F$  de l'objectif,* c'est-à-dire la distance séparant l'objectif de l'image d'un objet à l'infini, le soleil par exemple. Dans le cas de l'image du soleil, il s'agit d'un foyer, non seulement optique, mais de plus calorifique (d'où le nom de foyer), cela brûle d'autant plus que  $D$  est plus grand et  $F$  plus courte.

#### b) Grossissements utilisables :

En considérant un instrument *optiquement parfait*, le grossissement *théorique maximum* utilisable est égal à environ 2,5 fois le diamètre  $D$  de l'objectif exprimé en millimètres, donc :

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| Objectif $D = 60$  | G maxi théorique = 150 |
| Objectif $D = 110$ | G maxi théorique = 275 |
| Objectif $D = 150$ | G maxi théorique = 375 |

Mais en pratique ce grossissement n'est utilisable que par temps très calme, loin des villes, et uniquement pour l'observation d'étoiles doubles très serrées.

Soyons plus modestes en nous référant à l'expérience pratique de nombreux observateurs et à notre expérience personnelle avec différents instruments ; nous pouvons dresser les tableaux d'utilisation pratique ci-après :

TABLEAU I

|   |  |                              |
|---|--|------------------------------|
| Observation d'objets peu lumineux ou étendus tels que nébuleuses, comètes, amas d'étoiles...                                | grossissement faible $G_1$                   | $G_1 = 0,2 \times D$ mm      |
| Observation des planètes ou de la Lune par temps moyen ou à proximité des villes.<br>Recherche d'étoiles, étoiles variables | grossissement moyen $G_2$                    | $G_2 = 0,5 \text{ à } 0,7 D$ |
| Observation des planètes ou de la Lune par beau temps calme, recherche d'étoiles doubles écartées                           | grossissement maxi normal $G_3$              | $G_3 = 1 \text{ à } 1,2 D$   |
| Observation d'étoiles doubles serrées <i>par temps calme</i> avec un instrument optiquement presque parfait                 | grossissement maximum exceptionnel $G_{max}$ | $G_{max} = 2 D$              |

TABLEAU II : Grossissements conseillés pour différentes tailles d'instruments

| Diamètre D de l'objectif | $G_1 = 0,2 \times D$ | $G_2 = 0,5 D$ | $G_3 = 1 \text{ ou } 1,2 D$ | $G_{max} = 2 D$ |
|--------------------------|----------------------|---------------|-----------------------------|-----------------|
| 60 mm                    | 12 fois              | 30 fois       | 60 à 72 fs                  | 120 fois        |
| 100 mm                   | 20 fois              | 50 fois       | 100 à 120 fs                | 200 fois        |
| 150 mm                   | 30 fois              | 75 fois       | 150 à 180 fs                | 300 fois        |
| 200 mm                   | 40 fois              | 100 fois      | 200 à 240 fs                | 400 fois        |

L'expérience pratique montre que le grossissement le plus utilisé est en général  $G_3$ , pour l'observation planétaire c'est celui qui, par temps calme, donne le maximum de détails, des grossissements supérieurs donnent des images très pâles et de plus en plus floues.

## 2) Caractéristiques optiques

Nous avons vu précédemment (n 11) qu'un instrument se définit principalement par le diamètre D de son objectif et sa distance focale F.

$$\text{Le rapport focal} \quad R = \frac{F}{D}$$

est intéressant à connaître car il est déjà à lui seul un critère de qualité.

Il est pratiquement imposé par la nature de l'instrument et il détermine la qualité des images en dehors du centre du champ. Pour les lunettes la qualité des images au centre du champ est également fonction de ce rapport pour les forts grossissements.

### a) Lunettes :

Une bonne correction des défauts de couleurs (aberrations chromatiques entraînant des franges rouges et vertes sur les images) exige que le rapport F/D ne descende guère en dessous de 15, il devrait en général être compris entre les valeurs 15 et 18 ; si l'on vous propose une lunette astronomique avec un F/D/ de 10 ou 12 soyez très réticent, à moins évidemment que l'on ne vous en fasse cadeau !!!

### b) Télescopes :

La majorité des télescopes du commerce sont équipés d'un miroir sphérique, surface que l'optique industrielle sait réaliser d'excellente façon. Cette forme sphérique exige, pour limiter la coma (déformation de l'image en forme de comète sur les bords du champ) un rapport focal minimum F/D = 8 à 10.

C'est d'ailleurs ce qui est proposé en général.

Quant aux télescopes à miroir parabolique, surface que l'on ne peut obtenir parfaitement que par des retouches assez longues (et manuelles) de la surface sphérique, ils sont fabriqués par des spécialistes et coûtent très chers, à moins évidemment que vous ne les réalisiez vous-même, ce qu'ont déjà fait de nombreux amateurs.

Dans le cas des appareils à miroir parabolique, le rapport F/D peut descendre à 6 et même 5,5 en donnant d'excellentes images. Le plus couramment on les trouve avec un F/D = 6.

Ces considérations nous amènent à dresser un troisième tableau :

TABLEAU III : Longueur focale des instruments

| Diamètre de l'objectif D | Lunettes<br>F/D = 15 à 18         | Télescopes à miroirs sphériques<br>F/D = 8 à 10 | Télescopes à miroirs paraboliques<br>F/D = 6 |
|--------------------------|-----------------------------------|---|--|
| 60 mm                    | F = 900 à 1 080                   | _____   | _____  |
| 100 mm                   | F = 1 500 à 1 800                 | F = 800 à 1 000                                 | F = 600 mm                                   |
| 150 mm                   | } n'existent pas dans le commerce | F = 1 200 à 1 500                               | F = 900 mm                                   |
| 200 mm                   |                                   | Pas dans le commerce                            | F = 1 200 mm                                 |

La longueur focale d'un instrument déterminant son encombrement nous voyons immédiatement qu'un télescope sera beaucoup moins encombrant, à diamètre égal, qu'une lunette, a fortiori s'il possède un miroir parabolique.

### 3) Les oculaires

Leur caractéristique principale, qui est en général gravée sur la monture, est leur distance focale f.

C'est elle, en effet, qui déterminera, en combinaison avec un objectif donné, le grossissement de l'ensemble objectif + oculaire.

Le grossissement de l'instrument est égal en pratique au rapport des deux focales F et f (fig. 1).

$$G = \frac{F}{f}$$

Si nous calculons maintenant les focales d'oculaires f nécessaires pour obtenir les grossissements préconisés dans le tableau II, compte tenu des rapports focaux F/D des différents types d'instruments (tableau III), nous voyons que, pour une catégorie d'appareil déterminé, nous aurons besoin d'une gamme bien définie d'oculaires quelque soit le diamètre D de l'objectif.

TABLEAU IV : Oculaires à utiliser fmm

| Diamètre de l'objectif D | Lunettes F/D = 15-18 |                |                |                  | Télescopes F/D = 8-10 |                |                |                  | Télescopes F/D = 6 |                |                |                  |
|--------------------------|----------------------|----------------|----------------|------------------|-----------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|----------------|------------------|
|                          | G <sub>1</sub>       | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>max</sub> | G <sub>1</sub>        | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>max</sub> | G <sub>1</sub>     | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>max</sub> |
| 60                       | 75 à 90              | 30 à 35        | 12 à 18        | 7,5 à 9          | /                     | /              | /              | /                | /                  | /              | /              | /                |
| 100                      | 75 à 90              | 30 à 35        | 12 à 18        | 7,5 à 9          | 40 à 50               | 16 à 20        | 7 à 10         | 4 à 5            | 30                 | 12             | 5 à 6          | 2                |
| 150                      | /                    | /              | /              | /                | 40 à 50               | 16 à 20        | 7 à 10         | 4 à 5            | 30                 | 12             | 5 à 6          | 2                |
| 200                      | /                    | /              | /              | /                | /                     | /              | /              | /                | 30                 | 12             | 5 à 6          | 2                |

a) Oculaires du commerce :

En général, les appareils proposés dans le commerce sont livrés avec une gamme d'oculaires très limitée vers les grandes focales, la plupart du temps l'oculaire de focale maximum fait 22 ou 25 mm, par contre les maisons sérieuses proposent, en acquisition séparée, des oculaires de 30 à 50 mm de focale.

Vers les courtes focales il est courant que le colis (en français on dit un KIT !) comporte des oculaires de f= 4, 6 ou 9 mm. Nous voyons de suite qu'avec une lunette les deux premiers (4 et 6 mm) seront pratiquement inutilisables, avec un télescope ils seront d'une utilisation assez rare, d'autant plus que l'instrument est couramment livré avec une *lentille de Barlow*.

b) Lentille de Barlow :

C'est une lentille divergente montée sur un *tube allonge* de longueur précise. Utilisée avec un objectif déterminé elle double le grossissement qui serait obtenu avec

l'objectif seul ou, si l'on préfère, l'ensemble objectif + Barlow se comporte comme un instrument de focale double (fig. 2). Cette combinaison a l'avantage de donner, pour les forts grossissements, des images de meilleure qualité que celles obtenues avec un oculaire de courte focale utilisé seul, ceci est surtout sensible pour l'observation des planètes.

*Exemples :* Appareil de focale  $F = 1\ 000$  mm

$$\text{Avec un oculaire } f = 6 \qquad G = \frac{1\ 000}{6} = 167$$

$$\text{Avec oculaire } f = 12 + \text{Barlow} \qquad G = \frac{1\ 000}{12} \times 2 = 167$$

En nous reportant à la figure 2 nous voyons que, lorsque nous utilisons la lentille de Barlow, le faisceau lumineux qui forme l'image est beaucoup plus aigu, ceci augmente la profondeur de champ.

Les photographes nous feront observer que ceci ne présente pas d'intérêt en astronomie puisque tous les objets observés sont à l'infini. Oui mais lorsque l'on change d'oculaire ou si un autre observateur (avec une vue différente) prend votre place, il faut refaire la mise au point et celle-ci est facilitée par l'utilisation de la lentille de Barlow. Cet avantage sera surtout apprécié si la mise au point se fait pour un fort grossissement avec une monture à crémaillère plus délicate à régler qu'une monture à vis.

### c) Faibles grossissements :

En nous rappelant ce que nous avons dit ci-dessus au paragraphe 3 a, nous voyons que l'on sera généralement privé de ces faibles grossissements avec les télescopes à miroir sphériques et qu'ils ne seront jamais obtenus avec les lunettes puisqu'il faudrait des oculaires de  $f = 75$  à  $90$  mm.

Par contre nous pourrons bricoler un oculaire simple pour lunette en fixant dans une monture par exemple une loupe d'horloger que l'on peut se procurer facilement et à bas prix. A titre indicatif, les loupes vendues pour un grossissement de 6 fois ont une focale d'environ 65 mm.

Les images seront certainement un peu déformées sur les bords, mais vous pourrez observer des objets diffus qui seraient inaccessibles autrement.

### d) Jeux d'oculaires :

Revenons au tableau IV ci-dessus, nous nous apercevons, en l'examinant attentivement, que pour un type déterminé d'instrument, un jeu d'oculaires relativement limité permet de couvrir toute la gamme des grossissements d'utilisation courante et même nous voyons que nous pourrions nous limiter, pour un premier achat, à deux oculaires et une lentille de Barlow, d'où le tableau récapitulatif ci-après :

| Instruments  | Grossissements                               |                                   |   |                                       |
|--|--|-----------------------------------|---|---------------------------------------|
|  | Mini<br>$G_2 = 0,2 D$<br>environ             | Moyen<br>$G_2 = 0,5 D$<br>environ | Maxi normal<br>$G_3 = 1 D$<br>environ   | Maxi except.<br>$G_{\max} = 2 D$      |
| Lunette<br>$F/D = 15 \text{ à } 18$                        | $f = 70 \text{ à } 80 \text{ mm}$<br>(loupe) | $f = 30$                          | $f = 15 \text{ ou } 20$<br>ou $30 + Bw$ | $f = 8 \text{ à } 10$<br>ou $20 + Bw$ |
| Télescope à miroir<br>sphérique<br>$F/D = 8 \text{ à } 10$ | $f = 40$                                     | $f = 16$                          | $f = 8 \text{ à } 10$<br>ou $16 + Bw$   | $f = 5 \text{ ou } 6$<br>ou $10 + Bw$ |
| Télescope à miroir<br>parabolique<br>$F/D = 6$             | $f = 25 \text{ ou } 30$                      | $f = 12$<br>ou $25 + Bw$          | $f = 6$<br>ou $12 + Bw$                 | $f = 2$<br>ou $6 + Bw$<br>(voir nota) |

*Nota* : l'oculaire  $f = 2$  n'existe pas dans le commerce, les plus courtes focales proposées sont 4 ou 5 mm, mais il est bien préférable de se limiter à 6 ou 8 et d'utiliser une lentille de Barlow.

#### 4) Qualités optiques de l'Objectif

Elles sont primordiales pour l'observation astronomique ; en effet, un objectif de bonne qualité donnera de bonnes images même avec un oculaire médiocre, par contre, même un oculaire de qualité supérieure tel qu'un Plöss à 4 lentilles ou un Kellner d'excellente qualité, que vous aurez payés très chers, ne donneront que des images très médiocres, ne montrant que peu de détails, avec un objectif de basse qualité ayant des défauts de forme ou, dans le cas des lunettes, présentant des aberrations chromatiques importantes.

Le meilleur test se fait en visant une étoile de magnitude 2 à 4, au minimum à 30 ou 40° au-dessus de l'horizon pour limiter les défauts dus à la brume et aux turbulences dues à la proximité du sol. La Polaire qui a, de plus, l'avantage d'être pratiquement fixe, est très avantageuse pour cet essai.

Le contrôle se fera comme suit :

a) Avec un oculaire de faible ou moyen grossissement, amener l'étoile au milieu du champ de l'instrument.

b) Enlever cet oculaire et le remplacer par l'oculaire, ou la combinaison oculaire Barlow donnant le grossissement maximum, et faire une mise au point soignée, l'étoile visée étant toujours maintenue au milieu du champ.

L'image de l'étoile doit se présenter sous la forme d'un petit rond lumineux entouré d'un mince anneau brillant, un second anneau beaucoup plus faible peut parfois s'apercevoir autour (fig. 3 A). Si, par contre, vous obtenez une image comme en 3 B ou 3 C, il faut douter fortement de la qualité de l'objectif.

Dans le cas des lunettes l'image ne doit présenter qu'un liséré coloré à peine perceptible, si le point central est entouré d'une forte auréole rouge ou verte, ces deux couleurs apparaissant successivement pour un léger écart de mise au point, il y a un

défaut de correction chromatique qui sera peu gênant s'il devient peu perceptible pour un grossissement moitié de celui utilisé pour cet essai, donc pour le grossissement G<sub>3</sub>.

Si vous obtenez une image semblable à 3 D ou 3 E il n'y a rien d'alarmant, ce défaut résulte principalement d'un défaut de centrage de l'objectif par rapport au tube support.

c) Vous allez maintenant repousser de quelques millimètres l'oculaire en direction de l'objectif, le point central diminue de diamètre et vous voyez apparaître des cercles concentriques de plus en plus grands, le dernier plus large avec le bord externe flou.

Fig. 4 A : objectif parfait, correctement centré.

Fig. 4 B : objectif très mauvais, pas d'espoir de correction des défauts.

Fig. 4 C : objectif de lunette, les plages colorées deviennent très nettes dans le cas de défaut de correction chromatique.

Fig. 4 D - 4 E : objectif mal centré, les axes optiques de l'objectif et de l'ensemble objectif oculaire (fig. 5 A) ne coïncident pas.

Pour les lunettes le défaut peut se corriger par tâtonnements en calant les lentilles dans leur monture au moyen de petites cales en papier (5 B).

Pour les télescopes l'on dispose sous le miroir (Fig. 1) de 3 vis permettant de corriger sa position dans le barillet ; on s'habitue assez vite à ramener le point lumineux au centre de la figure formée par les cercles concentriques, mais pendant cette correction l'image se déplace en même temps dans le champ, il faut donc simultanément faire tourner le télescope sur ses axes pour ramener l'image au centre du champ.

La figure 6 A montre l'image donnée par un objectif de bonne qualité mais dont l'optique (lentille ou miroir) est déformée par une monture exerçant des efforts sur le verre. Un objectif correctement monté doit être sans contrainte, un jeu d'un ou deux dixièmes de millimètre (l'objectif bouge légèrement dans sa monture) est préférable à un serrage générateur de déformations.

La figure 6 B est l'image intrafocale donnée par un objectif de lunette dont les deux lentilles sont mal centrées entre elles ; à la mise au point, on obtient la figure 6 C.

#### d) Remarque importante :

La turbulence atmosphérique (mouvements d'air chaud, vent) ayant une grosse influence sur la qualité des images, les contrôles ci-dessus seront de préférence faits par temps calme et, comme indiqué au début de ce chapitre, en visant une étoile qui soit au minimum à 30 ou 40° au-dessus de l'horizon et, si cela est possible, pratiquement au zénith, ce qui atténue fortement, surtout en été, l'influence des courants d'air chaud ascendant sur la qualité des images.

#### 5) Est-ce que je peux voir tel objet avec mon instrument ?

Voici quelques réponses à cette question qui nous est fréquemment posée :

*Les satellites de Jupiter* : avec un instrument correct, ou une jumelle de très bonne qualité, un grossissement de 10 fois permet de séparer nettement les quatre principaux satellites de la planète (dits satellites Galiléens).

*Les anneaux de Saturne* : avec un bon objectif, un grossissement de 20 à 25 fois est suffisant pour distinguer nettement l'ensemble des anneaux, toutefois il faut un instrument d'au moins 100 mm d'ouverture et un grossissement de 80 fois pour voir la division de Cassini, un œil exercé observant avec une lunette de 75 ou 80 mm pourra

distinguer cette division si les conditions atmosphériques sont bonnes, mais ne soyez pas trop déçu si, au début de vos observations, vous n'apercevez pas ce détail même avec un télescope de 120 ou 150 mm ; en effet, l'observation astronomique, comme toute chose, s'améliore avec l'expérience et l'entraînement, l'œil s'exerce petit à petit et vous serez surpris, après quelques séances d'observations, d'apercevoir sur les planètes ou la Lune, une foule de détails qui vous avaient échappés au début.

La main aussi se fait plus douce et s'habitue à régler finement la mise au point sans faire trembler l'instrument.

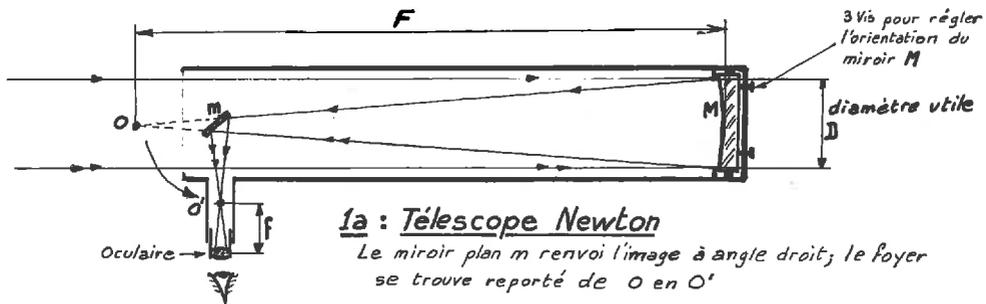
Enfin l'habitude vous apprendra à choisir le grossissement donnant le maximum de détails en fonction de l'objet observé et des conditions atmosphériques du moment : le grossissement maximum est pratiquement inutilisable pour l'observation planétaire, mais même le grossissement maximum normal (G 3) nous montrera moins de détails que le moyen (G 2) s'il y a une légère turbulence.

*Étoiles doubles* : la plus facile et la plus connue est Mizar de la Grande Ourse ; avec un grossissement de 20 à 30 fois, vous aurez, dans le champ de l'instrument, Mizar, nettement dédoublée, son voisin Alcor, encore visible à l'œil nu, et entre les deux une troisième étoile plus faible et invisible à l'œil nu.

*Les cratères de la Lune* : beaucoup de personnes ignorent qu'avec une simple jumelle de grossissement 8 fois elles peuvent déjà distinguer un nombre important de cratères à la surface de notre satellite, avec un grossissement de 30 à 40 fois vous découvrirez déjà une foule de détails (montagnes, rainures, pics au milieu des cratères, etc...).

Un bon instrument permet de découvrir encore bien d'autres merveilles dans le ciel, cela pourra faire l'objet d'un autre article...

*R. Prud'homme*  
Ingénieur A. et M.



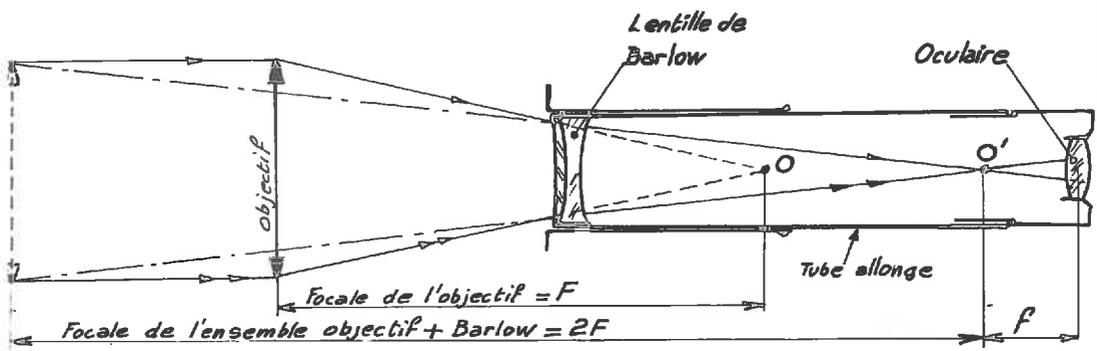
**1a : Télescope Newton**

Le miroir plan m renvoi l'image à angle droit; le foyer se trouve reporté de O en O'



**1b : Lunette Astronomique**

**Fig 1**



La lentille de Barlow devie les rayons lumineux, le Foyer est déplacé de O en O' comme si les rayons provenaient d'un objectif de focale double

**Fig 2**



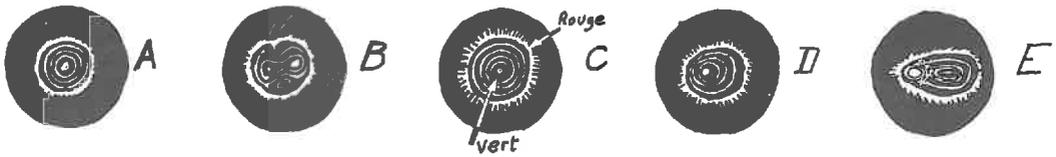
Images obtenues avec une mise au point soignée

A: Objectif très bon et bien centré  
B, C: Objectifs très mauvais

D: Objectif bon, légèrement décentré  
E: — id —, très mal centré

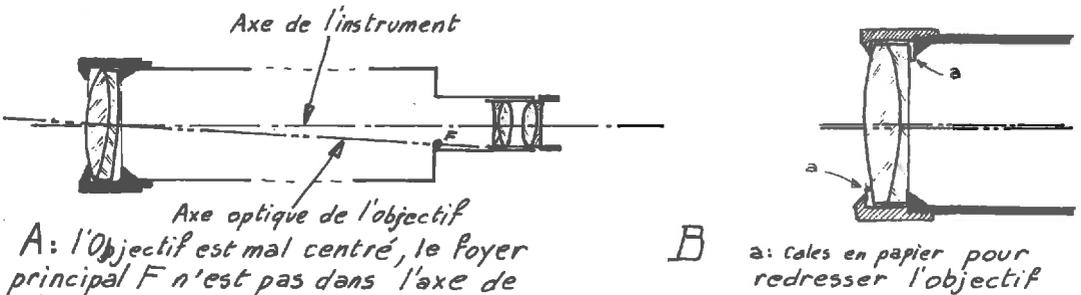
Après centrage D et E donneront une image A correcte

**Fig 3**



Images obtenues en repoussant l'oculaire vers l'objectif (Intra focale)  
 - A, B, D, E correspondent respectivement à 3A, 3B et 3C, 3D, 3E  
 - Pour C (lunette) les plages rouge et vertes sont inversées si l'on tire l'oculaire (extrafocale)

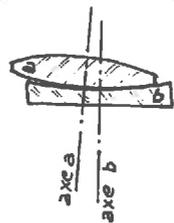
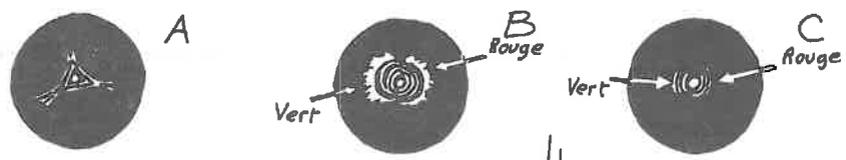
Fig 4



A: l'objectif est mal centré, le foyer principal F n'est pas dans l'axe de l'instrument, on obtient les images 3D ou 3E à la mise au point

B a: cales en papier pour redresser l'objectif

Fig 5



Les lentilles a et b ne sont pas centrées correctement dans la monture

Fig 6

Chers amis astronomes amateurs,

Etant très souvent questionné sur les possibilités de «grossissement» des appareils pour l'observation astronomique, nous avons été amenés à compléter nos «Notes concernant les instruments pour observations astronomiques» par le texte qui suit et qui reprend, d'une façon plus détaillée et un peu plus de technique, le paragraphe 1 - Performances, des «Notes» ci-dessus.

R. Prud'homme

## LIMITE DE RÉOLUTION DES APPAREILS OPTIQUES

### I - Images données par un objectif «parfait»

Il faut entendre par «parfait» un objectif hypothétique qui serait exempt de toute aberration : stygmatisme, coma, achromatisme... etc... A notre connaissance l'objectif se rapprochant le plus de ce cas idéal est un miroir parabolique, taillé et poli par un opticien de classe supérieure et utilisé pour donner uniquement des images d'objets infiniment petits situés sur son axe optique.

Si nous étudions ce cas, qui correspond à l'examen d'une étoile située sur l'axe du télescope, uniquement du point de vue de l'optique géométrique, l'image donnée par l'objectif est théoriquement un point infiniment petit.

Mais si nous nous référons à la nature ondulatoire de la lumière, le calcul indique, et l'expérience le confirme, qu'en réalité l'image obtenue dans le cas théorique ci-dessus se présente comme une tache complexe formée d'un disque central très lumineux, appelé *faux disque* pour le différencier du disque image donné par les planètes, entouré d'anneaux de plus en plus ténus, l'ensemble formant *la tache de diffraction* (fig. 1).

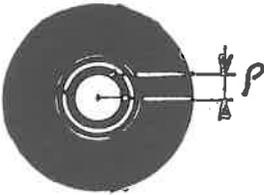


FIGURE 1

La dimension du disque central, dans le plan focal, dépend uniquement du rapport focal  $f/D$  de l'objectif ; pour une longueur d'onde donnée, son rayon mesuré dans le plan focal a pour valeur, en microns ( $\mu$ ).

$$\rho_{\mu} = 1,22 \lambda \frac{f}{D} \quad (1)$$

Nous voyons que si nous voulions obtenir une tache de dimension nulle, il faudrait travailler avec une lumière (?) de longueur d'onde  $\lambda$  égale à 0.

Malheureusement la lumière provenant des étoiles et que nous observons avec nos télescopes, couvre une plage s'étendant de :

$$\left. \begin{array}{l} \lambda = 0,40 \mu \text{ pour le violet} \\ \text{à } \lambda = 0,72 \mu \text{ pour le rouge} \end{array} \right\} \text{ lumière visible}$$

avec, pour l'œil, un maximum de sensibilité dans le jaune-vert pour lequel  $\lambda = 0,56\mu$ .

Pour des objectifs de différents rapports focaux  $f/D$  nous obtenons :

| $f/D$ | Objectif            | $\lambda = 0,40 \mu$ | $\lambda = 0,56 \mu$ | $\lambda = 0,72 \mu$ |
|-------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 6     | Miroir parabolique  | $\rho = 2,93 \mu$    | $\rho = 4,10 \mu$    | $\rho = 5,27 \mu$    |
| 10    | Miroir sphérique    | $\rho = 4,9 \mu$     | $\rho = 6,83 \mu$    | $\rho = 8,78 \mu$    |
| 20    | Ensemble Cassegrain | $\rho = 9,76 \mu$    | $\rho = 13,66 \mu$   | $\rho = 17,57 \mu$   |

Mais il faut noter que cette dimension de la tache dépendant uniquement du rapport  $f/D$  et non des dimensions propres du miroir, l'importance relative d'un tel défaut s'atténue lorsque les dimensions du télescope augmentent.

Prenons par exemple le cas de l'observation de Jupiter dont le diamètre apparent moyen est de  $40''$  ; avec deux télescopes Newton classiques pour lesquels  $f/D = 6$ .

S'il s'agit d'un appareil avec miroir  $D = 200$  mm, on a  $f = 1\ 200$  mm, au foyer l'image de Jupiter est un disque de diamètre  $d$  :

$$d_1 = 1\ 200 \times \text{tg } 40'' = 0,2327 \text{ mm ou } 232,7 \mu$$

Par contre si nous observons avec un appareil ayant un miroir de  $1\ 000$  mm, donc de focale  $6\ 000$  mm,

$$d_2 = 6\ 000 \times \text{tg } 40'' = 1,1635 \text{ mm ou } 1\ 163,5 \mu$$

Le faux disque ayant dans les deux cas (voir ci-dessus) le même rayon de  $4,1 \mu$  pour la longueur d'onde moyenne  $\lambda = 0,56 \mu$ , soit un diamètre de  $8,2 \mu$ , il représentera un défaut de :

$8,2 : 232,7 = 0,035$  ou  $3,5/100$  du diamètre de l'image pour le télescope d'amateur ( $D = 200$ ) et seulement :

$8,2 : 1\ 163,5 = 0,007$  ou  $7/1\ 000$  de l'image pour le télescope professionnel ( $D = 1\ 000$ ).

Afin de mieux cerner ce problème considérons maintenant non plus la dimension linéaire du faux disque, mais sa dimension *angulaire*, plus précisément son *diamètre apparent*, donc l'angle sous lequel elle sera vue depuis le centre du miroir, nous l'exprimerons en secondes d'arc, soit  $\rho''$  cet angle.

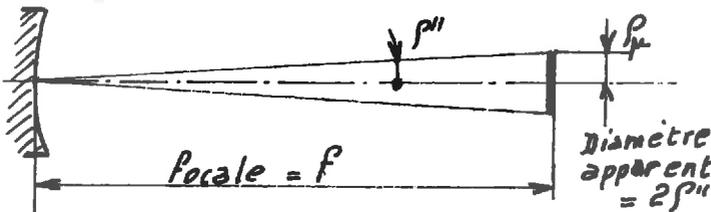


FIGURE 2

Nous avons vu (formule 1 ci-dessus) que :

$$\rho \mu = 1,22 \lambda \frac{f}{D}$$

D'après la figure 2 ci-dessus, on a :

$$\text{tg } \rho'' = \frac{\rho \mu}{f} = 1,22 \lambda \frac{f}{D} \times \frac{1}{f}$$

Soit :

$$\text{tg } \rho'' = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

Pour que cette formule soit valable, nous devons exprimer  $\lambda$  et  $D$  avec la même unité, le mm,  $\lambda$  étant donné en micron ( $\mu$ ) et  $1\mu$  valant 0,001 mm, il vient donc :

$$\text{tg } \rho'' = \frac{1,22 \times \lambda \times 0,001}{D \text{ mm}}$$

Soit, pour la longueur d'onde du jaune vert (0,56  $\mu$ ) :

$$\text{tg } \rho'' = \frac{0,000683}{D}$$

Pour les petits angles, la tangente est pratiquement égale à la valeur de cet angle en radians, comme un radian contient 206 265 secondes d'arc, la valeur de " en secondes d'arc est donc :

$$\rho'' = \frac{0,000683}{D \text{ mm}} \times 206 \ 265 = \frac{140,9}{D \text{ mm}} \quad (2)$$

Donc, pour une longueur d'onde donnée, le rayon angulaire  $\rho''$  du faux disque ne dépend que du diamètre  $D$  de l'objectif.

**Signification du résultat ci-dessus :** le pouvoir résolvant d'un objectif dépend avant toute chose de son ouverture ; en effet (voir figure 3 ci-dessous) si deux faisceaux lumineux tombent sur l'objectif, lentille ou miroir, peu importe, en faisant entre eux un angle inférieur à  $\rho''$  ils donneront dans le plan focal deux taches pratiquement confondues, les images données par les deux faisceaux ne seront pas discernables l'une de l'autre.

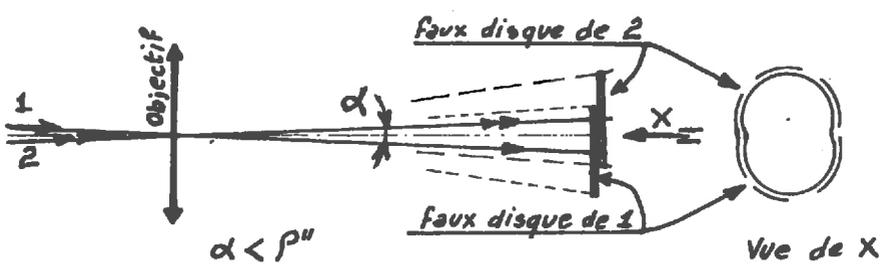


FIGURE 3

## II – Grossissement

### a) Effet de la combinaison Objectif + Oculaire :

L'oculaire agit comme une loupe qui permet de voir sous un angle apparent augmenté, l'image de l'objet donnée par l'objectif, l'objet qui serait vu à l'œil nu sous un

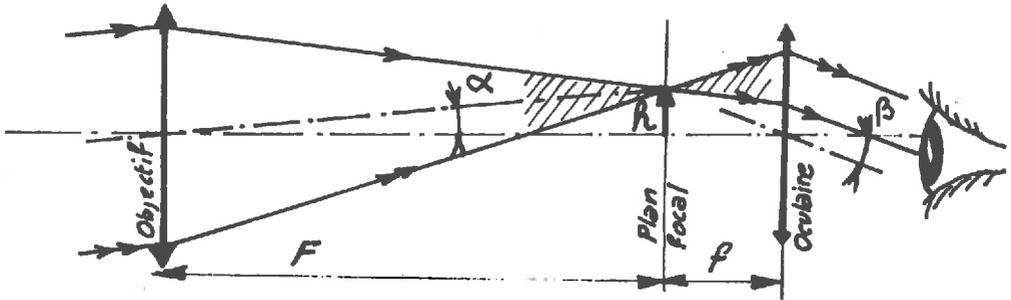


FIGURE 4

angle apparent  $\alpha$  donne dans le plan focal une image de hauteur  $h$  que l'œil voit, à travers l'oculaire, sous un angle  $\beta$  et l'on a (voir figure 4) :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{F} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{h}{f}$$

soit pratiquement, en exprimant ces angles, qui sont petits, en radians :

$$\alpha = \frac{h}{F} \quad \beta = \frac{h}{f}$$

Le grossissement est alors donné par :

$$G = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{h/f}{h/F} = \frac{F}{f} \quad (3)$$

### b) Pouvoir séparateur de l'œil :

L'application des calculs précédents (dimensions du faux disque) à l'œil considéré comme un objectif parfait, montre que le pouvoir séparateur *théorique* de l'œil est 0,6' ou 35".

En effet le diamètre maximum de la pupille, qui est le diamètre de l'objectif «œil», est de 8 mm, pour la longueur d'onde de 0,56  $\mu$  (maximum de sensibilité) ; on aura donc, pour le rayon  $\rho''$  du faux disque :

$$\rho'' = \frac{141}{8} = 17,6''$$

La tache de diffraction minimum au fond de l'œil aura donc un diamètre apparent de  $2\rho'' = 35''$ .

En réalité, l'œil n'est pas un objectif parfait et en pratique une personne ayant une *vue normale* verra, à la limite, sous forme d'un point, un objet ayant un diamètre apparent de 1' ou 60" (une pièce de 1 F vue à 130 m !!), avec une *très bonne vue* on approche de 0,6'.

### c) Grossissement utile $G_u$ :

C'est le grossissement à partir duquel l'œil peut distinguer deux points très rapprochés ; on peut considérer pratiquement que cette condition est réalisée lorsque les centres des faux disques (voir figure 5) sont distants, vus à travers l'oculaire, de 1' ou 60", cette distance correspondant, dans le plan focal, au rayon  $f''$  du faux disque donné par l'oculaire ; on trouve que :

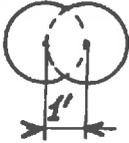


FIGURE 5

$$G_u = \frac{60''}{f''} = 60'' \times \frac{D \text{ mm}}{141}$$

$$G_u = 0,426 D \text{ mm}$$

$$\text{Soit pratiquement : } G_u = \frac{D \text{ mm}}{2}$$

En fait, à ce grossissement, l'œil ne voit que deux points presque confondus ; pour distinguer plus nettement les deux disques, il faut leur donner un diamètre sensible et, en pratique, on admet que

$$G_u = D \text{ mm} \quad (4)$$

*Le grossissement utile à utiliser avec un objectif de diamètre  $D$  en mm est égal à la valeur de l'ouverture  $D$  exprimée en mm.*

### III – Utilité de grossissements supérieurs à $G_u$

#### a) Dédoublage d'étoiles très serrées :

Les grossissements supérieurs à  $G_u$  auront pour seul effet d'augmenter le rayon des taches de diffraction, mais dans le cas d'examen d'étoiles doubles à la limite de résolution, un grossissement égal à 2 ou 2,5  $G_u$  permettra de distinguer qu'il y a bien deux objets et facilitera la mesure de leur distance angulaire, les faux disques apparaissant nettement sous forme de cercles sécants, ceci évidemment par temps calme car, dans des conditions aussi limites, la moindre turbulence ne montrera plus qu'une tache floue sans forme précise.

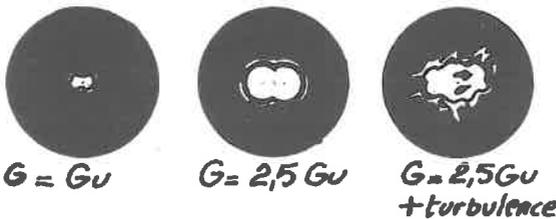


FIGURE 6

Il faut noter également que si les deux composantes ont des éclats trop différents, il ne sera guère possible de les séparer.

#### b) Examen de détails planétaires :

Nous devons considérer qu'une ligne est formée d'une suite de points infiniment rapprochés, chacun de ces points se montrant, au travers de l'instrument, sous la forme de sa tache de diffraction, l'image vue au télescope, avec le grossissement  $G_u$  ou

un grossissement supérieur, sera donc formée par une infinité de faux disques empiétant les uns sur les autres et sera vue sous la forme d'une bande lumineuse de largeur  $2\rho''$  (fig. 7).

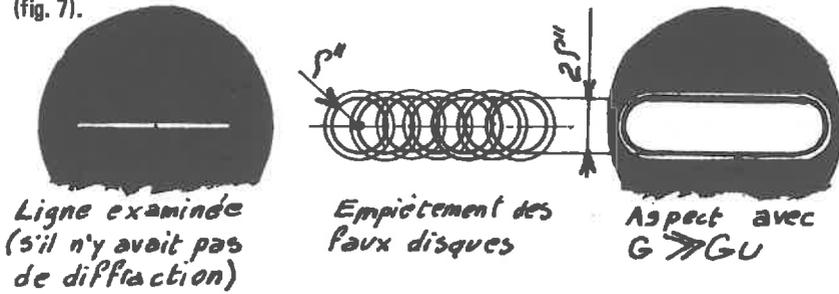


FIGURE 7

S'il s'agit d'une ligne sombre entrecoupée de plages claires (par exemple la division de Cassini dans l'anneau de Saturne) il faut considérer que ce sont les bords de la plage brillante qui forment dans l'image les disques de diffraction, de ce fait une bande sombre de largeur angulaire  $2\rho$  sera pratiquement invisible quelque soit le grossissement.

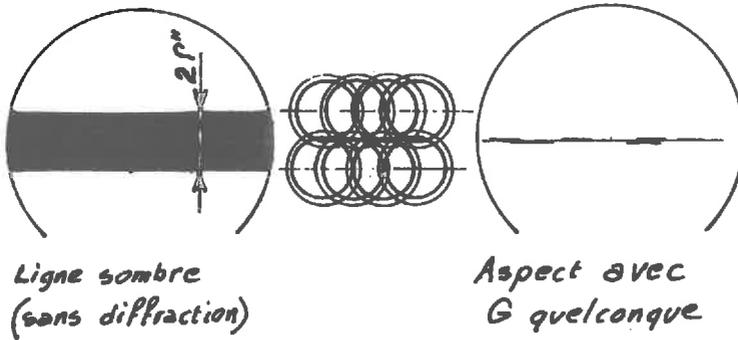


FIGURE 8

Pour qu'une telle ligne soit visible, il faut qu'elle ait, vis-à-vis de l'instrument utilisé, une largeur réelle d'au moins  $3\rho$ , elle sera vue alors, avec de forts

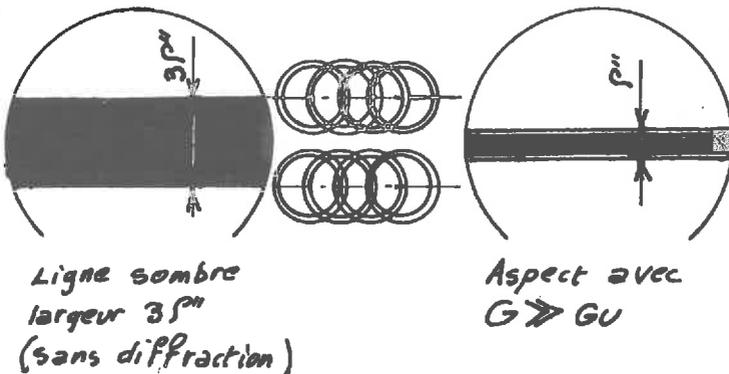


FIGURE 9

grossissements, sous forme d'une ligne estompée de largeur  $\rho''$ . Ainsi, avec un miroir de 200 mm de diamètre, nous ne pourrions voir au minimum qu'une ligne sombre de largeur réelle

$$l = 3 \rho'' = 3 \times \frac{141}{D} = 2'' \text{ d'Arc}$$

et il sera vain d'essayer de distinguer un détail de  $1''$  d'arc en augmentant le grossissement, nous ne ferons que faire palir une image où l'œil cherchera un détail que son instrument ne peut lui montrer. Par contre, avec le même miroir, nous séparerons très bien une double dont les composantes ont une distance angulaire de  $3 \rho'' = 2''$  (fig. 10), par exemple :

$\epsilon_1$  ou  $\epsilon_2$  Lyre ( $\epsilon_1 2''7$  ;  $\epsilon_2 2''25$ )

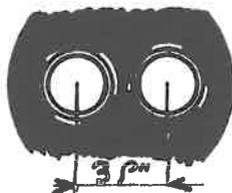


FIGURE 10

*Nota :* ceci explique, par exemple, que l'on puisse voir de très loin les fils d'une toile d'araignée brillants sur le fond sombre d'une haie, alors que, à la même distance, des fils téléphoniques de diamètre beaucoup plus gros, mais noirs sur un ciel clair, sont à peu près invisibles.

#### IV – Conclusion

Ce long exposé peut se résumer dans les lignes qui suivent et qu'il est important de répéter autour de soit, en particulier à ceux qui ajoutent foi à des publicités mirifiques sur les lunettes et télescopes :

1- Le pouvoir résolvant d'un appareil d'optique dépend avant toute chose de son ouverture, c'est-à-dire de son diamètre d'objectif D.

2- Le grossissement utile pour l'observation planétaire est en pratique égal au nombre de millimètres de son diamètre D.

3- Un grossissement plus important, égal à  $2$  ou  $2,5 \times D - 3 D$  à l'extrême limite- n'est utilisable que pour la séparation d'étoiles doubles très serrées.

4- Très souvent, pour l'observation des planètes ou de la Lune, un grossissement de  $0,75 D$  ou  $0,5 D$  montrera, avec moins de fatigue pour l'œil, autant de détails que le grossissement utile  $G = D$ .

5- Si l'on construit de très grands télescopes, ce n'est pas uniquement pour réaliser des performances techniques, mais pour :

- augmenter la quantité de lumière collectée pour voir ou photographier des objets d'éclat très faible (la quantité de lumière collectée est proportionnelle au carré du diamètre  $D^2$ ).

-augmenter le pouvoir séparateur de l'instrument (proportionnel au diamètre D) pour voir des détails plus fins (par exemple : résolution d'amas en étoiles) et pour pouvoir mesurer leur position avec précision.

*R. Prud'homme*



**Société Astronomique de Lyon**  
*69230 – Saint-Genis-Laval*

**Sommaire**

- 1 – Notes concernant les instruments pour observations astronomiques.
- 11 – Limite de résolution des appareils optiques.

*Prix : 10 F*