

L'OBSERVATION DU CIEL, LES INSTRUMENTS ET LA PHOTOGRAPHIE EN ASTRONOMIE

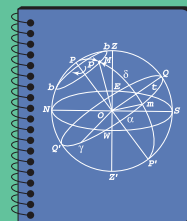
Paul DELAUNAY

Ce fascicule s'adresse aux personnes qui souhaitent découvrir la pratique de l'astronomie en amateur. Paul Delaunay présente les bases de l'observation du ciel nocturne, les instruments nécessaires (jumelles, lunettes, télescopes) et la photographie astronomique. Il explique les unités de mesure des distances astronomiques (année-lumière, parsec), les magnitudes (éclat apparent et absolu des étoiles) et l'organisation du ciel en constellations. Il aborde ensuite l'observation à l'œil nu et avec des jumelles, en expliquant comment choisir un modèle adapté. Il détaille les types de télescopes (Newton, Cassegrain, Schmidt, Schmidt-Cassegrain), leurs principes optiques et leurs spécificités. La photographie astronomique est abordée : techniques de pose, effets de la rotation terrestre, mise en station, suivi, choix des pellicules et usage des CCD. L'auteur conclut en soulignant l'importance de la pratique et de la patience pour progresser. Si depuis la rédaction de ce fascicule la photographie argentique a disparue et que désormais le numérique domine, les fondamentaux restent pertinents.



SOCIÉTÉ
d'ASTRONOMIE
de NANTES

Société Scientifique d'Éducation Populaire agricole Jeunesse et Sports
35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES - Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23
Internet : www.san.asso.fr - E-mail : san@san-fr.com



N° 31

L'OBSERVATION DU CIEL, LES INSTRUMENTS ET LA PHOTOGRAPHIE EN ASTRONOMIE

Paul DELAUNAY



Les Cahiers de la SAN

La Société d'Astronomie de Nantes

Résolument tournée vers le grand public, la SAN vous propose de découvrir l'astronomie ou d'approfondir vos connaissances dans ce domaine de multiples façons :

- Assister aux exposés d'astronomie présentés lors des réunions du vendredi soir, ouvertes à tous les adhérents, au local de la Société à partir de 20h30.
- Consulter ou emprunter l'un des mille ouvrages que possède le fonds bibliothécaire.
- Participer aux observations de découverte ou de perfectionnement. Vous pouvez également emprunter un instrument.
- Assister aux conférences au cours desquelles des astronomes et astrophysiciens de renom viennent présenter les derniers acquis de leurs travaux.
- Solliciter la SAN pour animer des actions pédagogiques préparées à l'attention de public scolaire ou adulte.
- Visiter les expositions auxquelles la SAN participe régulièrement.
- Apporter votre contribution à la réalisation de travaux pratiques d'astronomie tels que la mesure de la masse de Jupiter ou l'évaluation des altitudes des reliefs lunaires.
- Réfléchir et débattre des grands thèmes de la physique, de l'astrophysique et de la science en général au sein d'un groupe de réflexion théorique.
- Enfin, l'astronomie nécessitant des connaissances et des compétences multiples (en optique, mécanique, électronique, etc.), offrir un peu de votre temps pour la conception ou à la réalisation de projets astronomiques.

Pour participer à ces activités, il vous suffit de devenir adhérent.

La Société d'Astronomie de Nantes est une association fondée en 1971 et régie par la loi de 1901.

Forming Gas à 60° C (azote auquel on mélange 8 à 10 % d'hydrogène). L'opération est menée sous une pression de 1 bar, dans le noir. Il faut se garder de toute flamme à proximité car le risque d'explosion est important (du fait de la présence de l'hydrogène). Contrainte obligatoire au cas où l'on n'utilise pas aussitôt le film : il faut le conserver au froid (freezer ou congélateur), il peut ainsi se garder quelque temps (jusqu'à plusieurs mois).

Depuis quelques années, l'électronique a pris une part sans cesse croissante en astronomie : les *photomultiplicateurs* et autres *CCD* (*Charge Coupled Device*... En français : Dispositif à Transfert de Charge) s'imposent au détriment de la « *bonne vieille* » photo traditionnelle. Loin d'être encore à la portée de l'amateur moyen cette technologie est couramment utilisée dans les observatoires professionnels.

Ces appareils donnent des images très détaillées en des temps de pose très réduits ; le but n'est pas de gagner du temps à tout prix (quoique !) mais de limiter la pose pour éliminer le plus possible les inconvénients dus (entre autres) à la turbulence.

Le traitement informatique des images brutes donne des couleurs artificielles (colorées artificiellement) qui font ressortir des détails encore jamais observés : de « *vraies fausses couleurs* » en quelque sorte !

Avant de parvenir à un tel niveau, la route est longue. Les premiers clichés réussis sont un encouragement ; l'expérience aidant, on progresse, on maîtrise mieux, on obtient des détails de plus en plus fins et, un jour, on voit ses photos publiées dans de célèbres revues... la gloire, quoi... enfin presque !

Deuxième édition (complétée) - Août 1991
PAUL DELAUNAY

L'OBSERVATION DU CIEL, LES INSTRUMENTS ET LA PHOTOGRAPHIE EN ASTRONOMIE

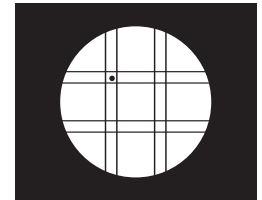
Paul DELAUNAY

Qualité auteur

Édition 2011

étoile suffisamment brillante qui servira de guide. Si la mise en station de l'instrument est correcte (elle doit toujours l'être !) le résultat final sera bon, la galaxie apparaîtra sur la pellicule... Petite contrainte : il faudra ensuite réaligner le chercheur !

Dans le cas numéro 2 principalement, pour que le suivi soit vraiment parfait et pour éviter que l'étoile guide ne se « *balade* » autour du centre du réticule, on peut utiliser un réticule à doubles fils. En maintenant l'étoile guide dans un coin d'un des petits carrés, on obtient un guidage beaucoup plus fin et l'on accroît ses chances de réaliser une photo impeccable !



Le choix de la pellicule est primordial. Pour des photos sans but scientifique particulier (photos dites « *touristiques* ») on peut utiliser des 100, 200 ou 400 ASA (couleur ou non). Les 1000 ou 1600 ASA sont plutôt réservées aux amateurs éclairés.

Des travaux plus approfondis nécessiteront des films très performants. Le meilleur (et de loin !) actuellement sur le marché est incontestablement le **Technical Pan** de Kodak (plus familièrement appelé **TP 2415**). Ce film noir et blanc donne, au développement des détails incomparables. Les rubriques photos des revues d'astronomie (*Ciel et Espace*, *L'Astronomie*, *Pulsar*, *Sky and Telescope*, *AstroCiel*, *A.T.C.O.*, etc.) montrent régulièrement des clichés splendides réalisés avec du TP 2415. Certains sont l'œuvre de gens qui, malgré des conditions d'observation médiocres (région parisienne inondée de lumière, etc.) forcent l'admiration.

Penser qu'il suffit de posséder un « *grand diamètre* » (par exemple 300 ou 400 mm) pour faire des photos parfaites est une grosse erreur. Bien connaître son matériel demande beaucoup de temps, le hasard n'a pas sa place en la matière !

Le TP 2415 est parfois suivi du mot « *hyper* »... il ne s'agit pas bien sûr d'un film acheté dans un « *hyper* » marché ! cela signifie que la pellicule est **hypersensibilisée**.

L'hypersensibilisation consiste à stocker un film pendant un temps variable (de quelques heures à 24 heures) dans du

Les « **Cahiers de la SAN** » sont édités par la Société d'Astronomie de Nantes,
Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports.

35, boulevard Louis-Millet
44300 NANTES

Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23 - E-mail : san@san-fr.com

© Toute reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit,
sans l'autorisation de la Société d'Astronomie de Nantes, est interdite.

ratrapage en *delta* (*déclinaison* = « *haut-bas* ») et en *alpha* (*ascension droite* = « *gauche-droite* »). Cela permet de corriger les écarts pendant la pose (voir ci-après méthodes n° 1 et 2), écarts principalement dus à la turbulence atmosphérique et aux fluctuations de tension du courant électrique qui alimente le moteur).

Après avoir installé l'appareil photo au foyer du télescope et procédé à la mise au point, deux possibilités vont se présenter :

- 1 • L'objet visé (galaxie, nébuleuse, etc.) est observable dans le chercheur. Il suffit alors de l'amener au centre du réticule et de le maintenir à cette place durant toute la pose. Avec un Newton, afin d'éviter d'avoir à passer sans cesse de l'oculaire au chercheur, il vaut mieux être deux : un à l'oculaire et l'autre faisant le suivi au chercheur.
- 2 • L'objet a une magnitude qui le rend invisible dans le chercheur. Après avoir pointé le télescope (ou la lunette) dans la bonne direction (pointage aux coordonnées) et procédé aux réglages d'usage, il reste à trouver une étoile angulairement proche de l'objet convoité : c'est sur cette étoile (visible dans le chercheur) que sera fait le suivi, d'où son nom *d'étoile guide*... Précaution indispensable... il va de soi que si l'on se contente simplement d'amener l'étoile guide au centre du réticule on risque de faire sortir du champ la galaxie que l'on veut photographier ! C'est pourquoi il est indispensable de connaître avec précision la distance angulaire entre l'étoile guide et l'objet. Si elle est infime et autorise un guidage correct, no problem !

Mais si comme cela arrive parfois, il n'y a aucune étoile lumineuse dans le secteur, après avoir pointé le télescope sur l'objet faible recherché, on peut désaligner le chercheur et le diriger vers une



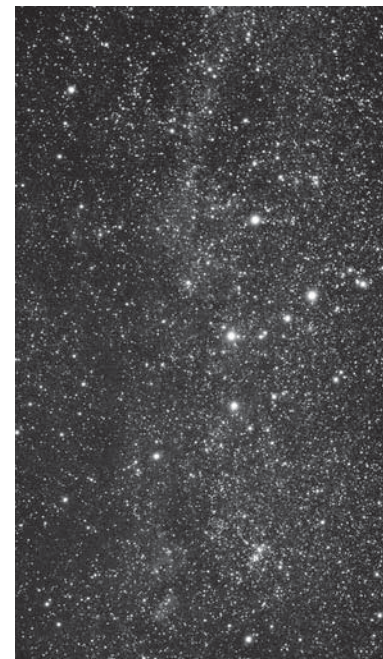
L'OBSERVATION DU CIEL, LES INSTRUMENTS ET LA PHOTOGRAPHIE EN ASTRONOMIE

Notions sommaires pour bien débuter

Introduction

Ce fascicule a été réalisé pour permettre aux personnes ne possédant pas de connaissances particulières en astronomie, de faire leurs premiers pas pour ce qui concerne l'observation du ciel nocturne, les instruments (jumelles, lunettes, télescopes) et la photographie astronomique.

Il ne s'agit pas ici de faire une revue complète des moyens mis à la disposition des astronomes amateurs, mais plutôt d'exposer le plus simplement certaines des diverses possibilités offertes pour ce qui doit rester un plaisir : l'astronomie en amateur ! En effet, qu'il y a-t-il de plus triste



qu'un astronome blasé ? (c'est de plus quelqu'un qui n'a manifestement rien compris !)

Le spectacle d'une nuit étoilée est fantastique (et gratuit !). Les « *fastes* » des réalisateurs de cinéma les plus téméraires font figure d'aimables plaisanteries à côté des merveilles du ciel. Galaxies, nébuleuses, étoiles, planètes constituent les choses les plus admirables pour qui sait prendre le temps de les observer. Ne nous privons pas et mettons nous en « *plein les yeux* » !

L'observation du ciel

« *Comment faites-vous pour vous y retrouver parmi toutes ces étoiles ?* » : question souvent posée par les gens lors des sorties publiques d'observation du ciel. Il est vrai qu'à priori toutes les étoiles semblent avoir plus ou moins le même aspect. On notes bien que certaines sont plus lumineuses que d'autres mais c'est tout... et pourtant ! Chaque étoile a ses caractéristiques.

Dès qu'un astronome commence à parler au « *grand public* » des distances qui nous séparent des étoiles et des galaxies, on voit s'agrandir démesurément les yeux des observateurs d'un soir, les milliards de kilomètres se bousculent dans leurs têtes... ils imaginent des listes de zéros quasi interminables... L'horreur !

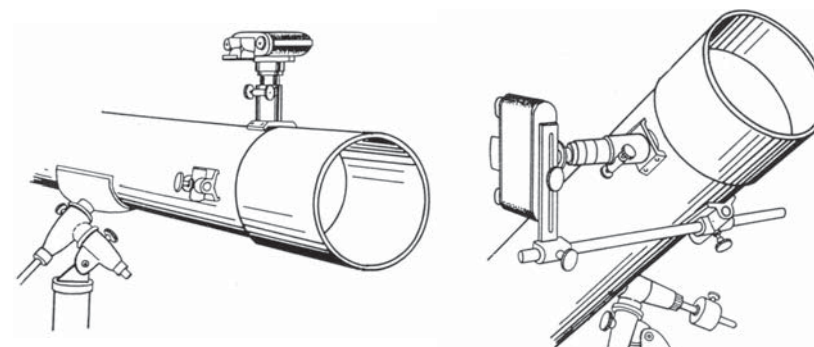
Il ne viendrait à l'idée de personne d'utiliser le micron (millionième de mètre) à propos par exemple, de la distance Nantes-Paris : cela en ferait environ 400 milliards ! À une telle échelle, le kilomètre est mieux adapté.

Mais quand il s'agit des distances colossales nous séparant des astres comme les étoiles ou galaxies, le kilomètre n'est plus adapté à son tour : l'unité de référence devient alors l'*année-lumière* (AL)... ne pas dire comme certains « *année de lumière* », on peut mettre de l'eau dans une bouteille (on peut donc dire une « *bouteille d'eau* ») mais personne n'a jamais mis de la lumière dans une année ! Alors : année lumière !

L'année lumière est la distance parcourue par la lumière en un an.



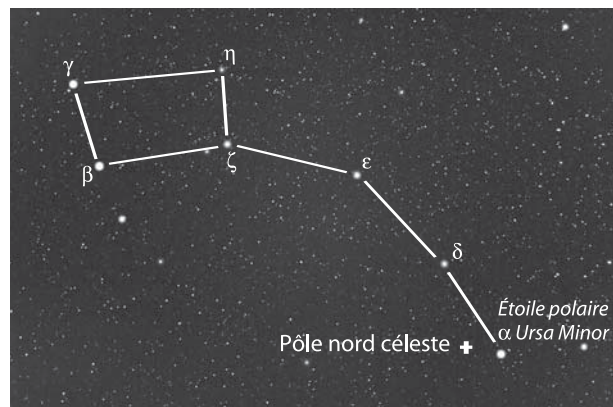
- 2 • En installant l'appareil photo à la place de l'oculaire et en effectuant la mise au point directement au viseur de l'appareil photo (des bagues de raccordement sont vendues dans le commerce).
- 3 • En adaptant l'appareil photo dans le prolongement de l'oculaire à l'aide d'une bague spéciale (souvent fournie avec les instruments haut de gamme). La mise au point est délicate et se fait par *foucaultage* avec une lame de rasoir... seule la pratique apporte le « *coup de patte* » indispensable à cette technique !



« *J'ai acheté un beau télescope et l'ai mis en station impeccablement ; sur une carte du ciel, j'ai repéré la position d'une galaxie et ai voulu en faire une photo... Las ! C'est quoi cette grosse tache ? Une galaxie ? Que s'est-il donc passé ?...* »

Pour réaliser de belles photos à longue pose, il faut faire un *suivi*. Les instruments motorisés sont équipés de *raquettes de*

L'axe polaire de l'instrument doit être parfaitement parallèle à l'axe polaire de la Terre, faute de quoi les objets observés à l'oculaire quitteraient plus ou moins rapidement le champ, du fait d'une dérive plus ou moins marquée.



Le débutant isolé commet souvent l'erreur d'aligner son axe polaire sur l'étoile polaire... celle-ci n'est pas *exactement* dans le prolongement de l'axe terrestre. La « polaire » porte mal son nom car elle n'est en fait que l'étoile lumineuse *la plus proche du pôle nord céleste vrai*. Elle en est à moins de 1° ($47'$ pour être précis) ; en l'an 2000 elle n'en sera qu'à $44' 9''$. Ce changement permanent du pôle céleste a pour origine l'irrégularité gravitationnelle du Soleil et de la Lune (venant du fait que la Terre n'est pas vraiment sphérique et que son axe est incliné de $23^\circ 26' 29''$). Il en résulte une oscillation provoquant un mouvement appelé *précession des équinoxes* : l'axe de la Terre décrit un cône en 25 920 ans, en conséquence, l'étoile polaire change au cours du temps.

Possédant un instrument motorisé, l'astronome dispose de plusieurs possibilités pour réaliser des photos astronomiques :

- 1 • En fixant simplement un appareil photo sur le tube principal (il existe des supports à cet effet). Selon l'étendue du champ que l'on souhaite laisser à la postérité on utilisera un objectif de 28 mm (grand angle) ou un 50 mm.

Nous savons que, dans le vide, la lumière se déplace à presque 300 000 km par seconde (exactement 299 792,458) ; en un an, (365 j 6 h 9 mn 10 s soit 31 558 150 secondes) elle parcourt donc : $300\,000 \times 31\,558\,150 =$ presque 10 000 milliards de kilomètres (9 461). Soyons plus précis : 9 460,89535843 milliards de km !

L'étoile la plus proche de nous après le soleil, *Proxima du Centaure*, découverte de l'observatoire de Johannesburg en 1916 par Innes (1861-1933) se situe à 4,3 années-lumière, soit 43 000 milliards de km !

L'étoile *Véga* (Alpha de la Lyre) est à environ 27 années-lumière (presque 270 000 milliards de km !)... on n'ose imaginer le nombre de zéros qu'il faudrait pour un objet comme la galaxie d'*Andromède* située à 2,2 millions d'années-lumière... (pour assouvir une curiosité bien légitime, cela fait 22 milliards de milliards de kilomètres, soit 22... suivi de 18 zéros !).

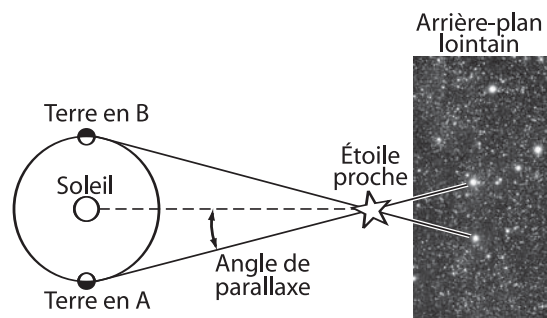


Cela explique pourquoi il n'est pas envisagé de doter les vaisseaux spatiaux de compteurs kilométriques... (gag !).

La lumière qui nous arrive des étoiles a voyagé pendant des années, nous voyons par exemple Véga et la galaxie d'Andromède telles qu'elles étaient il y a 27 ans et 2,2 millions d'années. Ce sont des images en... « *léger différé* » !

Il existe une autre unité plus grande que l'année-lumière : c'est le *parsec* (contraction de parallaxe-seconde).

Le parsec équivaut à 3,26 années-lumière... Pourquoi ? : le calcul (trigonométrie) nous a appris qu'à 3,26 AL de notre planète, un observateur pourrait voir la plus grande distance Terre-Soleil sous un angle de 1" d'arc (c'est la parallaxe), d'où le nom de parsec.



Aucune étoile n'a une parallaxe supérieure ou égale à la seconde d'arc ("). Nous venons de voir plus haut que l'étoile la plus proche de nous était située à 4,3 AL ; sa parallaxe est donc de : $3,26 / 4,3 = 0,76''$ (Proxima du centaure n'est visible que de l'hémisphère austral).

Toutes les étoiles ne sont pas observables en même temps. Un observateur nocturne sur la Terre (qui tourne autour du Soleil), c'est un peu comme une pièce dont chaque mur serait tapissé de motifs différents : selon le mur qu'on observe on n'a pas le même décor ! Ainsi, les étoiles visibles en hiver ne sont pas le même que celles des nuits d'été.

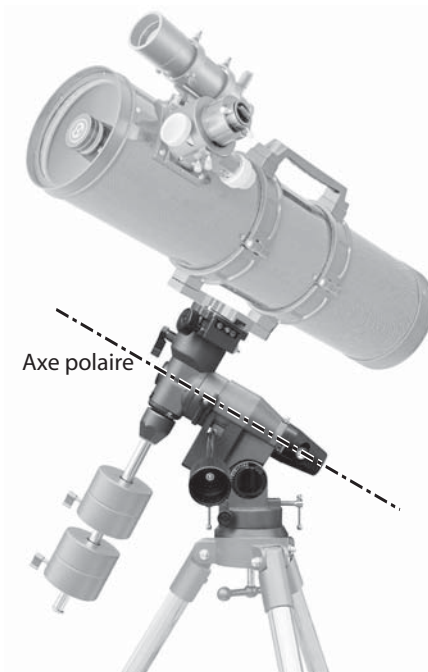
Pour s'y retrouver plus facilement, on a divisé le ciel en régions : les constellations. Elles portent des noms donnés, pour la plupart, il y a quelques milliers d'années : *Orion*, le *Cocher*, la *Grande Ourse*, etc. Le soleil semble se déplacer à travers certaines constellations : c'est la bande du zodiaque. Afin d'éviter de perdre du temps (de l'argent !) il faut savoir que tout ce qui concerne l'astrologie est bidon de A à Z, c'est charlatan et compagnie. Malheureusement, à quelques (trop) rares exceptions près, les journaux présentent tous des horoscopes... vous pouvez par contre chercher la rubrique scientifique !

Plus la pose sera longue, plus les traits seront étirés. En pointant la région de l'étoile polaire (Alpha de la Petite Ourse), on obtiendra, à partir de cette étoile (qui reste quasiment ponctuelle), des traits de plus en plus longs ; en choisissant un premier plan terrestre original (arbres, coupes, etc.) et en donnant au dernier moment un très bref coup de flash (juste pour faire « ressortir » le premier plan) on pourra obtenir un résultat intéressant. Les exemples ne manquent pas dans les revues d'astronomie.

Pour obtenir des photos d'étoiles ponctuelles, il y a une solution : il faut corriger ce qui provoque l'étirement... mais comme on ne peut pas stopper la rotation de la Terre (heureusement !), on doit neutraliser cet effet en motorisant le télescope ou la lunette (il est évidemment possible de motoriser un appareil photo sur pied).

Ce petit moteur bien connu des astronomes effectue une rotation complète en 24 heures dans le sens inverse de la rotation de la Terre. L'étoile pointée restera ainsi dans l'axe et gardera après une pose plus ou moins longue un aspect ponctuel sur la pellicule... mais... ce n'est pas si simple ! Car sans quelques précautions supplémentaires on s'expose à de cruelles déceptions.

Intervient ici la mise en station de l'instrument. Selon que l'observateur se trouve à l'équateur ou aux pôles (en passant par tous les intermédiaires en latitude), la mise en station ne sera pas la même, loin s'en faut !



Toute personne possédant un appareil photo *non automatique* peut faire de la photo astronomique... Il suffit de se munir de :

- Un pied photo (dit statif, sur lequel on vissera l'appareil).
- Un déclencheur souple à blocage (afin de pouvoir poser plusieurs minutes sans rester bêtement le doigt sur le déclencheur !).

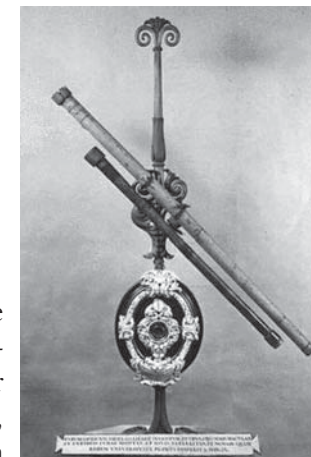
On évitera, bien sûr, les périodes avoisinant la pleine Lune, la pellicule est rapidement saturée du fait de la clarté de la « *Reine de la Nuit* ».

Pour obtenir un magnifique champ d'étoiles, une pose de, par exemple, huit minutes suffit largement... mais au développement, le néophyte aura la surprise de découvrir « ses » étoiles sous forme de petits traits... que s'est-il passé ? Pendant ces huit minutes, la Terre a tourné sur son axe ! Il s'est passé la même chose que si l'on se trouvait sur un manège en rotation lente dans une salle. Imaginons que vous ayez alors à la main un long crayon qui touche un mur, du fait du mouvement du manège, au bout de quelque temps, vous verrez apparaître sur le mur la trace laissée par le crayon, c'est normal puisque vous tournez ! La lumière des étoiles fait de même. La Terre, c'est le manège, l'appareil photo le « *crayon* » et le ciel étoilé le « *mur* ».

Il est très facile de mesurer la longueur de ces « *traits d'étoiles* ». La Terre tourne sur elle-même en 24 heures ; elle effectue donc une rotation complète de 360° en 24 heures soit 15° (= 60') en une heure (60 mn), soit 1° en 4 minutes et donc 2° en 8... minutes ! CQFD



L'observation du ciel à l'œil nu



Le 7 janvier 1610, Galilée fut le premier à utiliser une lunette rudimentaire (2,5 cm de diamètre) pour observer le ciel nocturne. Auparavant, l'œil était le seul moyen d'observation dont disposait l'homme.

L'œil humain, si précieux dans la vie de tous les jours, est très limité pour ce qui concerne l'observation du ciel nocturne. Il ne permet de voir « *que* » 2 500 étoiles à la fois (environ 6 000 au cours de l'année).

La luminosité des astres (galaxies, étoiles, planètes, etc.) se mesure en magnitudes.

L'étoile « *étalon* », celle qui sert de base dans l'échelle des magnitudes, est Véga (déjà citée). Sa magnitude (nous dirons mag.) est de 0,0 (très exactement 0,06). Une étoile de mag. 1,0 (c'est le cas de *Spica* = l'Écu = Alpha de la Vierge) a une luminosité 2,5 fois moindre (précisément 2,51188643151 !). L'étoile polaire actuelle (Alpha de la Petite Ourse) atteint 2,0. Elle est 2,5 fois moins brillante que Spica et 6,25 (2,5 x 2,5) fois moins brillante que Véga.

Un simple calcul nous permet de remarquer que toute les 5 magnitudes (exemple, de mag. 10 à mag. 15 ou de 12,5 à 17,5) on perd une valeur de 100 (effectivement, la racine cinquième de 100 est... 2,51188643151). L'étoile *Kruger 60 A*, de mag. 9,7 est 100 fois moins lumineuse que Epsilon de l'Indien, de mag. 4,7 !

Les magnitudes citées ci-dessus sont des magnitudes apparentes : c'est l'éclat qu'ont les étoiles vues par un observateur terrestre.

Une étoile peut être en réalité très lumineuse mais très éloignée de notre planète. Vue de la Terre, elle aura un éclat plus faible qu'une autre étoile en réalité moins brillante mais plus proche de nous.

La magnitude absolue n'est pas l'éclat réel des étoiles mais celui qu'elles auraient si elles étaient situées à 10 parsecs soit 32,6 années-lumière (distance désignée arbitrairement).

Quatre étoiles ont un éclat apparent supérieur à Véga. Elles portent donc des magnitudes négatives, c'est pourquoi leur magnitude est toujours précédée du signe – (moins). Ce sont :

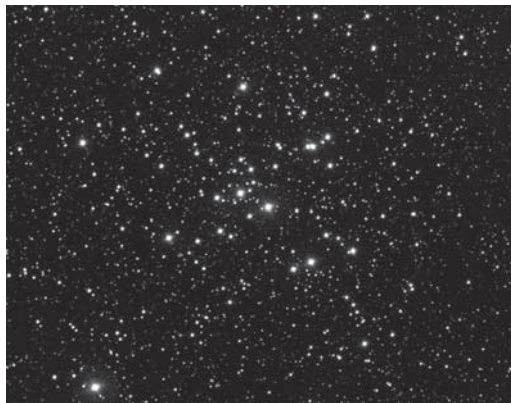
Sirius (Alpha du Grand Chien) : – 1,44

Canopus (Alpha de la Carène) : – 0,73

Rigel Kent (Alpha du Centaure) : – 0,30

Arcturus (Alpha du Bouvier) : – 0,04

Selon leur éclat dans leur propre constellation, les étoiles sont désignées (en plus de leur nom) par des lettres de l'alphabet



grec : *Alpha*, pour la plus lumineuse, *Bêta* pour la deuxième, *Gamma*, *Delta*, *Epsilon*, *Dzêta*, *Éta*, etc. Les quatre étoiles ci-dessus sont donc les plus brillantes de leurs constellations. Certaines étoiles ont une luminosité qui varie au cours du temps, on les appelle *étoiles variables* : il arrive ainsi que l'éclat d'une Alpha devienne inférieure à celui de « sa » Bêta (c'est le cas de *Castor* et *Pollux* = Alpha et Bêta des Gémeaux, respectivement de mag. 1,57 et 1,16)

Quand il s'agit d'objets animés (par exemple, course de vélos ou de voitures, etc.) il en va un peu autrement : sous peine d'obtenir (bien involontairement) des flous « artistiques » (plus ou moins !), il faut prendre certains paramètres en compte (angles, vitesse du déplacement, etc.).

Le temps de pose (période pendant laquelle la pellicule reçoit de la lumière) varie selon l'éclairage ambiant. En extérieur et par temps assez clair, on utilise fréquemment le 1/125 ou le 1/60 de seconde ; s'il fait un peu plus sombre on peut tenter le 1/30 mais commence alors le risque de « bougé » : en effet, plus le temps de pose est long plus on a de mal à rester vraiment immobile.

On distingue, en gros, deux genres de photo astronomique : la photo solaire (qui se pratique évidemment de jour !) et la photo nocturne, la plus sollicitée bien sûr.

Dans un cas comme dans l'autre on n'utilisera jamais de flash... sauf dans un cas bien particulier, voir page 31.

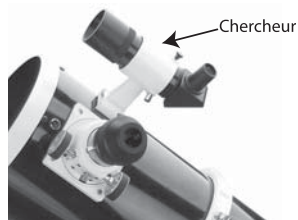
La photo solaire est un domaine à part entière et ne doit pas être tentée par une personne ne possédant pas de connaissances suffisantes en la matière, *on risque d'y laisser ses yeux*. Il existe du matériel réservé à observation et à la photo solaire (hélioscope, coronographe, etc.). Les filtres solaires doivent être d'excellente qualité, ils sont chers évidemment mais il y va de garder la vue ou de la perdre ! On trouve souvent des filtres solaires bon marché parfois fournis avec un télescope bas de gamme (du genre 115/900). Leur vraie place n'est pas vissés à l'oculaire mais à la poubelle ! En effet, si l'on tente de pointer le Soleil lorsqu'il est assez haut dans le ciel, inmanquablement le filtre se casse et l'observateur est aussitôt aveuglé, les lésions peuvent être très graves et même irréversibles. Prudence donc !

Pour ce qui concerne la photo astronomique nocturne, les temps de pose varient considérablement : d'une fraction de seconde pour la Lune à quelques secondes pour certaines planètes (plus pour les plus lointaines comme Neptune ou Pluton), quelques dizaines de minutes pour des nébuleuses ou même plusieurs heures pour des objets faibles comme des galaxies.

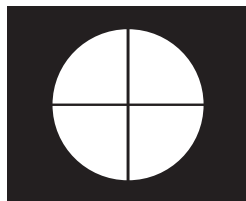
Un C11 bien équipé vaut environ 40 000 F.

Un C14 avoisine les 100 000 F... sans compter l'observatoire qui doit aller avec et qui est, à ce niveau, indispensable !

Sur ces télescopes (comme sur beaucoup d'autres) on peut voir un **chercheur** en parallèle sur le tube principal, de diamètre et de grossissement réduits (env. $\times 5$), il a un champ très étendu et est doté d'un **réticule** (deux fils très fins se croisant par le centre, et parfois éclairés).



Le but de ce réticule est de repérer plus facilement l'objet (étoile, planète, etc.) que l'on veut observer à l'oculaire : essayer de trouver directement une planète à l'oculaire peut faire perdre beaucoup de temps.



Après avoir « amené » l'astre choisi au centre du réticule (si celui-ci est bien aligné sur le tube), on doit retrouver ledit astre dans le champ de l'oculaire... si l'alignement chercheur-tube est parfait, l'astre sera plein centre.

Afin d'éviter des positions inconfortables, par exemple en cas de pointage près du zénith (verticale de l'observateur), on peut adapter un oculaire sur un renvoi coudé (à 90°).

Il en résultera une petite perte de lumière mais ce système a l'énorme avantage de prémunir des torticolis et lumbagos !



La photographie astronomique

Faire une photo d'un objet quelconque ou d'un être vivant à l'arrêt ne pose pratiquement aucun problème, le photographe et le photographié n'étant pas en mouvement l'un par rapport à l'autre, seules quelques précautions élémentaires suffisent.

Dans de bonnes conditions d'observation (ciel pur, sans Lune et en dehors des lumières des villes) l'œil permet de voir des objets jusqu'à mag. 6. Les planètes sont visibles sous forme « d'étoiles brillantes » (à l'exception de **Pluton**, mag. 14,5 et **Neptune**, mag. 7,8 à 8).

Uranus varie de 5,9 à 6,1. Seul un œil parfaitement exercé peut remarquer ce « faible point lumineux » qui se déplace lentement sur le fond des étoiles.

Les instruments - Jumelles, lunettes, télescopes

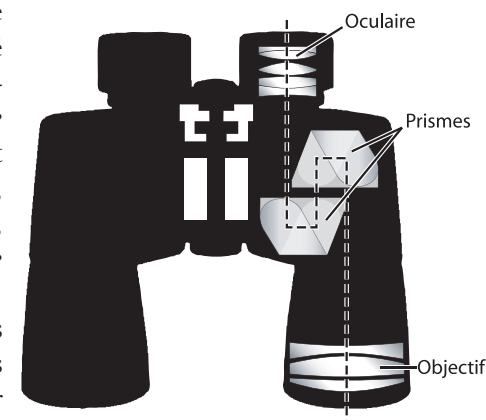
Les jumelles

Pratiquement tout le monde a, un jour, utilisé des jumelles (il est incorrect de dire « une paire de jumelles » : cela ferait quatre objectifs ! Alors, une paire de chaussures, oui, « une paire de jumelles », NON !).

Sur toutes les jumelles sont inscrites deux indications, par exemple 7 x 50 ; le premier chiffre (7) indique le grossissement, et le second (50) le diamètre des objectifs en millimètres.

Au contraire des autres instruments astronomiques (lunettes ou télescopes) qui donnent des images inversées, les jumelles, dotées de prismes qui « redressent », permettent d'obtenir des images « dans le bon sens », enfin... telles que nous avons l'habitude de les voir à l'œil nu.

Le principe de fonctionnement des jumelles est le suivant : la lumière entre par les objectifs, est déviée par les prismes et ressort par les oculaires, là où l'on regarde.



La mise au point se fait à l'aide de la molette située entre les deux parties de l'instrument (qui sont en quelque sorte deux lunettes en parallèles).

Selon le but recherché (observation de comètes, etc.) on peut utiliser différents modèles : 7 x 50, 8 x 30 , 8 x 50.

Ces « *petit diamètres* » sont à la fois d'un prix encore abordable et ont un poids qui ne demande pas de matériel de soutien (pied photo) ; cependant, la recherche de comètes étant souvent assez longue, mieux vaut fixer l'instrument sur pied.

Il existe également des jumelles très performantes, « *les grosses pointures* » : 12 x 60, 12 x 80, 20 x 100, 25 x 100 !

Si leurs qualités sont souvent parfaites, leurs prix sont aussi à la hauteur. Des 20 x 100 coûtent environ 15 000 francs.

De tels instruments sont très lourds (parfois plusieurs kilos) et ils n'est pas question de les tenir à bout de bras, ils doivent donc être installés sur un support (pied photo ou monture spéciale éventuellement fournie à l'achat).

De nombreux (et célèbres) préfèrent de puissantes jumelles au lunettes ou télescopes : leur champ de vision est plus étendu et plus lumineux.

Il ne faut surtout pas se laisser abuser par certains vendeurs qui mettent tout de suite en avant le grossissement obtenu. Cet argument trahit souvent une incompétence notoire. Le grossissement ne doit être considéré que comme un simple paramètre, important certes, mais pas plus que les autres (on assiste à la même chose lorsqu'on achète un microscope : la qualité des optiques semble tout à fait secondaire... et pourtant, elle est primordiale !).



Télescope de Schmidt-Cassegrain

L'association des principes Schmidt et Cassegrain donnera naissance à une génération de télescopes **compacts** (à tube très courts), donc faciles à transporter.

La stabilité des ces instruments est assez bonne, par contre, les qualité optiques ne répondent pas toujours à ce que l'on serait en droit d'attendre : la construction en série ne permet pas d'obtenir des miroirs irréprochables.

Le principe optique de ces télescopes est le suivant : la lumière entre dans le tube en traversant la lame, « *frappe* » le miroir primaire (sphérique et troué en son centre), est réfléchi vers le miroir secondaire (convexe) puis focalisé (dirigée) vers le foyer, c'est à dire vers le trou du miroir primaire où est installé l'oculaire.

Les Schmidt-Cassegrain les plus connus sont les **Celestron** : **C8**, **C11**, **C14**, dont les miroirs primaires ont des diamètres de 8, 11, et 14 pouces (soit 203, 280, 355 mm, un pouce = 25,4 mm).

Motorisé et équipé correctement, le C8 coûte environ 26 000 francs (ce prix peut varier avec le cours du dollar).

Très prisé des astrophotographes (pas forcément à juste titre) le C8 est un des télescopes les plus vendus aux amateurs (on en trouve aussi beaucoup d'occasion... ce n'est pas très flatteur !).



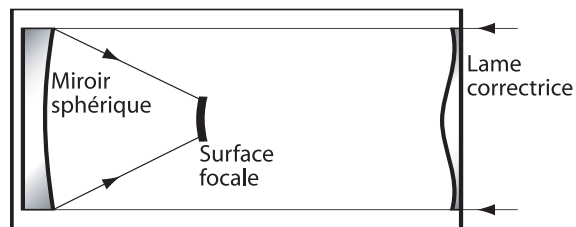
À diamètre de miroir égal, et avec un même oculaire, le champ observé est plus réduit avec un Cassegrain qu'avec un Newton.

Télescope de Schmidt

En 1930, l'opticien allemand Bernhardt Schmidt, de l'observatoire de Hambourg, invente un système se basant sur un miroir primaire sphérique et une *lame de verre taillé* faisant office de lentille (placé à l'entrée du tube) : c'est le Schmidt.

Les deux plus célèbres Schmidt actuels sont les télescopes de « 122 » du Mont Palomar (USA) et de Siding Springs (Australie).

Ils ont permis de réaliser le *Sky Survey* : carte complète des ciels boréal (Palomar) et austral (Siding Springs). L'astronome français Alain Maury a participé à cette mission.



L'idée de placer une lame de verre à l'entrée du tube est plus que judicieuse : les photos obtenues sont d'une qualité exceptionnelle... malheureusement, le foyer se trouvant situé à l'intérieur du tube, l'observation visuelle n'est pas possible ! En revanche, une chambre photographique installée au foyer donne des résultats d'une perfection jamais obtenue (ni approchée) à l'époque.

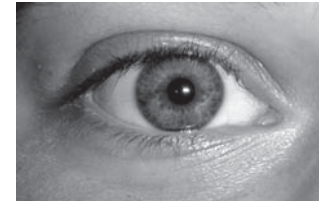
Sur les Newton, deux indications étaient portées : 115 / 900, etc.

Les Schmidt en portent trois :

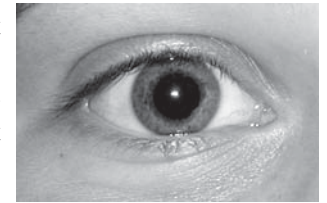
- 1 • Le diamètre de la lame de verre,
- 2 • le diamètre du miroir,
- 3 • la focale du télescope.

Les deux Schmidt cités plus haut sont des 122/183/305.

Avant d'arrêter son choix sur des jumelles (pour l'observation nocturne), il faut tenir compte du diamètre de la pupille de ses yeux dans le noir. Ce diamètre varie généralement de 5 à 7 millimètres pour un adulte. Le jour, (ou si l'éclairage nocturne est suffisant), les pupilles se diaphragment et mesurent environ 2,5 à 3,5 mm de diamètre.



Si le diamètre des oculaires (pupilles de sortie des jumelles) est inférieur à celui des pupilles de l'œil, celui-ci sera utilisé en dessous de ses capacités. Cela peut se produire lorsque le grossissement est trop fort. Si, au contraire, le faisceau de lumière reçue a un diamètre supérieur aux pupilles de l'observateur, une partie de cette lumière ne sera pas captée par les yeux et sera par conséquent perdue. Cela peut se produire lorsque le grossissement est trop faible.



Nous avons vu plus que les deux chiffres inscrits sur les jumelles indiquaient le grossissement et le diamètre des objectifs. Comment calculer le diamètre des pupilles de sortie des jumelles ?... Tout simplement en divisant le diamètre des objectifs par le grossissement :

Exemple : pour des 8 x 50, on a $50 / 8 = 6,25$ mm.

Pour des 12 x 80, on a $80 / 12 = 6,66$ mm ! etc.

Il est évident que l'on observe plus d'étoiles avec des jumelles qu'à l'œil nu ... dans quelle proportion ?

La quantité de lumière reçue par un « récepteur » (œil, jumelles, lunettes, télescopes) dépend de la surface dudit récepteur. Cette surface varie comme le carré du diamètre ; prenons par exemple la pupille d'un œil comme unité de base ; admettons que cette pupille (dans le noir) ait un diamètre de 6 mm (cela est très courant).

Avec des jumelles possédant des objectifs de 60 mm (10 x 60 ou 12 x 60, peu importe) on observera des objets $(60 / 6)^2 = 100$ fois plus lumineux.

Comme indiqué en page 11 (avant-dernier paragraphe), cette valeur de 100 correspond à 5 magnitudes. La limite accessible à l'œil étant de mag. 6, avec des jumelles de 60 mm on devrait accéder à mag. 11 !

Avec de simple 8 x 30 (ou 7 x 30), on a $(30 / 6)^2 = 25$ soit 3,4 magnitudes : on devrait arriver à mag. 9,4... mais...

Il s'agit bien sûr de performance théoriques qui ne peuvent être approchées que dans des conditions d'observations parfaites (la simple présence de l'atmosphère terrestre rend caduque cette possibilité : seule l'observation en haute montagne permet de « tirer le maximum » de ses instruments).

Bien entretenues, c'est à dire rangées aussitôt après usage, à l'abri de l'omniprésente poussière (afin d'avoir à les nettoyer le moins souvent possible !), les optiques dureront longtemps et permettrons à leur utilisateur d'apprécier des images impeccables.

Choisir des jumelles ne se fait pas dans la précipitation ; seuls les opticiens sérieux et compétents (et s'intéressant à l'astronomie, de préférence) sauront guider l'acheteur éventuel et conseiller l'instrument le mieux adapté à chaque cas. On n'achète pas des jumelles (ou autres optiques) chez l'épicier du coin !...

Les lunettes astronomique

Le public pose souvent cette question aux astronomes : « Jusqu'où pouvez-vous voir avec votre lunette (ou avec votre télescope) ? ». La réponse est invariablement le même : « Jusqu'où pouvez-vous voir avec vos yeux ? ».

Devant un embarras manifeste (et les yeux ébahis) s'imposent alors quelques explications.

Et les gens sont très étonnés d'apprendre que l'œil peut voir à plus de 2 millions d'années lumière !

En effet, la célèbre galaxie d'Andromède (M31 ou NGC 224 pour les intimes) est observable à l'œil nu, elle se trouve pourtant à 2,2 millions d'années-lumière... Mais l'œil ne distingue

Si les télescopes géants des grands observatoire donnent d'excellentes images, c'est avant tout parce que ce sont d'immenses collecteurs de lumière. Le public serait surpris de savoir que les grossissements les plus couramment utilisés sont très faibles, compte tenu des dimensions des miroirs et focales.

Rapport F/D : il est parfois question de télescopes « ouverts » à 6 ! De quoi s'agit-il ? Comment obtient-on ce 6 ?

Il s'agit ici du **rapport d'ouverture** qui s'obtient en divisant la focale de l'instrument par le diamètre du miroir primaire (les deux exprimés en centimètres ou en millimètres).

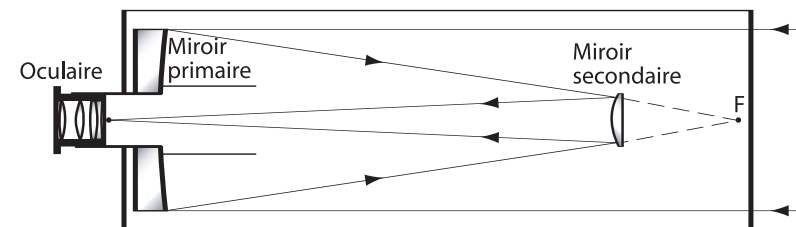
Prenons un télescope de 200 mm de diamètre et de 1000 mm de focale : c'est donc un 200 / 1000.

$1000 / 200 = 5$ (les Newton ouverts à 5 sont très courants).

Dans ces conditions on dira que l'instrument est à $F/D = 5$ ou plus simplement à $F/5$.

Télescopes type Cassegrain

La configuration Cassegrain fut inventé par le français Nicolas Cassegrain vers la fin du XVII^e siècle.



Le miroir primaire est troué en son centre et le miroir secondaire (convexe) renvoie la lumière au foyer que se situe à hauteur du trou du miroir primaire : c'est là qu'est l'oculaire.

Ce système permet d'allonger la focale du télescope sans allonger le tube ! Il est en outre plus facile d'installer un appareillage lourd (spectrographe, CCD, etc.) sur un Cassegrain que sur un Newton : la position du foyer d'un Newton sur le côté du tube entraîne un déséquilibre à l'origine de contraintes difficilement maîtrisables.

La lumière entre dans le tube, « *frappe* » le miroir primaire (parabolique), est réfléchi vers le miroir secondaire (plan) incliné à 45°, puis arrive à l'oculaire qui grossit l'image.

La courbe du miroir primaire détermine la focale du télescope : plus on est proche de l'hyperbole plus la focale est longue.

En divisant la focale de l'instrument (F), exprimé en millimètres, par la focale de l'oculaire (f) (exemple : 25 ou 12 mm), on obtient le grossissement G : donc $G = F / f$.

Prenons pour l'exemple le cas d'un Newton classique, très connu des amateurs et répandu dans le commerce : le 115 / 900 (diamètre du miroir : 115 mm, focale : 900 mm). Si l'on installe un oculaire de 12 mm, on a un grossissement de : $900 / 12 = 75$.

On remarque facilement que plus la focale de l'oculaire est courte, plus le grossissement est fort : pour un oculaire de 4 mm on obtiendrait : $900 / 4 = 225$.

On ne peut cependant grossir indéfiniment, la limite raisonnable théorique est d'environ deux fois le diamètre du miroir en millimètres. Certains admettent 2,5 fois, c'est théoriquement possible... mais pas raisonnable ! (l'image est très sombre et donc peu exploitable).

Avec les 115 / 900, sont fréquemment fournis des oculaires de 20, 6 et 4 mm : seuls les deux premiers sont valables (quand ils sont de bonne qualité... ce qui est rarement le cas !).

La lentille de Barlow qui est souvent jointe aux 115 / 900 est uniquement utilisable avec l'oculaire de 20 mm : elle a pour but de doubler la focale... et par conséquent le grossissement !

Avec un oculaire de 6 mm on obtient un grossissement de : $1800 (= 900 \times 2) / 6 = 300$... grotesque ! Avec un oculaire de 4 mm on a : $1800 (= 900 \times 2) / 4 = 450$... délirant, défiant le bon sens !

La qualité de l'image dépend à la fois de la qualité des optiques et de leur diamètre.

On obtiendra un meilleur résultat avec un télescope de 200 mm doté d'un oculaire de 30 mm qu'avec un 115 doté d'un 6 mm !

qu'une vague nébulosité cotonneuse ; des jumelles de 50 mm montrent une tache ovale un peu étalée. Une lunette de 100 mm permet de deviner de plus fins détails ainsi que deux des six galaxies satellites de M 31, la galaxie principale.

Ce qui compte finalement, ce n'est pas vraiment la distance de l'objet observé, mais avant tout la qualité de l'image obtenue. Plus le diamètre de l'instrument utilisé est important, plus on obtient de détails : c'est le **pouvoir séparateur** (symbolisé par la lettre p).

« *Séparer* », c'est la possibilité de distinguer deux points angulairement proches.

Comment calculer le pouvoir séparateur d'un instrument ?

La réponse réside dans la **loi de Dawes** (de William R. Dawes, 1799-1868, dit « *l'œil d'aigle* », sa vue était exceptionnelle).

Ami de John Herschel (le fils de son père !), Dawes calcula qu'en divisant 11,5" par le diamètre de l'instrument exprimé en centimètres, on déterminait le pouvoir séparateur... Après avoir « *affiné* », on en est arrivé aujourd'hui à 12" (*) : dommage (si l'on peut dire) car avec le premier chiffre de Dawes (11,5), le pouvoir séparateur des télescopes de 115/900 (très courant pour débuter) aurait été de : $11,5/11,5 = 1''$ tout rond ! Il est donc devenu : $12/11,5 = 1,04''$ (ne pas commettre l'erreur grossière de confondre les secondes d'arc et les secondes de temps : une seconde d'arc s'écrit toujours 1" et une seconde de temps 1s).

Une lunette de 24 cm de diamètre aura un pouvoir séparateur de $12/24 = 0,5''$.

La plus grande lunette jamais construite (celle de 102 cm de Yerkes, USA) a donc un pouvoir séparateur de :

$$12/102 = 0,11''$$

Autre question maintes fois entendue :

« *Quelle différence y a-t-il entre une lunette et un télescope ?* »

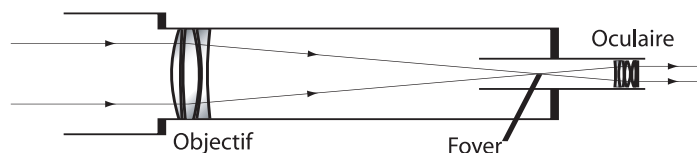
Sans entrer dans le détail, on peut dire que la lunette est un **réfracteur** et les télescopes un **réflecteur**. Dans les deux cas l'observateur met un œil à l'oculaire et voit une image inversée.

* Les français André Danjon et Paul Couder préconisent 12,1 dans une méthode qu'ils ont mise au point ($7,1 + 5 \cdot \log D$).

Il serait techniquement très facile de corriger cela en adaptant un *redresseur* pour obtenir des images « *dans le bon sens* » (telles que nous les voyons avec nos yeux ou avec des jumelles), mais on y perdrait en luminosité. On s'habitue très bien à voir, par exemple, un premier quartier de Lune éclairé « *à gauche* » à l'oculaire.

Le principe optique de la lunette astronomique est basé sur des lentilles qui sont traversées par la lumière. Cette lumière entre dans le tube et traverse une première lentille, l'*objectif*; elle est ensuite dirigée vers un point, le foyer (on dit qu'elle est « *focalisée* »).

C'est près du foyer qu'est installé l'*oculaire* (sorte de loupe plus ou moins puissante) chargé de grossir l'image.



Les premières lunettes utilisées par Galilée en 1610 étaient de simples tubes de bronze aux extrémités desquels il avait installé des lentilles grossières : une convexe à l'entrée et une concave faisant office d'oculaire.

Le principal défaut de ce système était l'achromatisme : les bords de l'image étaient colorés (irisés), ce qui rendait la vision difficile (cela vient du fait que les différentes composantes de la



Un télescope de 10 m est prévu pour la fin de la décennie et du siècle... et du millénaire ! : pouvoir séparateur : 0,012" !

D'autres configurations optiques que celle de Newton seront mises au point au cours des XIX^e et XX^e siècles ; elles portent aujourd'hui les noms de leurs inventeurs : *Ritchey-Chrétien* *, *Nasmyth*, *Gregory*, *Maksutov*, etc.

Ces télescopes sont, la plupart du temps, réservés aux astronomes professionnels. Nous nous limiterons ici aux seuls types *Newton*, *Cassegrain*, *Schmidt* et *Schmidt-Cassegrain*.

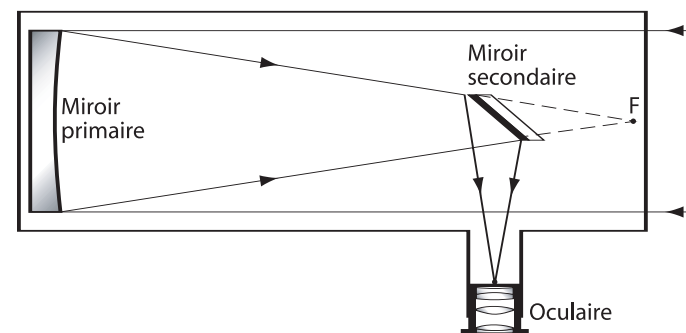
Télescope type Newton

On ne peut pas dire que Newton a inventé le télescope, disons plutôt qu'il fut le premier à lui donner une application pratique. En 1670, alors enseignant à l'Université de Cambridge (Angleterre) il commença à s'intéresser à la lumière et chercha à tirer le meilleur parti d'un principe optique portant sur la réflexion. Le but était d'aboutir à un meilleur résultat qu'avec les lentilles des réfracteurs de l'époque.

Avec ces télescopes, on n'observe pas par le « *petit bout de la lorgnette* » mais sur le côté du tube ! Cela surprend beaucoup le public non averti la première fois.

Les Newton sont les télescopes les plus couramment construits par les amateurs... cela ne signifie nullement que ce soit une tâche facile !

Le principe optique des Newton est le suivant :



* Henri Chrétien est également l'inventeur de l'hypergonar (c'est donc un peu le « *père* » du cinémascope !).

Une fine couche d'argent ou d'aluminium est déposée (sous vide) à la surface du miroir (en fait l'argent n'est plus guère utilisé, il demandait trop d'entretien).

Les miroirs des petits télescopes sont en verre « *ordinaire* ». Ils ne subissent pas de déformations notables (d'ordre mécanique ou thermique). Les miroirs des « *géants* » de plusieurs mètres de diamètre sont réalisés à partir de verres spéciaux (tels *Pyrex*, *Cer-vit*, *Zéro-Dur*, *vitro-céramique*) ; les plus récents sont en quartz fondu. De nouveaux matériaux sont à l'étude.

Le premier télescope fut l'œuvre d'Isaac Newton en 1672 (ci-contre). Le miroir, de 3,5 cm de diamètre, était en bronze (alliage de cuivre et d'étain). La focale n'était que de 16,5 cm ! Des améliorations constantes ouvriront la voie aux « *monuments* » que nous connaissons aujourd'hui.

Un savant dosage de 68 % de cuivre et de 32 % d'étain permettra à Lord Rosse (1800-1867) de lancer (avec Herschel) la course aux « *grands diamètres* ». Il construira un miroir de 1,80 mètre dès 1845 ! Le pouvoir réfléchissant du bronze n'était pas fameux, de plus, les miroirs s'oxydaient rapidement.

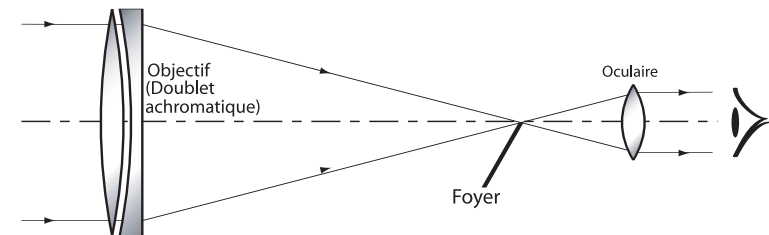
Les miroirs de verre supplanteront très vite les miroirs métalliques. Une quarantaine de « *deux mètres* » ou plus sont actuellement en service.

Plusieurs « *huit mètres* » sont en construction (et seront utilisés selon la méthode interférométrique, ils donneront les mêmes résultats qu'un miroir unique de 16 mètres environ).



lumière blanche ne traversent pas le verre à la même vitesse). En, optique, ces défauts sont appelés *aberrations* (le télescope spatial souffre d'une aberration de sphéricité).

Des astronomes comme le néerlandais Christiaan Huygens (1629-1695) contribueront à améliorer sans cesse la qualité des lunettes ; les traitements chimiques des lentilles permettront d'obtenir des images de plus en plus belles. Ce sera bientôt l'entrée en scène du doublet achromatique.



Comme son nom l'indique, le doublet achromatique est composé de deux lentilles qui se trouvent à l'entrée du tube : l'une dite *crown*, biconvexe, est généralement traitée au silicate de bore, l'autre, dite *flint*, plan concave, est traitée au plomb.

L'aberration chromatique est ainsi réduite de beaucoup, mais, aussi sophistiquée soit-elle, cette méthode en laisse subsister une (infime) partie : c'est une des raisons qui ont conduit les opticiens à la fin du XIX^e siècle à se tourner vers les miroirs de télescope.

Les plus grandes lunettes (réfracteurs) seront construites à la fin du XIX^e siècle. Les progrès constants dans le domaine optique permettront la mise en œuvre de lunette à trois lentilles (on parlera dans ce cas de triplet achromatique).

La complexité de fabrication des lentilles géantes, qui doivent évidemment être polies sur leurs deux faces, ainsi que la longueur « *monstrueuse* » des tubes contraindront les astronomes à privilégier les réflecteurs (télescopes) dont les systèmes optiques sont beaucoup plus simples (tout est relatif !...). En effet, les miroirs sont polis sur une seule face, et la qualité du verre est surtout importante en ce qui concerne la résistance aux

contraintes mécaniques (et thermiques). On apporte un soin extrême au polissage de la surface des miroirs... mais n'anticipons pas !

Les meilleurs spécialistes de la construction de lentilles géantes furent l'anglais Alvan Clark et les frères Henry (Paul et Prosper... qui étaient français !) ; n'oublions pas Grubb.

Clark réalisa (entre autres !) les deux plus grandes lunettes jamais mises en service : celle de Yerkes, 102 cm de diamètre (soit 40 pouces), dotée d'un tube de... 19 mètres (de là, peut être l'expression « *lunettes à effrayer les bonnes gens* ») et celle de Lick, 91 cm (36 pouces), toutes les deux aux États-Unis.

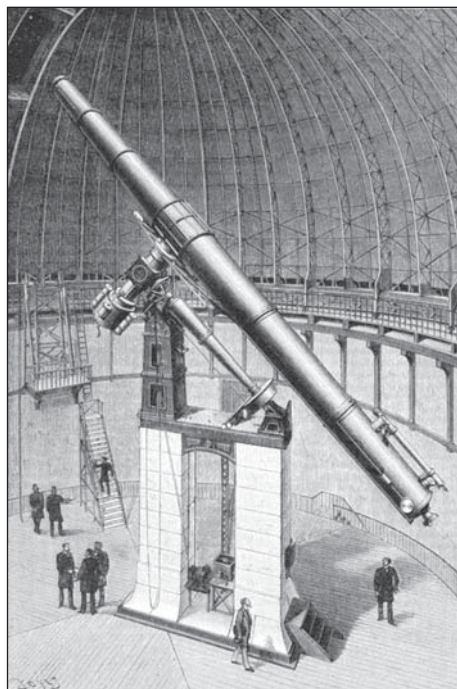
Les frères Henry construisirent les optiques des lunettes de 83 cm de Meudon et celle de 76 cm de Nice (qui faillit disparaître). Honteusement laissées à l'abandon depuis 1926, couvertes d'éclats et de rayures, les lentilles sont recueillies en 1951 par Paul Couteau, qui vient d'être affecté (il y a de quoi !) à l'observatoire de Nice.

La coupole et les lieux sont aussi délabrés que les optiques.

Paul Couteau entreprend la remise en l'état de ces lieux et matériels vénérables.

Après de longues années de travail acharné, cet homme génial parvient à un résultat prodigieux : l'observatoire revit !

Bon nombre des 2625 étoiles doubles qu'il avait découvertes au 28 septembre 1991 (chiffre qu'il me donna ce jour là,



Le grand équatorial de l'Observatoire de Nice

lors de notre rencontre au Pic-du-Midi) l'a été avec cet instrument.

Les Nantais connaissent bien Paul Couteau pour l'avoir apprécié à plusieurs reprises à l'occasion de mémorables conférences.

Chacun sait que Paul Couteau est le meilleur spécialiste mondial des étoiles doubles, un digne descendant des Herschel, Struve, Dawes, Burnham ou Jonckheere (pardon à ceux que j'oublie !).

Depuis quelques années, certaines lentilles vendues dans le commerce font l'objet d'un traitement particulier au fluor : les lunettes *fluorites* sont entrées en concurrence contre les télescopes. Leurs qualités optiques sont souvent remarquables, parfois même exceptionnelles, les opticiens sont... aux p'tits soins !

Les prix ne sont pas en reste non plus et l'on atteint sans peine (quoique !) plusieurs dizaines de milliers de francs.

Certains modèles donnent des images d'une si grande pureté (surtout dans le domaine lunaire et planétaire) qu'on les a vus surpasser (et de loin) des télescopes de diamètres supérieurs et parfois presque doubles... À vos chéquiers !

Les télescopes

Les télescopes sont des réflecteurs. Leur optique est basée sur un système de miroirs judicieusement alignés.

La lumière entre dans le tube, « *percute* » un premier miroir dit miroir... primaire (mais ne le traverse pas), est réfléchi vers un miroir secondaire qui la réfléchit à son tour vers l'oculaire, là où l'on regarde.

