

# VOYAGER 3 ASTRONOMIE

Rédacteur: Yves COUERON

01 mars 2011

## OCULAIRES ET INSTRUMENTS

### PRESENTATION

Les instruments d'observations astronomiques sont composés du tube optique et de divers oculaires et accessoires.

Dans un premier temps, nous nous intéresserons aux tubes optiques, puis nous examinerons les oculaires et leurs adaptations avec les tubes optiques.

Nous appliquerons ces informations à 5 instruments, représentatifs du matériel amateur.

<b>Instruments</b>
Dobson 250 x 1250
Newton 314 x 1930
Newton 114 x 900
Schmit-Cassegrain 200 x 2000
Maksutov 102 x 1300

# LES TUBES OPTIQUES

## **Un tube optique, c'est quoi?**

C'est l'ensemble composé d'un tube lui-même et d'un objectif.

L'objectif est, soit un assemblage de lentilles dans le cas de lunettes, soit un miroir primaire pour les télescopes.

## **Quelles sont les principales caractéristiques des objectifs?**

Le diamètre de l'objectif, désigné D, exprimé en mm.

La distance focale de l'objectif, désignée F, exprimé en mm.

L'ouverture, que l'on va désigner O, est le rapport entre la distance focale de l'objectif et son diamètre

$$\text{soit } O = F / D$$

ATTENTION AU VOCABULAIRE:

plus le chiffre de l'ouverture est petit, plus l'ouverture est grande et plus l'instrument est "ouvert".

Distance focale et diamètre de l'objectif sont toujours inscrits sur le tube de l'instrument. Le premier nombre est le diamètre, le 2ème est la distance focale.

Exemple: 114 x 900 désigne un tube optique dont l'objectif a un diamètre de 114 mm et une distance focale de 900 mm. Son ouverture est donc de 8.

## **A quoi sert l'objectif?**

Il sert à former une image de l'objet vers lequel il est dirigé.

Cette image se forme au niveau du plan focal pour un objet situé à très grande distance.

Par construction, le plan focal se situe un peu à l'extérieur du porte-oculaire de l'instrument.

Cette image est d'autant plus "grande" que la distance focale de l'objectif est grande.

A retenir: la taille de l'image de la Lune dans le plan focal d'un objectif de 1000 mm de focale fait environ 10 mm.

Pour voir cette image, il suffit de pointer l'instrument vers la Lune, sans oculaire et de regarder dans le porte-oculaire en se reculant de 30 à 40 cm.

## **Les instruments de nos exemples**

Nous appliquerons nos constatations aux 5 instruments suivants.

Ils sont classés par ordre croissant d'ouverture.

<b>Instruments</b>	<b>ouverture</b>
Dobson 250 x 1250	5
Newton 314 x 1930	6,1
Newton 114 x 900	8
Schmit-Cassegrain 200 x 2000	10
Maksutov 102 x 1300	12,7

# **LES OCULAIRES**

## **Un oculaire, c'est quoi ?**

C'est un accessoire composé de plusieurs lentilles, indispensable à toutes observations visuelles, en complément à tout tube optique.

## **A quoi sert un oculaire ?**

Il sert à grossir l'image formée par l'objectif.

## **Quelles sont les caractéristiques principales des oculaires?**

Nous allons examiner les principales caractéristiques suivantes:

coulant oculaires et porte-oculaire  
longueur focale oculaire (désignée  $f$ )  
formule optique et champs oculaire  
relief d'œil

# LE COULANT

## C'est quoi ?

Le diamètre du tube de l'oculaire qui s'adapte dans le porte-oculaire.

Les coulants porte-oculaire et oculaires sont donc intimement liés.

## Quels sont les coulants standard des matériels amateurs:

les coulants sont désignés, soit en mesure américaine ( le pouce ="), soit en métriques (mm)

le 1,25" = 31,75 mm

le 2" = 50,8 mm

les coulants 27 mm et 50 mm (= des standards Clavé) sont abandonnés.

le coulant 1" = 25,4 mm se trouve sur le matériel de bas de gamme,

conseil: ce coulant est à éviter.

## Lequel choisir ?

Le plus grand diamètre possible pour avoir le plus grand champs instrument possible,

A chaque coulant correspond un diamètre maxi du diaphragme oculaire.

**Coulant porte-oculaire** et **focale de l'objectif** définissent seules le champs maxi instrument

Instruments	ouverture	Coulant porte-oculaire 1,25"	Coulant porte-oculaire 2"
		diam maxi diaph = 27 mm	diam maxi diaph = 46 mm
Dobson 250 x <b>1250</b>	5	1,3°	2,1°
Newton 314 x <b>1930</b>	6,1	0,8°	1,35°
Newton 114 x <b>900</b>	8	1,8°	2,9°
Schmit-Cassegrain 200 x <b>2000</b>	10	0,8°	1,3°
Maksutov 102 x <b>1300</b>	12,7	1,2°	2°

C'est le fabricant de l'instrument qui choisit le coulant du porte-oculaire.

mais il y a des limites:

- le type d'instrument (lunette ou télescope)
- l'usage souhaité (visuelle ou photographie)
- le type d'observations pratiquées (planétaire ou ciel profond)

## En règle générale,

les télescopes < 250mm et lunettes < 80 mm sont équipés de porte-oculaires de 1,25" .

les télescopes > 250mm et lunettes > 80 mm sont équipés de porte-oculaires de 2" .

## Bagues d'adaptation

Il est tout à fait possible d'utiliser un oculaire 1,25" dans un porte-oculaire 2" au moyen d'une bague d'adaptation 2"x 1,25".

L'inverse n'est pas possible.

# LONGUEUR FOCALE OCULAIRE (f)

## **C'est quoi ?**

C'est la caractéristique principale de l'oculaire. On va la désigner f.

Elle est toujours indiquée sur les oculaires, sous la forme d'un nombre, de mm.

## **A quoi sert elle?**

Elle permet de calculer le grossissement obtenu par l'assemblage de l'instrument avec l'oculaire.

## **Comment calculer le grossissement?**

Il suffit de diviser la longueur focale de l'objectif par la longueur focale de l'oculaire.

Soit  $G = F / f$

Exemple: un oculaire de 10 mm utilisé sur tous les instruments ayant des objectifs de 900 mm, donne un grossissement de 90.

## **Combien faut-il d'oculaires?**

Plusieurs pour couvrir le plus possible toute la plage de grossissements permise par la diamètre de l'objectif.

Un nombre de 3 semble un minimum.

En pratique, 4 ou 6 voir 8 grossissements peuvent être nécessaires pour une bonne répartition.

## **Quelle est la plage de grossissement?**

Elle va d'un grossissement minimal à un grossissement maximal en passant par le grossissement résolvant dépendant uniquement du diamètre de l'objectif.

## **Quel oculaire donne le grossissement mini?**

Il faut que la pupille de sortie PS soit égale à la pupille maxi de l'œil de l'observateur

La pupille de sortie est le petit cercle clair que l'on peut voir dans l'oculaire, en s'écartant de 30 à 40 cm de l'oculaire mis en place dans un instrument braqué vers le ciel en journée.

Son diamètre se calcule en divisant, le diamètre de l'objectif en mm, par le grossissement obtenu avec cet oculaire, soit  $PS = D / G$ .

On peut aussi le mesurer avec une règle mais la précision est faible.

La pupille maxi de l'œil varie selon les individus: 7 mm pour un "jeune", 5 mm pour un "quinquagénaire"

Après mixage des 3 formules  $G = F / f$  et  $PS = D / G$  et  $O = F / D$ , on obtient la relation entre la focale oculaire, l'ouverture du primaire et la pupille sortie:

$f = \text{Ouverture} \times PS$

dans laquelle la seule caractéristique instrumentale entrant en jeu est l'ouverture de l'objectif.

On en conclue que tous les instruments de même ouverture donne le grossissement mini avec la même focale oculaire.

Nos exemples

<b>Instruments</b>	<b>ouverture</b>	fmaxi pour "jeune" pupille = 7 mm	fmaxi pour "quinqua" pupille = 5 mm
Dobson 250 x 1250	<b>5</b>	35 mm	25 mm
Newton 314 x 1930	<b>6,1</b>	42 mm	30 mm
Newton 114 x 900	<b>8</b>	56 mm	40 mm
Schmit-Cassegrain 200 x 2000	<b>10</b>	70 mm	50 mm
Maksutov 102 x 1300	<b>12,7</b>	89 mm	63 mm

Le grossissement mini (ou équipupilaire) se calcule en divisant le diamètre de l'objectif par la pupille de sortie ayant pour valeur 7 mm à 5 mm.

$$\text{Soit } G_{\text{mini}} = D / \text{PS}$$

ainsi, le grossissement mini de tous les instruments ayant un objectif de 114 mm est de 16 à 23.

### Quel oculaire donne le grossissement maxi?

L'optique et la pratique montrent que le grossissement maxi d'un instrument est uniquement fonction du diamètre de l'objectif D

selon le critère  $G_{\text{max}} = 2,5 \times D$  (en mm)

Petite application: le grossissement maxi d'un télescope 114 x 900 est donc de  $114\text{mm} \times 2,5 = 285$ .

Après mixage des 3 formules  $G = F / f$  et  $G = 2,5 \times D$  et  $O = F / D$ , on obtient la relation entre la focale oculaire et l'ouverture de l'objectif:

$$f_{\text{mini}} = \text{Ouverture} / 2,5$$

dans laquelle la seule caractéristique instrumentale entrant en jeu est l'ouverture de l'objectif.

On en conclue que tous les instruments de même ouverture donne le grossissement max avec la même focale oculaire.

Nos exemples

<b>Instruments</b>	<b>ouverture</b>	fmini
Dobson 250 x 1250	<b>5</b>	2 mm
Newton 314 x 1930	<b>6,1</b>	2,5 mm
Newton 114 x 900	<b>8</b>	3,2 mm
Schmit-Cassegrain 200 x 2000	<b>10</b>	4 mm
Maksutov 102 x 1300	<b>12,7</b>	5,1 mm

## Quel oculaire donne le grossissement résolvant?

Le grossissement résolvant est le grossissement permettant de voir tous les détails de l'image formée par l'objectif.

Il correspond à un grossissement égal au diamètre de l'objectif,  
soit  $G_{\text{résol}} = D$  (en mm)

Après mixage des 3 formules  $G = F / f$  et  $G = D / f_{\text{résol}}$  et  $O = F / D$ , on obtient la relation entre la focale oculaire et l'ouverture du primaire:

$f_{\text{résol}} = \text{Ouverture}$

dans laquelle la seule caractéristique instrumentale entrant en jeu est l'ouverture de l'objectif.

On en conclue que tous les instruments de même ouverture donne le grossissement résolvant avec la même focale oculaire.

Nos exemples

Instruments	ouverture	f résol
Dobson 250 x 1250	<b>5</b>	5 mm
Newton 314 x 1930	<b>6,1</b>	6,1 mm
Newton 114 x 900	<b>8</b>	8 mm
Schmit-Cassegrain 200 x 2000	<b>10</b>	10 mm
Maksutov 102 x 1300	<b>12,7</b>	12,7 mm

## Récapitulons

Récapitulons dans un même tableau les 3 grossissements étudiés.

Instruments	ouverture	fmaxi pour "jeune"	fmaxi pour "quinqua"	f résol	fmini
		PS = 7 mm	PS = 5 mm	PS = 1 mm	PS = 0,4 mm
Dobson 250 x 1250	<b>5</b>	35 mm	25 mm	5 mm	2 mm
Newton 314 x 1930	<b>6,1</b>	42 mm	30 mm	6,1 mm	2,5 mm
Newton 114 x 900	<b>8</b>	56 mm	40 mm	8 mm	3,2 mm
Schmit-Cassegrain 200 x 2000	<b>10</b>	70 mm	50 mm	10 mm	4 mm
Maksutov 102 x 1300	<b>12,7</b>	89 mm	63 mm	12,7 mm	5,1 mm

Remarque n°1: le seul critère instrumental à prendre en considération pour le choix des distances focales des oculaires est l'ouverture du primaire.

Remarque n°2: un ensemble d'oculaires est compatible avec tous les tubes optiques de même ouverture.

Remarque n°3: nos besoins peuvent aller de 89 mm à 2 mm.

### **Quelles sont les focales oculaires du commerce?**

Les fabricants d'oculaires proposent des focales oculaires allant de 40 à 4 mm.

On remarque que la plage de focales oculaires est plus réduite que celle de nos besoins:

Focale oculaire pas assez courte pour atteindre le grossissement maxi avec les instruments très ouverts, soit  $O < 6$ .

Focale oculaire pas assez longue pour atteindre le grossissement mini avec les instruments peu ouverts, soit  $O > 8$ .

### **Comment atteindre le Gmax avec un instrument très ouvert?**

En utilisant une lentille de Barlow.

La lentille de Barlow est un accessoire optique qui multiplie la distance focale du primaire par un facteur de 2 ou 3 voir plus. Ainsi, avec une Barlow multipliant par 2, un Dobson 250 x 1250 ouvert à 5, devient un télescope 250 x 2500 ouvert à 10.

Elle permet les forts grossissement pour les instruments à grande ouverture ( $O < 6$ )

Elle s'intercale devant l'oculaire lui-même. Elle a donc le même coulant.

### **Comment atteindre le Gmini avec un instrument peu ouvert?**

En utilisant un réducteur de focale.

Le réducteur de focale est un accessoire optique qui diminue la distance focale du primaire d'un facteur de 0,63 à 0,33. Ainsi, avec un réducteur de focale divisant par 0,63, un Schmit-Cassegrain 200 x 2000 ouvert à 10, devient un télescope 200 x 1260 ouvert à 6,3.

Il permet les faibles grossissement pour les instruments à petite ouverture ( $O > 8$ )

Il s'intercale devant l'oculaire lui-même. Il a donc le même coulant.

# **FORMULES OPTIQUES ET CHAMPS OCULAIRE**

## **Qu'est ce la formule optique?**

Cela désigne les différentes manières d'assembler les lentilles composant les oculaires.

## **Quelles différences entre ces différentes formules ?**

La caractéristique essentielle propre à chaque formule optique est le champs oculaire, mesuré en degré d'angle.

L'évolution dans le temps a été un élargissement du champs oculaire.

## **Qu'est ce que le champs oculaire?**

C'est l'angle sous lequel on voit le diaphragme de l'oculaire.

Il délimite le bord de l'image observée.

Pour se rendre compte de la différence des tailles des champs oculaires, observer dans des oculaires de différentes formules optiques et comparer.

En règle générale, tous les oculaires d'une même formule optique, ont le même champs angulaire.

## **Comment les distinguées?**

En regardant la (les) lettre(s) inscrite(s) sur l'oculaire.

Voir la colonne "Notation" du tableau ci-dessous.

## **Les différentes formules optiques**

Désignation	Notation	Année de création	Champs	Nombre lentilles	Commentaires
de Galilée		Avant 1600	faible	1 diverg	Le seul à ne pas inverser les images
de Kepler		1603	faible	1 converg	
de Huygens	H	1703	30°	2	Variante HM
de Ramsden	R et SR	1790	<40°	2	Meilleurs qualité mais champs plus réduit
de Kellner	K ou Ke	1750	<40°	3	
de Plössl	Pl	1860	50°	4	Variante SP: super plossl
orthoscopique	Or	1880	40° à 50°	4	
de Koning	Ko			3	évolution de Kellner
de Erflé	Er		60° à 80°	5 à 6	évolution de Plössl
de Wide Angle	WA				évolution de Plössl
Nagler		1985	82°	7 à 8	
Ethos		2008	100°	7 à 8	

### Mais lesquelles choisir?

Pour avoir une qualité suffisante et un champs acceptable, et sans se ruiner, choisir au moins des oculaires Plössl ou Orthoscopique.

On trouve encore des oculaires de formules H, R et K fournis avec des instruments de bas de gamme, mais souvent on y gagne beaucoup à les remplacer.

Si on dispose d'un budget plus important, notre choix peut se porter sur des oculaires "grands champs".

Sur un instrument, on peut utiliser des oculaires de formules différentes.

### Quels sont les intérêts du "grand champs"

Avoir un grossissement important tout en conservant un large champs instrument en ciel profond. (Voir le calcul du champs instrument ci-dessous)

Cela procure une sensation d'immersion dans l'espace inoubliable.

Par contre, ils ont peu d'intérêt en planétaire, sauf pour la Lune.

#### REMARQUE:

un oculaire "grand champs" n'apporte rien sur le champs maxi instrument qui ne dépend que du coulant du porte-oculaire. (voir le paragraphe précédent LES COULANTS)

#### CALCUL DU CHAMPS INSTRUMENT

Le champs instrument se calcul facilement en divisant le champs oculaire par le grossissement obtenu.

Exemple: un oculaire Plossl dont le champs est de 50° et grossissant 100 fois donne un champs instrument de 0,5°, soit juste la taille de la Lune. Un oculaire Ethos de 100° de champs, grossissant aussi 100 fois, donne un champs de 1°, soit une surface du ciel 4 fois plus étendue que le Plossl.

### Plages des focales selon le champs et le coulant

Chaque formule optique a une limite maxi de longueur focale oculaire, fonction du coulant.

Ces limites diminuent avec l'augmentation du champs oculaire.

Champs oculaire	Coulant 50,8 mm	Coulant 31,75 mm
50°	50 à 30 mm	28 à 4 mm
70°	34 à 22 mm	20 à 4 mm
82°	31 à 17 mm	16 à 4 mm
100°	21 à 14 mm	13 à 6 mm

# **RELIEF D'OEIL**

## **C'est quoi ?**

C'est la distance entre l'arrière de l'oculaire et la pupille de sortie.

Pour bien observer tout le champ, il faut placer l'œil là où se forme la pupille de sortie.

## **Les quels choisir ?**

Le relief d'œil est généralement suffisant.

cependant, les porteurs de lunettes choisiront des oculaires à longs reliefs d'œil leur permettant de conserver leurs lunettes si nécessaire.

# **CONCLUSION**

La composition d'une valise d'oculaires doit tenir compte des paramètres vus ci-dessus mais aussi d'autres paramètres non quantifiables, tel que le confort, les défauts, la transmission lumineuse. L'idéal est le test en situations réelles, sur son propre tube optique. C'est un des nombreux échanges qui font la vie dans les clubs.

Cette valise d'oculaires sera donc composée en fonction du tube optique avec lequel ils seront utilisés, ce tube ayant été choisi en fonction des observations (planétaire, ciel profond ou polyvalent).

Leur coulant est fonction du porte-oculaire qui équipe l'instrument.

Les focales oculaires sont fonction uniquement de l'ouverture de l'objectif.

Cependant il faudra soit une lentille de Barlow pour les instruments très ouverts, soit un réducteur de focale pour les instruments peu ouverts.

La formule optique sera surtout fonction du budget disponible.