

NOTES SUR LES MONTURES ÉQUATORIALES

INTRODUCTION:

Nos élèves considèrent la photographie astronomique comme une technique mystérieuse et la nécessité de suivre les astres dans leur course leur paraît difficile. Les nouveaux programmes de physique nous donnent l'occasion de préciser certains points peu développés dans les manuels.

PETIT CAHIER DES CHARGES:

Une monture équatoriale est destinée à supporter des instruments d'observation; sa rotation régulière et en sens inverse de celle de la Terre lui permet de suivre fidèlement le mouvement apparent du ciel.

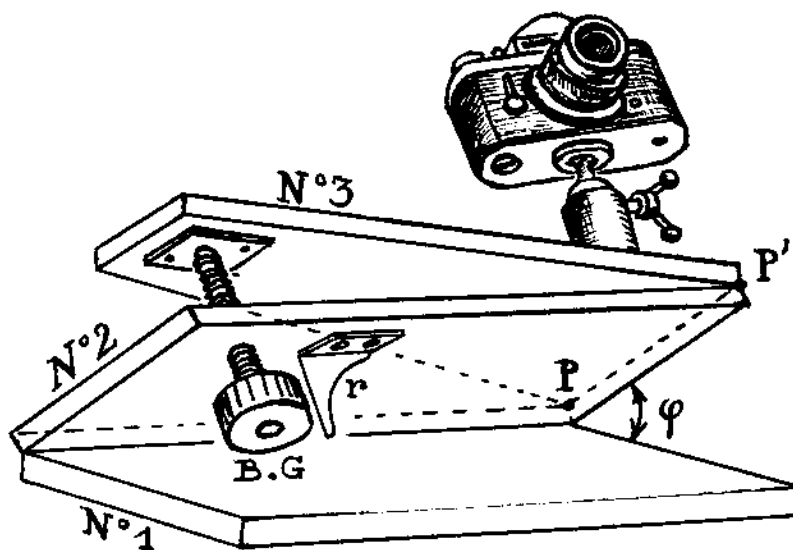
1°) Il faut orienter l'axe de rotation (appelé axe horaire) parallèlement à l'axe des pôles de la Terre: c'est la mise en station.

2°) La rotation de la monture doit être, autant que possible, régulière et contrôlable.

3°) Certains réglages peuvent être prévus dès la construction pour que les photos soient exemptes de gros défauts.

MAIS.... les tolérances sont d'autant plus grandes que les distances focales des appareils "embarqués" sont courtes; la précision du guidage, directement reliée à la plus longue focale utilisée sur une monture, détermine donc en priorité le projet.

Une formule simple consiste à adopter pour un début la monture dite "à 3 planches":



planches:

n° 1: socle

n° 2: de déclinaison

n° 3: horaire

PP' : axe polaire
(charnière)

B.G : bouton gradué de
rotation

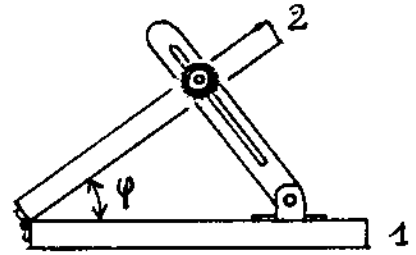
r : repère

φ : angle de
latitude

Schéma de principe.

On peut choisir de laisser l'angle φ variable en plaçant entre les planches 1 et 2 des pièces de quincaillerie (coulisseaux pour abattants par exemple), ou une planche rabattable montée sur charnières.

Dans ce cas, l'équatorial peut s'adapter à toutes les latitudes et se fermer pour le transport.



Si l'on relie rigidement les plans 1 et 2, on gagne en solidité mais l'équatorial devient un peu plus encombrant et ne fonctionne que dans une bande restreinte de latitudes.

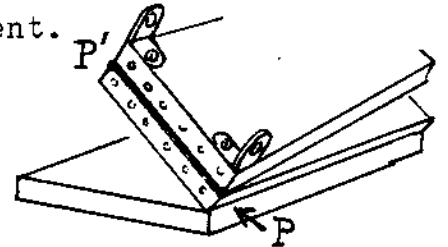
Bien entendu, les plus habiles amélioreront leur monture ou même opteront ensuite pour les formules à fourche ou "allemande" dérivées des instruments d'observatoires.

Quelle que soit la monture choisie, elle doit être, tout d'abord....

MISE EN STATION:

On peut se contenter de viser le long de la charnière à piano (PP'); celle-ci n'étant pas très longue, une erreur angulaire dans la visée du pôle survient facilement.

Deux petites cornières percées, placées près de P pour l'une et de P' pour l'autre, ou même un tube fixé, lui aussi, le plus parallèlement possible à PP' matérialisent l'axe de visée avec moins d'imprécision; nous allons y revenir mais.... où se trouve le Pôle?



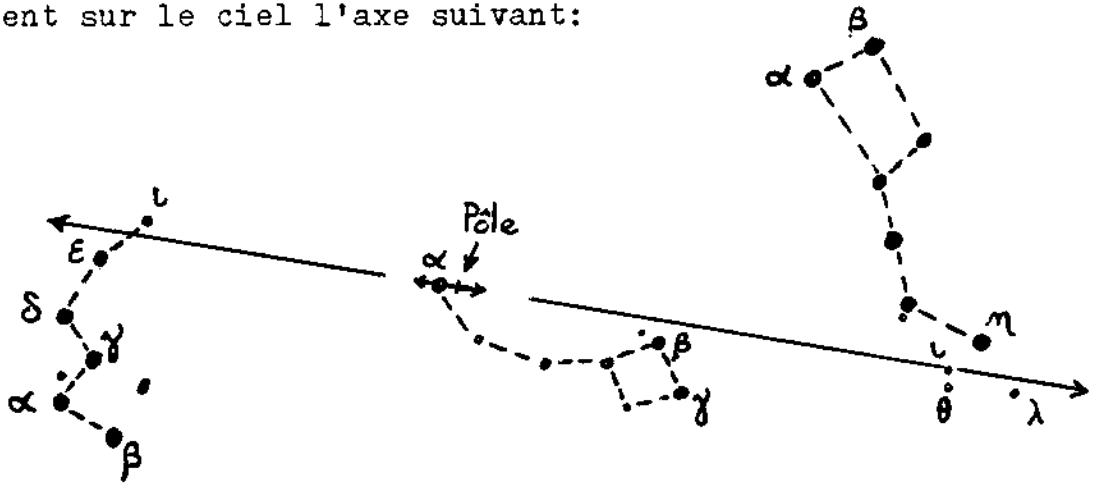
Un petit article est paru à ce propos dans les Cahiers Clairaut (n° 6, automne 1979, page 20). Puisque la détermination du Pôle est importante pour les appareils transportables, qu'il nous soit permis de faire une petite rectification.

Du fait de la précession des équinoxes, les coordonnées de la Polaire changent assez rapidement; pour 1950, la Revue des Constellations donne: $\alpha = 1^{\text{h}}48^{\text{m}}n,8$ et $\delta = 89^{\circ}02'$; la précession pour 50 ans vaut: en α : $+43,0^{\text{mn}}$ et en δ : $+14'$.

$$\text{En 1980, } \alpha = 1^{\text{h}}48,8^{\text{mn}} + \left(\frac{43 \times 30}{50}\right) = 2^{\text{h}}14,6^{\text{mn}}$$

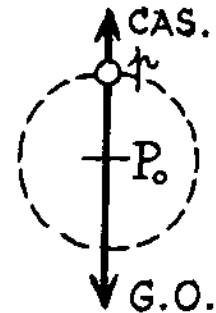
$$\text{et } \delta = 89^{\circ}02' + \left(\frac{14 \times 30}{50}\right) = 89^{\circ}10,4'$$

La distance moyenne et actuelle de la polaire au Pôle vaut donc 49,6' ; elle passera par son minimum (28') vers 2110. Afin de repérer le segment Pôle—polaire, il convient de tracer mentalement sur le ciel l'axe suivant:



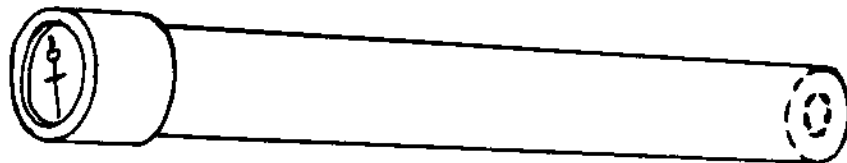
Pour parfaire cette opération, donc mettre l'équatorial en station sans hésiter, notre système doit comporter les trois repères ci-dessous:

- le centre de la visée P_0 (le Pôle);
- la polaire p , située à la bonne distance de P_0 ;
- un segment P_0-p ; le tout constitue une mire qui doit pouvoir tourner afin d'être adapté à la position de l'étoile au moment de la visée.



Pratiquement, on peut placer un tube parallèlement à la charnière PP' , sur la planche 3, et munir son extrémité supérieure d'un bouchon tournant transparent où seront reportés les trois repères. La fenêtre sera faite en rhodoïd ou en verre et le dessin de la mire tracé au vernis scolaire du genre "vitrail"; on peut aussi réaliser cette mire photographiquement à l'aide d'un contretypage sur Kodalith par exemple.

schéma
du tube:



Il faut évidemment déterminer l'échelle de ce petit dessin sur la mire; δ étant la distance angulaire Pôle-polaire et L_t la longueur du tube, $P_0 p = \text{tg } \delta \times L_t$.

Du côté de l'oeil, un trou circulaire de 6mm suffit, car il équivaut au diamètre de la pupille, la nuit.

Enfin, il paraît indispensable d'éclairer la mire, latéralement et de l'extérieur, afin de mieux la voir se profiler sur le fond du ciel.

ROTATION DE L'ÉQUATORIAL:

Les montures entraînées électriquement offrent un confort indéniable mais la mise au point de l'alimentation électrique, du variateur et du réducteur pourrait rebuter de nombreux débutants. Si l'on désire que cet appareil reste léger, transportable, simple et autonome, l'entraînement manuel s'impose; deux solutions se présentent:

- le bouton gradué, dont la rotation est synchronisée avec une unité de temps;
- le guidage optique, à l'aide d'une petite lunette munie d'un réticule.

Le bouton gradué:

Il s'agit du bouton que l'on peut voir sur le premier croquis; sa rotation entraîne la tige filetée qui le surmonte, elle-même poussant doucement la planche n°3. Le problème qui se pose est le suivant: où percer la planche n°2 ? Lorsque le bouton effectue un tour, la tige avance de la valeur du pas de vis.

Soit P_v ce pas en mm, T_r le temps d'une rotation du bouton, en secondes (entre 30 et 60 pratiquement); un jour sidéral vaut 86164 secondes, donc l'angle α dont tournera la planche 3 pendant T_r sera: $\frac{360 \times T_r}{86164}$.

La distance du trou fileté(dans la planche 2)à la charnière PP' vaut donc: $\frac{P_v}{\text{tg } \alpha}$; c'est l'angle de rotation de la planche 3.

Il reste à tracer **soigneusement** une graduation par seconde de temps sur la tranche du bouton (on dessine d'abord les angles sur le disque, on les abaisse sur l'épaisseur ensuite.)

Le guidage de la pose photo se fait en synchronisant le défilement des graduations avec une montre, un métronome ou des tops enregistrés sur un petit magnétophone.

Le guidage optique:

Cette solution consiste à placer sur la planche 3 une petite lunette à côté de l'appareil photo. Le bouton n'a plus besoin d'être gradué; la lunette sera munie d'un réticule et une étoile, calée à la croisée des fils, servira de guide.

Les images quasi ponctuelles au foyer d'une lunette permettent une grande finesse dans l'appréciation de la rotation de la monture; les images photographiques des étoiles sont loin de présenter le même aspect! En effet, l'agitation atmosphérique étale la lumière autour du point image; les aberrations des optiques de 24x36 ajoutent un peu plus de confusion, mais surtout la diffusion de la lumière dans la gélatine et sur les myriades de grains d'halogénures aboutissent à un résultat déplorable: alors que la tache de diffraction d'une image stellaire mesure moins de 4 microns au foyer d'une optique ouverte à f.2,8, la plus petite image stellaire d'un système très bien corrigé mesure 25 ou 30 microns sur une pellicule !

CONSEQUENCE: il existe une relation évidente entre la précision du guidage et la nécessité d'obtenir des taches stellaires bien rondes sur les clichés; le choix de la lunette et de ses caractéristiques nous assure des résultats encore plus fiables qu'avec le bouton gradué.

Focales photo en cm:	5	10	15	20	30
Précision angulaire de guidage:	2'	1'	42"	30"	18"
Focale minimum de la lunette: (en cm)	20	40	50	60	80
Grossissement minimum:	5	10	15	20	30

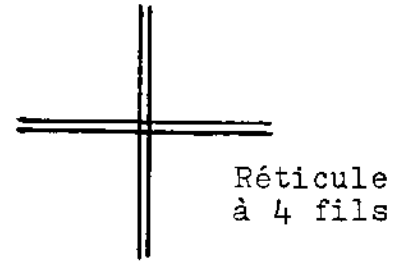
(Tableau extrait de: Astrophotographie d'amateur; Texereau et Vaucouleurs; 1954; Ed. de la Revue d'Optique, Paris).

En réalité, des focales-guides et des grossissements plus grands ne peuvent qu'améliorer les résultats.

Le réticule:

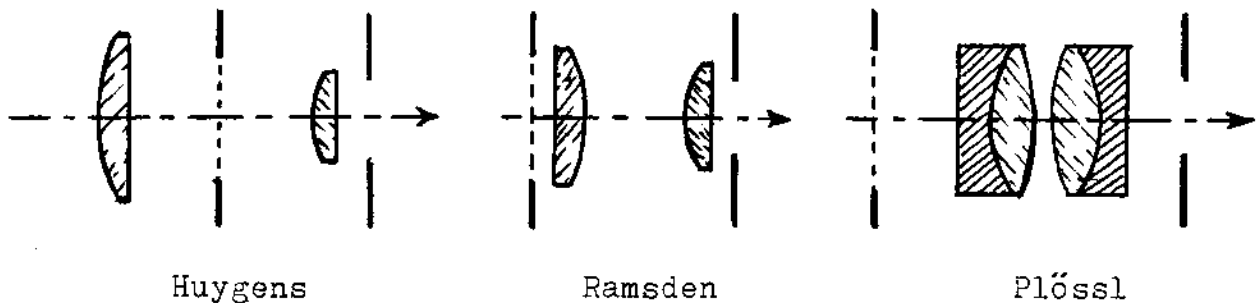
Il doit se trouver au foyer de l'objectif de la lunette; l'image de l'étoile-guide sera bien plus facile à lire si l'on dérègle légèrement la mise au point: une petite tache sera moins

fatigante à suivre qu'un point. De plus, si l'on donne au réticule la forme ci-contre, la petite tache sera mise en tangence avec les côtés du carré central.



Comme les oculaires réticulés du commerce coûtent fort cher, il nous a semblé utile d'indiquer une méthode pour fabriquer un réticule; on peut ainsi choisir l'oculaire et l'écartement des fils; avec un peu de soin, l'opération se révèle très "payante" aussi bien techniquement que financièrement.

Voici trois types d'oculaires:



Le premier, très répandu, présente une forte aberration de sphéricité qui le rend assez insupportable au foyer d'un faisceau à $f./6$; cependant, placé sur une petite lunette-guide ouverte à $f./10$ ou 15 , et puisque l'étoile sera au centre du champ, cet oculaire peut rendre service. La différence entre lui et les deux autres, pour placer le réticule, réside dans la position du diaphragme de champ: ce diaphragme est représenté par un pointillé dans chaque croquis et supporte, dans la pratique, le réticule. Résultat: il faudra dévisser la lentille avant du Huygens pour coller le réticule; dans les deux autres oculaires (comme dans un Kellner ou un orthoscopique) le montage sera un peu plus simple. Signalons au passage que la formule du Ramsden est facile ($1/1/1$. ou mieux $1/0,9/1$.); cette formule indique les rapports entre les focales des 2 lentilles (à chaque bout) et la distance qui les sépare (au milieu). La focale résultante vaut également 1 et l'oculaire est facile à construire.

Voyons donc la liste des composants pour la fabrication du réticule:

- une rondelle métallique, dont les diamètres correspondent à ceux du diaphragme de champ (elle sera collée sur lui);

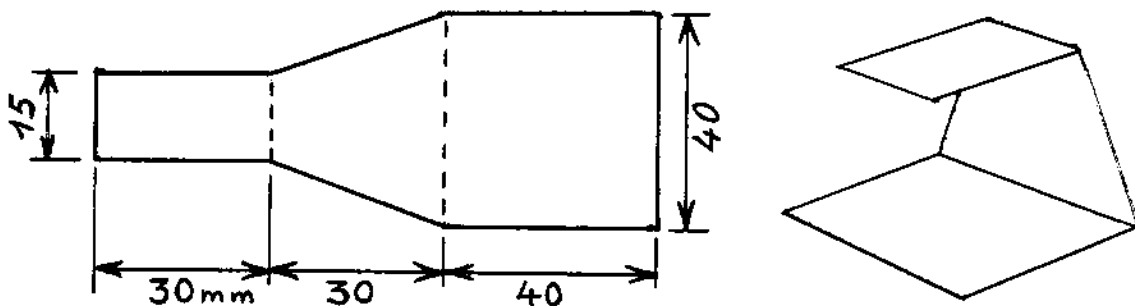
- quelques gouttes assez liquides de gomme laque dissoute dans de l'alcool industriel;
- de la peinture noire mate et un pinceau fin;
- de la colle néoprène;
- 2 fois 4cm de fil de cuivre de 0,8 à 1mm de diamètre;
- de la tôle de boîte de conserve;
- des fils très fins pour le réticule: des cheveux constituent un matériau acceptable à la rigueur, mais dans la perspective d'un travail raffiné, nous leur préférons le fil de soie des COCONS d'araignées (épeire diadème des jardins par exemple). Ce fil, de 4 à 6 fois plus fin que des cheveux d'enfant, est extrêmement régulier, assez élastique et moins fragile qu'on le pense à priori.
- de l'outillage léger: une lime triangulaire fine, un marteau, des ciseaux, des pinces du genre à épiler ou à dissection, une loupe sur pied (sciences naturelles);
- et, si besoin, un raton-laveur.

1°) préparer la rondelle:

On la choisit bien plane; rappelons que ses diamètres doivent lui permettre de se poser sur le diaphragme de champ sans empiéter sur le trou central; on la peint sur une face et la tranche interne en noir mat.

2°) le support de collage:

Découper un morceau de tôle (boîte de conserves) et le plier suivant les croquis ci-dessous (les dimensions sont seulement indicatives):



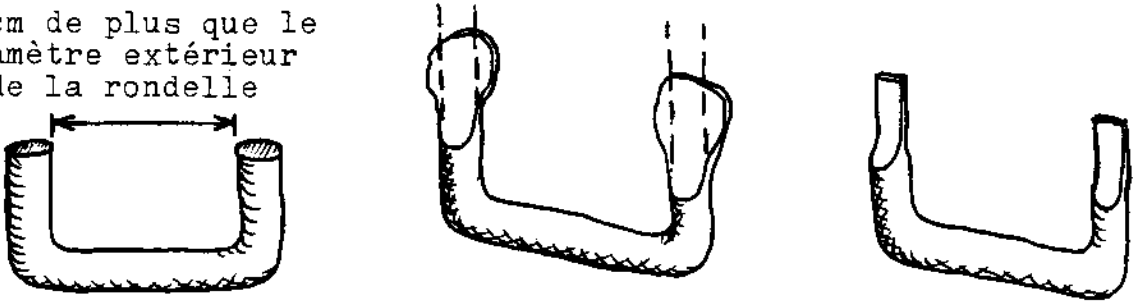
Cette potence va servir aux collages en suspension.

3°) les étriers:

Chacun des morceaux de fil de cuivre recevra le même montage; nous ne décrivons qu'une manipulation mais il faudra la faire deux fois.

Courber le morceau de cuivre en U et marteler chaque extrémité en méplat (épaisseur souhaitable du méplat: 2 ou $\frac{3}{10}$ de mm.) Rectifier avec des ciseaux, au besoin, l'excès de largeur des parties martelées.

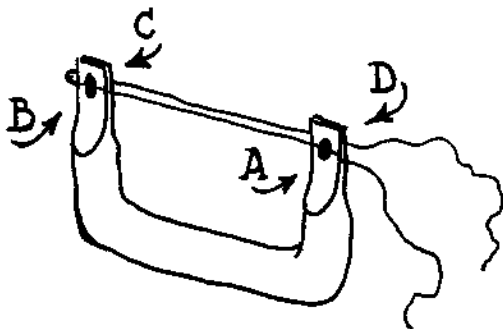
1 cm de plus que le diamètre extérieur de la rondelle



4°) préparer les fils:

Si l'on a choisi les cheveux, 8cm suffisent par étrier; dans le cas du cocon, ébouillanter celui-ci une minute et laisser sécher. Sur un fond noir (un petit carré de velours rend les fils lisibles et les accroche bien), étirer à l'aide des pinces fines plusieurs cm de soie.

5°) collage du fil sur l'étrier:



Coller le fil au point A avec du néoprène, laisser bien sécher (1 heure au moins).

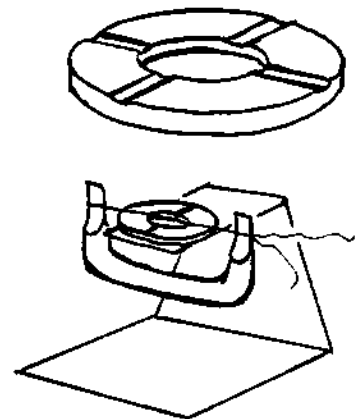
Coller en une seule fois le fil sur B, C, et D en faisant le tour de l'étrier; il est inutile de trop tendre le fil mais l'inverse n'est pas recommandé:

l'épaisseur du méplat conditionne l'écartement du réticule, et l'étrier est conçu pour régler à l'avance le parallélisme des fils. Laisser sécher 24 h. en suspendant les 2 étriers, fils en bas, sur le support en tôle.

6°) collage de la croisée de fils:

Limer sur la rondelle, du côté non peint, 4 petites encoches en forme d'auges très peu profondes et radiales à 90°.

Enduire 2 encoches opposées de gomme laque liquide puis déposer la rondelle sur le support de tôle, laque en dessus, les encoches laquées perpendiculaires à la languette supérieure.



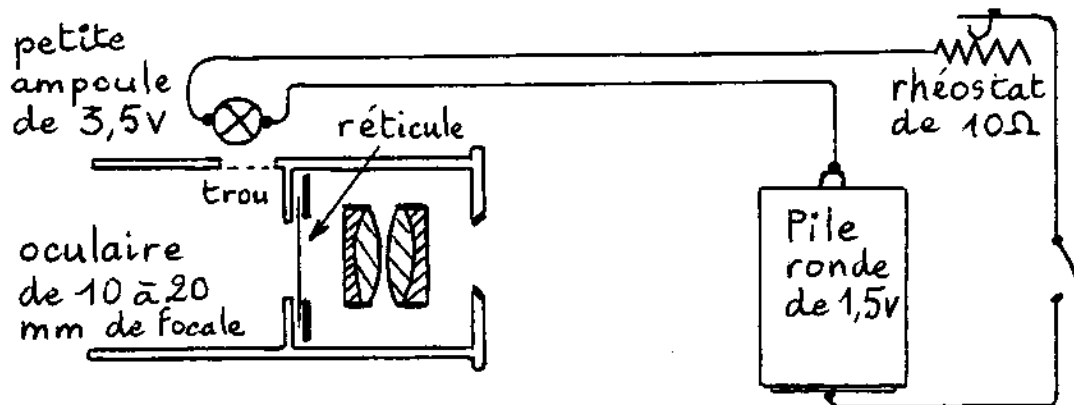
Poser alors les fils d'un étrier dans la laque et contrôler à la loupe la position et le parallélisme des fils que le poids du cuivre a tendus. La gomme sèche très lentement; couper les fils après 24 heures et recommencer perpendiculairement avec le deuxième étrier.

7°) éclairage du réticule:

De nombreuses solutions existent pour rendre visible le réticule en l'illuminant; l'essentiel consiste pour nous à ne pas envoyer trop de lumière parasite vers l'oeil.

Lorsque les fils sont montés sur la rondelle, on colle celle-ci sur le diaphragme de champ de l'oculaire; la colle au néoprène convient, en toute petite quantité. Veiller à ce que les fils se trouvent exactement dans le plan focal des lentilles; on évite ainsi le défaut de parallaxe.

On peut alors, en s'inspirant du schéma de principe ci-dessous, placer un éclairage réglable contre l'oculaire.



Notons que les plus prudents perceront l'oculaire avant de coller la rondelle. Un petit filtre vert peut être intercalé sur le faisceau pour éliminer les radiations gênantes pour l'oeil.

ET APRÈS.....

La construction de ces appareils ne constitue pas une fin en soi, évidemment. Les élèves munis d'une monture équatoriale se lanceront à l'assaut du ciel (qui en a vu d'autres !) et approfondiront peu à peu leurs connaissances en découvrant les beautés et les mystères du ciel.

Daniel BARDIN.