

# LA PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE A LA PORTEE DE TOUS

par Jean Chapelle

Président de l'Association des Astronomes Amateurs d'Auvergne  
(supplément pédagogique N°23)

Nous consulter pour l'obtention du plan de montage.

## 1) appareil photo seul et fixe

Mouvement apparent de la voûte céleste : La rotation de la Terre a pour conséquence visuelle, en ce qui nous concerne, une rotation apparente de la voûte céleste : nous avons l'impression que c'est le ciel qui tourne. Si notre appareil photo est fixe, une pose longue fait apparaître ce mouvement : le déplacement apparent de chaque astre laisse une traînée lumineuse sur le film.

## Réalisation de cette photographie

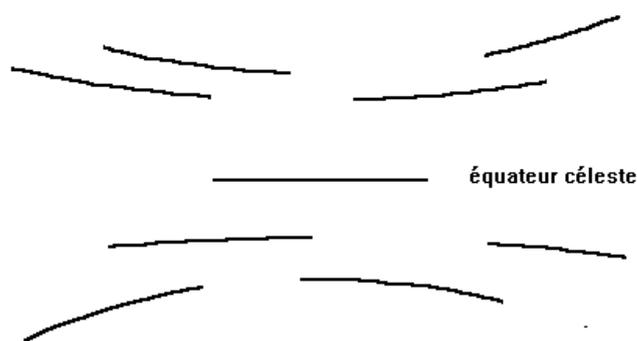
**matériel** : appareil photo ayant la pose B. De préférence un appareil ancien dont la pose est maintenue mécaniquement à partir d'un flexible et non avec l'énergie fournie par une pile qui se décharge rapidement. Appareil au sol : éviter un pied qui peut être la cause de vibrations. Feuille de papier blanc, déposée près de l'appareil, permettant de retrouver facilement ce dernier à l'issue de la pose. Cylindre de papier buvard devant l'objectif pour éviter que celui-ci se recouvre de buée au cours de la pose. époque : nuit très noire, l'idéal étant donc l'hiver, bien après le crépuscule et bien avant l'aube. Prévoir : pas de Lune dans le ciel durant la pose (consulter ses heures de lever et coucher).

**lieu** : la pose étant longue, il faut éviter toute lumière parasite du côté visé (ville, maison proche, phares de véhicules, ... ), c'est-à-dire du côté nord si on veut avoir le centre de rotation sur le cliché.

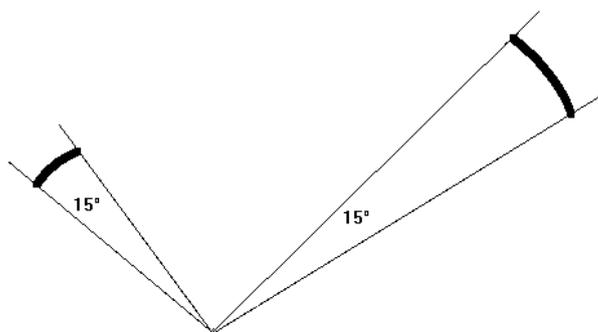
**film** : pas trop sensible pour éviter le fond de ciel (100 à 400 ASA) donc, par commodité, le film en service dans l'appareil à ce moment-là. Film noir et blanc ou couleur. Un film couleur rend très bien les différentes colorations des étoiles.

**réglages** : ouverture maxi ; distance infinie

**cadrage** : si on veut avoir le centre céleste sur le cliché, viser au nord et à 45° environ (en ce qui concerne notre région). Une visée sur l'équateur céleste (sud et 45° environ en ce qui concerne notre région) est aussi intéressante. Prévoir si possible, dans le cadrage, des éléments terrestres de référence (arbres, ... ). Résultat :



**temps de pose** : la rotation de la Terre étant de 360° en 24 h, on a donc = 15° par heure. Plus ce temps sera important, plus les traînées



seront longues et plus le cliché sera spectaculaire (attention à la qualité du site et aux lumières parasites).

**exploitation du cliché** : avec un papier calque, repérer la position de chaque étoile en début de pose et comparer avec une carte du ciel. Avec un rapporteur, mesurer l'angle au centre et retrouver, par le calcul, le temps de pose. Passage éventuel d'étoile filante durant la pose.

## Autres photographies sans lunette ni télescope

**Soleil et Lune** : objectif de la plus grande focale possible. Il faut savoir que le diamètre de chacun de ces deux astres sera, sur le film, d'à peu près 1 cm pour 1 m de focale, donc 1/100 de la distance focale, ce qui donne : 0,5 mm avec un objectif courant de 50 mm, 1,3 mm avec un téléobjectif de 135 mm etc ... Pour le Soleil, placer devant l'objectif un morceau de filtre mylar qui laisse passer 1/10 000 de la lumière (on dit : densité 4) ou 1/1000 de la lumière (on dit : densité 3) ; employer des films peu sensibles (50 ASA ou moins) et des temps de pose très brefs (en fonction des possibilités de l'appareil). Pour la Lune, employer des films très sensibles (400 ASA ou plus) et des temps de pose variés en fonction de l'âge de la Lune et de la focale de l'objectif utilisé (quelques secondes pour avoir la lumière cendrée, la partie éclairée étant un peu surexposée).

**Comètes** : employer également des films très sensibles et expérimenter quelques temps de pose de plus en plus longs à partir de 1s ; la rotation apparente de la voûte céleste créera rapidement un «bougé» perturbateur. C'est cette rotation qui nous limite dans les temps de pose avec un appareil photo fixe. Nous allons résoudre ce problème dans le paragraphe suivant en décrivant un système qui va nous permettre de faire des poses assez longues et photographier quelques constellations, amas d'étoiles, nébuleuses et galaxies, sans utiliser de lunette astronomique ou télescope.

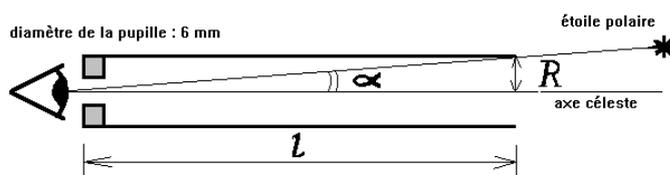
## 2) appareil photo sur monture équatoriale simplifiée

Il s'agit de faire une pose photographique pendant plusieurs minutes, en suivant les astres photographiés. Il faut donc faire tourner l'appareil photographique autour d'un axe parallèle à l'axe de rotation de la Terre, à la même vitesse que la Terre et dans le sens inverse. Le dispositif est appelé «monture équatoriale». Si on ne possède pas une telle monture (possesseur de lunette ou télescope équipé d'une monture équatoriale, éventuellement motorisée), on peut en réaliser une, facilement, soi-même, en consultant le plan

joint à cette brochure. L'appareil photo est fixé sur la planchette mobile. Les deux problèmes les plus importants à résoudre sont : - comment faire pour que l'axe de rotation de la planchette soit parallèle à l'axe de rotation de la Terre ? C'est ce que l'on appelle «la mise en station» ; - comment faire tourner la planchette à la même vitesse que la Terre ? C'est «l'entraînement». Voici comment ces deux problèmes sont résolus.

### mise en station :

C'est le tube qui va nous servir à viser le pôle céleste (par exemple en déplaçant lentement les pieds du support). Ce tube, lors du montage, aura donc été scrupuleusement fixé parallèlement à la charnière. Mais, où est le pôle céleste ? Il se déplace très lentement au cours des années. Il est très proche de l'étoile dite «étoile polaire» (voir la photographie du mouvement apparent de la voûte céleste, montrant que l'étoile polaire n'est pas exactement au centre de rotation). Il se trouve actuellement à  $0,757^\circ$  de cette étoile, du côté de h de la Grande Ourse, comme l'indique le plan. Lors de la visée, on placera l'étoile polaire sur le bord du cercle, à l'opposé de h de la Grande Ourse. L'axe du tube sera alors dirigé vers le pôle céleste car les dimensions ont été calculées à cet effet (voir le schéma suivant).

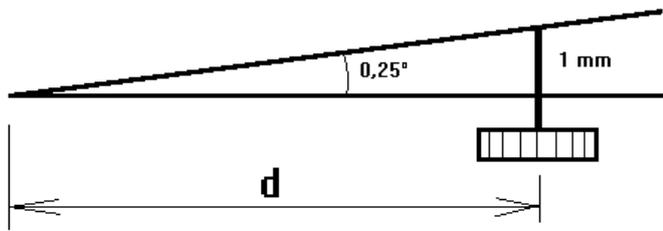


$\tan \alpha = R/L = R \cotan \alpha$  si  $R = 8$  mm et  $\alpha = 0,757^\circ$   $L = 8 \cotan 0,757^\circ = 605$  mm

Conclusion : tube de 605 mm de long pour un diamètre intérieur de 16 mm. Pour un tube de diamètre intérieur différent on déterminera la longueur  $L$  en reprenant les calculs précédents.

### entraînement :

La rotation de la planchette mobile est assurée par l'intermédiaire d'une tige filetée au pas de 1 mm (voir le plan). On a choisi à l'entrée une vitesse simple, facile à réaliser manuellement, et on a calculé les dimensions à respecter de telle



sorte qu'à la sortie on ait la même vitesse angulaire que la Terre. Vitesse à l'entrée : 1 tour/mi-  
nute (la tige filetée avance de 1 mm). Le disque a  
30 graduations. On en fera donc passer 1 toutes  
les 2 secondes. Un procédé commode consiste  
à avoir enregistré, sur une cassette, 1 « bip »  
toutes les 2 secondes. Vitesse à la sortie : 1 tour/  
jour donc  $360/(24*60) = 0,25^\circ/\text{minute}$

$$\tan 0,25^\circ = 1/d \quad d = \cotan 0,25^\circ \quad d = 229 \text{ mm}$$

Le calcul précédent est fait pour la première  
minute, avec, au départ, les deux planchettes  
plaquées l'une contre l'autre. Le dessin suivant  
montre que, par la suite, pour des déplacements  
égaux de la tige, les angles ont une valeur qui  
diminue progressivement :

Il devrait y avoir un rattrapage à faire. En réalité,  
le calcul montre que ce rattrapage est vraiment  
minime et inutile pour les temps de pose que  
notre système permet de réaliser correctement  
(rattrapage de l'ordre de 1 à 2 graduations à l'is-  
sue de 20 minutes de pose).

films : avec ce système, on va faire des photo-  
graphies du ciel profond (constellations, amas  
d'étoiles, nébuleuses, galaxies). On emploiera  
des films très sensibles et des poses longues à  
condition de tenir compte du phénomène suivant  
: la sensibilité des films diminue très rapidement  
avec le temps de pose (écart à la loi de récipro-  
cité appelé « effet Schwarzschild »). Ce phéno-  
mène n'a pas été évoqué précédemment, quand  
l'appareil photo était fixe, car les étoiles, en se  
déplaçant, impressionnent successivement des  
endroits différents du film. Dans le cas présent  
du suivi, la lumière impressionnant continuelle-  
ment la même partie du film, la sensibilité chute  
rapidement en cet endroit. Cette diminution pro-  
gressive de sensibilité n'est pas la même pour  
tous les films ; il faut se renseigner et rechercher  
des films présentant peu d'écart à la loi de réci-  
procité. Il est également possible de faire subir,  
avant l'exposition, à un film qui n'est pas corrigé,

un traitement chimique, appelé hypersensibilisa-  
tion, qui augmente sa sensibilité et réduit consi-  
dérablement son écart à la loi de réciprocity :  
certains magasins spécialisés le font ; l'Associa-  
tion des Astronomes Amateurs d'Auvergne le fait  
également .

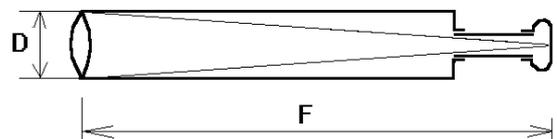
### 3) appareil photo sans objectif , sur lunette ou télescope sans oculaire

Les objets étant à l'infini, l'image se forme au  
foyer de la lunette. C'est à cet endroit que devra  
être le film. La lunette joue le rôle d'un super té-  
léobjectif monté sur le boîtier de l'appareil pho-  
tographique.

#### La luminosité de l'image :

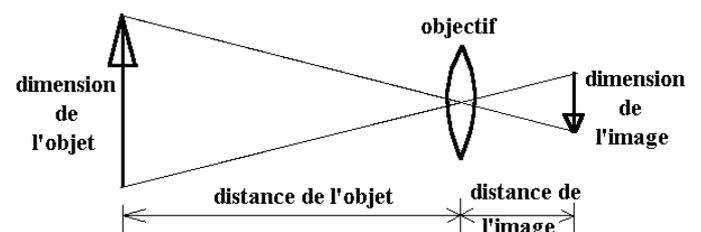
elle est liée au rapport  $F/D$  appelé rapport d'ou-  
verture ( $F$  étant la distance focale et  $D$  le diamètre  
de l'objectif). Exemple : pour la photographie au  
foyer de notre télescope équipé d'un miroir de  
250 mm de diamètre et de 1,50 m de distance  
focale, le rapport d'ouverture est  $1500/250 = 6$ .

Plus ce rapport est petit, plus la luminosité est  
grande. Pour les objets célestes de faible lumi-  
nosité, il est intéressant d'avoir un rapport  $F/D$



le plus petit possible (dons  $F$  petit et  $D$  grand ) .  
Remarque : la luminosité varie avec l'inverse du  
carré de  $F/D$  : si on passe de  $F/D = 6$  à  $F/D =$   
 $12$ , le rapport de luminosité a été multiplié par 2,  
mais la luminosité a été divisée par 22 ; l'image  
est donc 4 fois moins lumineuse.

La dimension de l'image :



Propriété :  $\frac{\text{distance de l'objet}}{\text{dimension de l'objet}} = \frac{\text{distance de l'image}}{\text{dimension de l'image}}$

l'image

Appliquons cette propriété à la photographie du Soleil au foyer d'une lunette ou d'un télescope de 1 m de focale :

distance du Soleil = 150 000 000 km

diamètre du Soleil = 1 400 000 km

distance de l'image (distance focale) = 1 m

diamètre de l'image = d (en cm)

Après avoir exprimé ces dimensions en cm, on a :

$$\frac{15 \times 10^{12}}{14 \times 10^{10}} = \frac{10^2}{d}$$

D'où : d = 14/15 , soit environ 1 cm

Retenons cette propriété : dans la photographie au foyer, le Soleil, et par voie de conséquence la Lune qui a le même diamètre apparent, ont, sur le film, environ 1 cm de diamètre pour 1 m de focale.

Ils sont donc intéressants en photographie au foyer .

Et les autres astres ? Si je veux prévoir leur dimension sur le film, je peux, par exemple, comparer leur dimension apparente à celle du Soleil : si je veux photographier Jupiter, je lis sur les éphémérides de l'A.A.A.A. : rayon de Jupiter = 16" ; rayon du Soleil = 16'17", le rapport est environ 1/60, donc, au foyer de ma lunette de 1 m de focale, Jupiter aura un diamètre de 1/60 de cm, soit 1/6 de mm . Pour photographier Jupiter, je choisirai donc un autre procédé (voir le paragraphe n°4).

#### Le temps de pose :

Il faudra faire des essais. Néanmoins, il existe une formule qui permet de déterminer le temps de pose à partir d'exemples de photographies réussies (personnelles ou lues dans une revue d'astronomie) :

$$T = k \frac{O^2}{S}$$

T est le temps de pose ;

k est un coefficient lié à l'objet photographié ;

O est le rapport d'ouverture ;

S est la sensibilité du film.

Exemple : j'ai réussi une bonne photographie

de la Pleine Lune au foyer du télescope pour lequel F = 1500mm et D = 250mm, donc F/D = 6 . J'avais un film de 25 ASA et le temps de pose a été 1/250 de seconde . Je porte ces valeurs dans la formule citée précédemment ;

$$\frac{1}{250} = k \times \frac{6^2}{25}$$

j'en déduis :

k = 1/360 et la formule devient, dans le cas de la photographie de la Pleine Lune au foyer

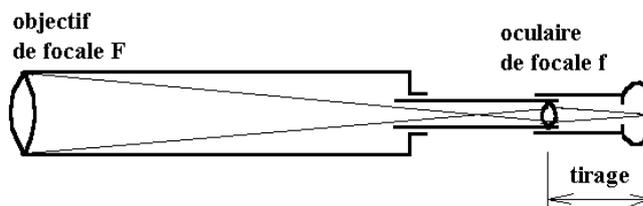
$$T = \frac{O^2}{360 S}$$

Si je veux maintenant faire cette photographie avec un autre instrument et un autre film, je remplace, dans la formule ci-dessus, O et S par leurs nouvelles valeurs, pour avoir une idée du temps de pose.

Remarques :

Pour le Soleil au foyer, on emploiera du filtre mylar de densité 3 ou 4 (voir dans la 1ère partie, à la fin du paragraphe 1), un film très lent et des temps de pose très brefs (1/500 ou 1/1 000 de seconde). Pour les objets de faible luminosité (nébuleuses, galaxies, ...), on emploiera des temps de pose longs, nécessitant un suivi, des films très sensibles, de préférence hypersensibilisés (voir dans la 1ère partie, à la fin du paragraphe 2 ).

#### 4) appareil photo sans objectif , sur lunette ou télescope avec oculaire



Ce montage nous permet d'obtenir les grossissements désirés pour l'image, dont la dimension sera fonction de la focale de l'oculaire choisi et du tirage. On utilise les formules énoncées dans le paragraphe précédent après avoir calculé, au

préalable, ce que l'on appelle " la focale équivalente " , que l'on notera  $F_e$  :  $F_e$  est la distance focale qu'aurait la lunette (ou le télescope) donnant, au foyer, l'image de même dimension que celle obtenue par ce montage.

$$F_e = F * (\text{tirage}/f) - 1$$

Exemple : photographie de Jupiter avec mon télescope de 1,20 m de focale ; je mets un oculaire de 6 mm de focale et j'emploie un tirage de 12 cm.

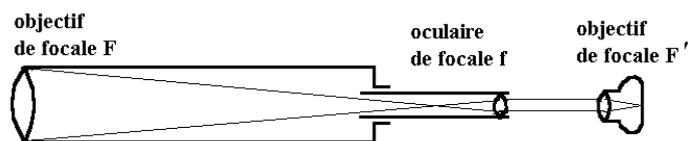
$$F_e = 1200 * (120/6) - 1 = 22\ 800 \text{ mm} = 22,80 \text{ m}$$

L'image obtenue sur le film est celle que j'aurais eu au foyer si mon miroir de télescope avait eu 22,80 m de focale. Appliquons la propriété vue dans le paragraphe 3, concernant le diamètre de l'image de Jupiter ( 1/6 de mm pour 1 m de focale ) : diamètre de Jupiter sur le film = 1/6 = 3,8 mm

Le miroir ayant 200mm de diamètre,  $F/D = 22\ 800/200 = 114$ , ce qui est très peu lumineux. En utilisant un film Kodak 2415 développé à 200 ASA, la meilleure photographie a été réalisée avec un temps de pose de 5 s avec suivi.

On perçoit l'étendue des possibilités de ce montage, en utilisant des oculaires et des tirages différents, permettant d'obtenir les focales équivalentes les plus judicieuses pour photographier les régions lunaires, les taches solaires, les planètes, ...

### 5) appareil photo complet , avec lunette ou télescope complet



Signalons ce procédé, très peu employé, qui peut " dépanner " ceux qui voudraient faire des photographies avec un appareil dont l'objectif ne peut être enlevé et qui ne permet donc pas de réaliser les montages décrits dans les paragraphes 3 et 4 Dans un premier temps, on vise, avec l'oeil derrière l'oculaire de la lunette, l'objet à photographier. On règle la netteté visuellement, l'oeil accommodant sur l'infini. L'appareil photographique va prendre la place de l'oeil, donc l'index de distance de cet appareil doit être

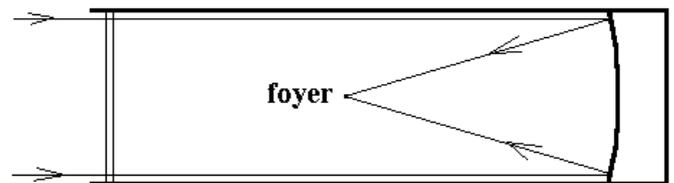
réglé, au préalable, sur l'infini. Formule donnant la focale équivalente  $F_e$  :

$$F_e = F * \frac{F'}{f}$$

Exemple: on veut photographier une région lunaire avec ce montage. L'appareil photo est équipé de l'objectif traditionnel de 50 mm de focale. On a une lunette de 1 m de focale avec un oculaire de 6 mm.  $F_e = 1000 * 50/6$  soit environ 8,30 m, ce qui est intéressant.

Attention: il faudra bien réfléchir au temps de pose, car, si l'appareil n'est pas lié à la lunette (donc : pas de suivi) comme cela arrive souvent pour ceux qui veulent utiliser ce système, l'image devra être suffisamment lumineuse pour pratiquer un temps de pose bref.

### 6) Chambre de Schmidt



Citons cet instrument qui est un télescope utilisable exclusivement pour la photographie.

Le film est placé au foyer, à l'intérieur du télescope. L'image est très lumineuse car  $F$  est petit et  $D$  est grand.

$$\text{Ex : } F = 305 \text{ mm et } D = 203 \text{ mm; } F/D = 1,5$$

On a donc, dans ce cas, une image 16 fois plus lumineuse que celle obtenue au foyer par les instruments habituels dont le rapport de luminosité est 6 (pour le calcul, revoir dans le paragraphe 3: " luminosité de l'image ").

Cette luminosité exceptionnelle et le fait que le champ de netteté est en moyenne de 7° ou 8° destinent cet instrument à la photographie du ciel profond (nébuleuses, galaxies, ... ).