

Le télescope Schmidt De Schmidt-telescoop



De Telescoop

- Dit instrument wordt De Telescoop genoemd omdat het lange tijd de enige kijker was op de Koninklijke Sterrenwacht met een spiegel. Alle andere kijkers gebruikten lenzen.
- De oorspronkelijke telescoop die hier stond werd aangekocht in 1933 bij Zeiss (Jena), en werd door de Duisters tijdens de Tweede Wereldoorlog meegenomen. Alleen de spiegel werd, onherstelbaar beschadigd, in 1948 teruggevonden.
- De montering (het grijs geschilderde deel) echter is nog steeds de originele montering van Zeiss uit 1933.
- In 1958 werd de huidige telescoop aangeschaft, gebouwd door Cox, Hargreaves and Thomson, Ltd.
- De hoofdspiegel heeft een diameter van 1,20 m, en is sferisch. Deze bevindt zich onderaan in de buis. De sferische vorm laat een groot beeldveld toe, maar veroorzaakt beeldfouten.
- Een correctieplaat bovenaan met een diameter van 0,85 m corrigeert deze beeldfouten.
- De telescoop kan gebruikt worden in 4 configuraties:
 - Schmidt: fotografisch met groot beeldveld,
 - Cassegrain: fotografisch met matig beeldveld of spectroscopisch,
 - Gregory: fotografisch met klein beeldveld of spectroscopisch,
 - Newton: visueel met klein beeldveld.

Tegenwoordig wordt de telescoop in Schmidt-configuratie gebruikt:

- Effectieve brandpuntsafstand: 2,10 meter.
- Effectieve opening: 0,85 meter.
- Beeldveld (fotografisch): 20×20 cm, hetgeen overeenkomt met 5×5 graden aan de hemel.
- Beeldveld met onze CCD-camera: 3× 2 cm, of 1/2 op 3/4 graden aan de hemel (iets groter dan de volle maan).

Fotografische astrometrie

Met behulp van de astrometrie bepaalt men de positie van de objecten aan de hemel, en van de bewegende objecten in het bijzonder. Bij de fotografische astrometrie wordt een fotografische plaat genomen met een redelijk groot beeldveld, zodat niet alleen het object waarvan de positie moet bepaald worden op de plaat staat, maar tevens een aantal referentiesternen waarvan de positie in catalogi aangegeven staat. De plaat wordt in een meettoestel geplaatst en de posities van zowel de sterren als het gewenste object worden met een nauwkeurigheid van enkele micrometers gemeten. Hieruit wordt de positie aan de hemel van het bewegende object bepaald. Nadat voldoende posities verzameld zijn, kan aan de hand hiervan zijn baan bepaald worden, zodat het bij volgende waarnemingen, desnoods jaren later, kan teruggevonden worden. Aldus ligt de astrometrie aan de basis van alle andere soorten waarnemingen (spectroscopie, fotometrie, . . .) van bewegende objecten.

Tegenwoordig zijn fotografische platen vervangen door CCD-camera's. Hoewel het beeldveld van zo een CCD-camera veel kleiner is, blijft het principe hetzelfde als bij de fotografische astrometrie. De metingen hoeven echter niet meer met de hand te gebeuren, maar kunnen rechtstreeks door computerprogramma's uitgevoerd worden, en zijn aldus veel nauwkeuriger.

Le Télescope

- Cet instrument est appelé le Télescope parce qu'il a été pendant longtemps le seul instrument de l'Observatoire royal équipé d'un miroir. Tous les autres instruments étaient munis de lentilles.
- L'instrument original qui se trouvait dans cette coupole a été acheté en 1933 chez Zeiss (Jena), et a été emporté par les Allemands pendant la Guerre. Seul le miroir a été retrouvé en 1948, mais il était gravement endommagé.
- La monture (peinte en gris) est encore toujours la monture Zeiss originale de 1933.
- En 1958 l'instrument actuel a été acheté. Il a été construit par Cox, Hargreaves and Thomson, Ltd.
- Le miroir principal a un diamètre de 1,20 m et est sphérique. Il se trouve dans le bas du tube. Sa forme sphérique permet des images à grand champ, mais cause de l'aberration sphérique.
- Une lame correctrice de 0,85 m corrige l'aberration sphérique.
- Le télescope peut être utilisé en 4 configurations:
 - Schmidt: photographiquement, avec grand champ,
 - Cassegrain: photographiquement, avec champ moyen, ou spectroscopiquement,
 - Gregory: photographiquement, avec petit champ, ou spectroscopiquement,
 - Newton: visuellement avec petit champ.

A présent le télescope est utilisé en configuration Schmidt:

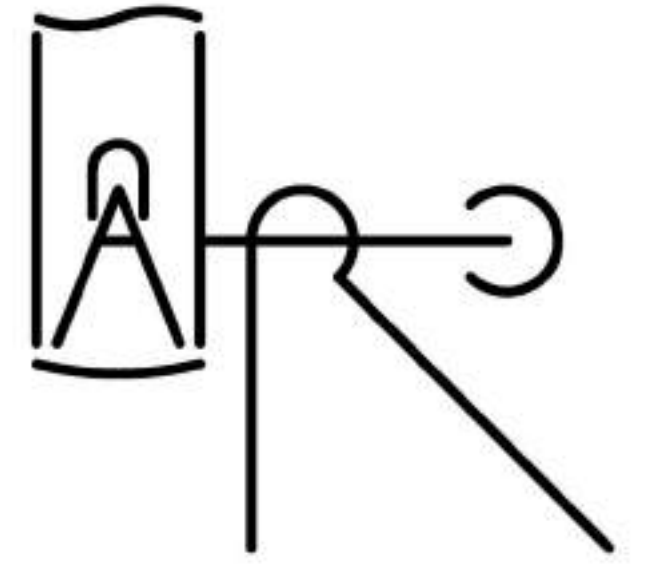
- Distance focale: 2,10 mètres.
- Ouverture effective: 0,85 mètre.
- Dimension du champ (photographique): 20×20 cm, ce qui correspond à 5×5 degrés sur le ciel.
- Dimension du champ avec notre caméra CCD: 3×2 centimètres, soit 1/2×3/4 de degré dans le ciel (un peu plus large que la pleine lune).

Astrométrie photographique

L'objet de l'astrométrie est de déterminer les positions des objets sur le ciel, et en particulier des astres errants. En astrométrie photographique, on prend des clichés photographiques couvrant un champ relativement grand, de telle sorte que non seulement l'objet dont on désire la position est photographié, mais aussi un certain nombre d'étoiles de référence dont les positions sont données dans des catalogues. La plaque est mise sur un appareil de mesure, et les positions tant des étoiles que de l'objet considéré sont mesurées avec une précision de quelques micromètres. Il en découle la position dans le ciel de l'astre errant. Après avoir réuni suffisamment de positions de l'objet, on peut calculer son orbite, en vue de le retrouver après plusieurs années pour des observations nouvelles. Ainsi l'astrométrie reste à la base de toutes les autres catégories d'observations d'astres errants (spectroscopie, photométrie, . . .).

Actuellement, les plaques photographiques ont été remplacées par des caméras CCD. Bien que le champ d'une caméra CCD soit beaucoup plus petit, le principe de l'astrométrie photographique reste le même avec une telle caméra. Cependant, les mesures ne doivent plus être faites à la main, mais peuvent être effectuées par ordinateur, et sont donc beaucoup plus précises.





Le télescope Schmidt De Schmidt-telescoop



Het project RUSTICCA

Door de enorme lichthinder van de Brusselse agglomeratie, werden tot voor enkele jaren in Ukkel bijna geen waarnemingen meer gedaan 's nachts. Enkel de Dubbele Astrograaf (de kijker die in de kleinere koepel hiernaast staat), werd nog tot in het begin van de jaren 1990 sporadisch gebruikt. Fotografisch was het bijna niet meer mogelijk nog wetenschappelijk zinvolle waarnemingen te doen.

Toen in de eerste helft van de jaren 1990 duidelijk werd dat door de telescoop van een CCD-camera te voorzien, er opnieuw zinvolle waarnemingen zouden kunnen gedaan worden, kon de afdeling fotografische astrometrie van de Koninklijke Sterrenwacht een speciaal budget krijgen voor de aanschaf van een CCD-camera. RUSTICCA staat dan ook voor "Revalorising the Ukkel Schmidt Telescope by Installing a CCD Camera".

De CCD-camera werd geleverd en geïnstalleerd in april 1996, en is sedert het najaar van 1996 in operationeel gebruik. Daarnaast werd de telescoop geautomatiseerd om de waarnemingen efficiënter te maken. Positiebepaling van kleine planeten is het hoofddoel van dit project. Daarnaast worden er ook andere wetenschappelijke waarnemingen mee verricht, zoals fotometrische waarnemingen van onderlinge verschijnselen van satellieten van planeten, fotometrie van variabele sterren en bedekkingen van sterren door kleine planeten.

Het logo van RUSTICCA

Het logo van RUSTICCA stelt de telescoop voor met de CCD-camera erin, en is volledig opgebouwd uit de letters van het woord RUSTICCA:

R de voet van de telescoop en de uuras,
U de CCD-camera, die in het primaire brandpunt zit,
S de correctieplaat (in werkelijkheid heeft die de vorm van een dubbele S)
T de wand van de telescoop en de ophanging van de tegengewichten,
I de andere wand van de telescoop,
C de spiegel,
C het tegengewicht,
A de lichtstralen die door de spiegel weerkaatst worden en het ingangsvenster van de CCD-camera.

Le projet RUSTICCA

A cause de l'importante pollution lumineuse de l'agglomération Bruxelloise, les observations nocturnes depuis Uccle avaient pratiquement cessé il y a quelques années. Seul l'Astrographe Double (l'instrument dans la coupole attenante), était encore utilisé de temps à autre jusqu'au début des années 1990. Photographiquement, faire des observations de valeur scientifique était devenu pratiquement impossible.

Quand, dans la première moitié des années 1990, il était devenu clair qu'en équipant le télescope d'une caméra CCD, des observations à valeur scientifique redeviendraient possibles, la section d'astrométrie photographique de l'Observatoire royal a pu obtenir un budget spécial pour l'achat d'une caméra CCD. C'est pourquoi le projet s'appelle RUSTICCA: "Revalorising the Ukkel Schmidt Telescope by Installing a CCD Camera".

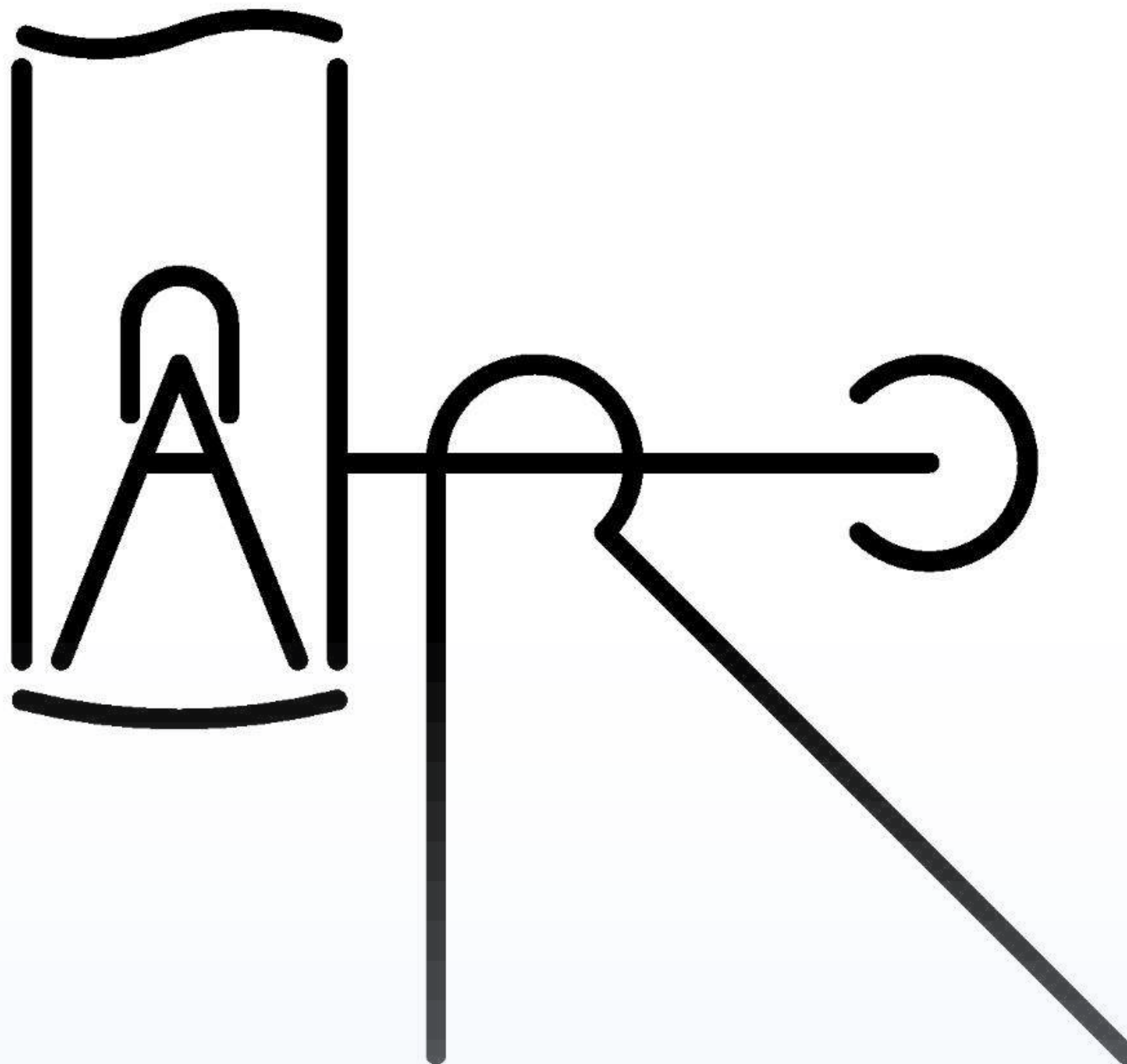
La caméra CCD a été livrée et installée en avril 1996, et est en usage opérationnel depuis l'automne 1996. Le télescope fut ensuite automatisé afin d'optimiser les observations.

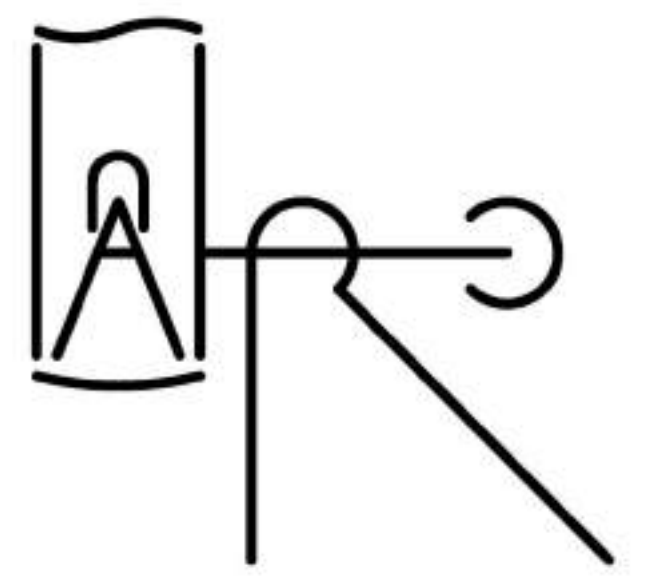
Dans ce projet, l'intention est de faire principalement des déterminations de positions de petites planètes. Mais d'autres observations scientifiques sont également réalisées, comme les observations de phénomènes mutuels des satellites de planètes, d'occultations d'étoiles par des petites planètes ou encore la photométrie d'étoiles variables.

Le logo de RUSTICCA

Le logo de RUSTICCA représente le télescope avec sa caméra CCD, et est entièrement constitué des lettres du mot RUSTICCA:

R la monture du télescope et l'axe horaire,
U la caméra CCD, au foyer primaire,
S la lame correctrice (en réalité elle a la forme d'un double S),
T le tube du télescope et la barre qui tient les contrepoids,
I l'autre côté du tube du télescope,
C le miroir,
C le contrepoids,
A les rayons lumineux réfléchis par le miroir, et la fenêtre d'entrée caméra.





Le télescope Schmidt De Schmidt-telescoop



Kleine planeten

De kleine planeten, ook wel asteroïden of planetoïden genoemd, zijn objecten die net als de planeten rond de zon draaien. De grote planeten hebben echter diameters gaande van 4000 tot 140 000 km, terwijl kleine planeten diameters hebben van maximaal een 2000 kilometer. De kleinste die tot nu toe waargenomen zijn, hebben een diameter van nauwelijks enkele tientallen meters. De meeste bevinden zich in banen tussen Mars en Jupiter op zowat 350 miljoen kilometer van de zon, alhoewel er af en toe een kleine planeet in de buurt van de aarde komt (op enkele miljoenen kilometer). Thans zijn er reeds bijna 525 000 kleine planeten goed gekend, en voor nog eens meer dan 250 000 andere is al een voorlopige baan berekend. Doordat hun diameter zo klein is, zijn ze vanaf de aarde te zien als puntvormige objecten, en zien er precies uit als sterren. Alleen hun snelle beweging (al te zien na een tiental minuten) verraad dat het om een kleine planeet en geen ster gaat.

Detectie van kleine planeten

Kleine planeten detecteren vereist een speciale techniek. Omwille van hun kleine afmetingen, zien kleine planeten er vanaf de aarde puntvormig uit, net als sterren. Op gewone opnamen is er dan ook niets dat kleine planeten van sterren onderscheidt. Alleen haar beweging kan een kleine planeet verraden. Om kleine planeten te kunnen vinden, verricht men de waarnemingen dan ook zo, dat bewegende objecten aan het licht komen.

Er worden verschillende beelden genomen met tussenpozen van een tiental minuten. In de tijdspanne tussen twee opnames heeft de asteroïde zich verplaatst t.o.v. de sterren. Een computerprogramma detecteert pixel per pixel voor elk beeld of er zich een object bevindt of hemelachtergrond. Daarna wordt die informatie voor de verschillende beelden gecombineerd. Pixels die op alle beelden enkel hemelachtergrond gezien hebben, worden zwart gekleurd, pixels die op twee of meer beelden een object geregistreerd hebben, worden grijs voorgesteld, terwijl pixels die op slechts één enkel beeld een object gezien hebben in een felle kleur gestoken worden. Hier in het voorbeeld waren er vijf beelden, met de kleuren blauw, groen, geel, oranje en rood. Sterren verschijnen als grijze plekken, terwijl de asteroïde als een opvallende regenboog verschijnt, en zo gemakkelijk opvalt.

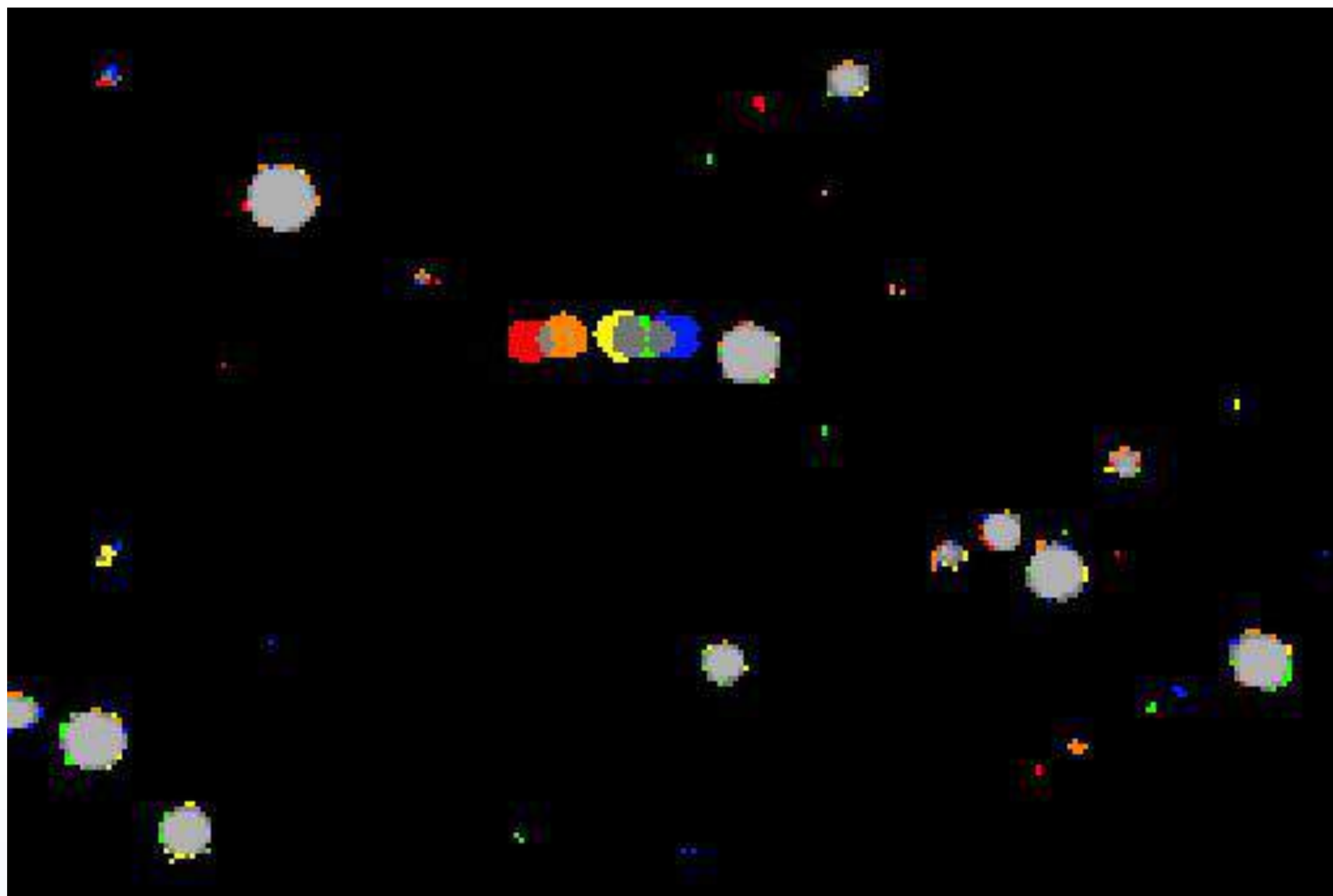
Les petites planètes

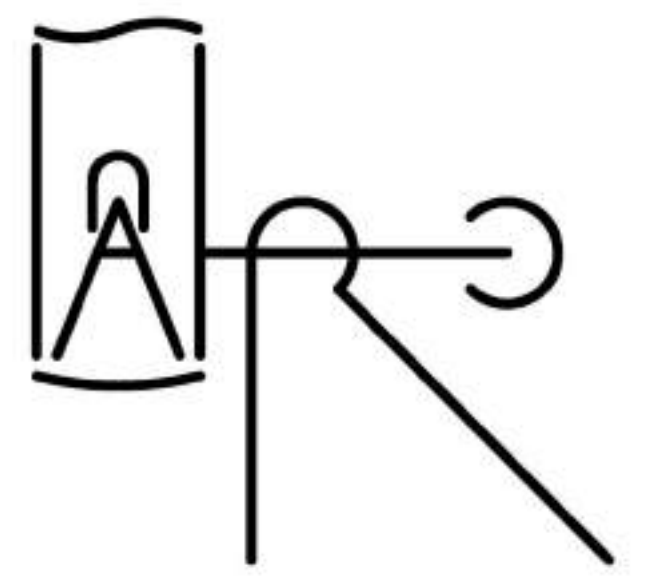
Les petites planètes, appelées également astéroïdes ou planetoïdes, sont des astres qui tournent autour du Soleil comme les planètes. Le diamètre des grosses planètes varie de 4000 à 140 000 km, alors que les petites planètes ont des diamètres inférieurs à 2000 km. Les plus petites observées jusqu'à présent ont un diamètre d'à peine quelques dizaines de mètres. La plupart se trouvent entre les orbites de Mars et de Jupiter à quelque 350 millions de kilomètres du Soleil, bien que parfois une petite planète passe dans le voisinage de la Terre (à quelques millions de kilomètres). Actuellement, presque 525 000 petites planètes sont déjà bien connues, tandis que pour plus que 250 000 autres une orbite provisoire a déjà pu être calculée. Étant donné leur faible diamètre, les petites planètes ont un aspect stellaire (ponctuel) depuis la terre. Seul leur mouvement rapide (déjà visible après une dizaine de minutes) indique qu'il s'agit d'une petite planète et non d'une étoile.

La détection des petites planètes

La détection des petites planètes requiert une technique particulière. En effet, à cause de leur petite taille, les astéroïdes ne sont, vus depuis la Terre, que comme des points, tout comme le sont les étoiles. Sur une image, il n'y a donc rien qui distingue les petites planètes des étoiles. Seul leur mouvement peut en fait trahir la présence des petites planètes. Pour les découvrir, il faut donc conduire les observations de telle sorte à mettre leur mouvement en évidence.

La technique utilisée consiste à prendre plusieurs images avec des intervalles d'une dizaine de minutes. D'une image à l'autre, l'astéroïde s'est déplacé par rapport aux étoiles. Un logiciel détecte pixel par pixel, pour chaque image, si on a affaire à un objet ou au fond du ciel. Cette information est ensuite combinée pour chaque image. Les pixels qui correspondent au fond du ciel sur chacune des images sont coloriés en noir, ceux pour lesquels un objet a été détecté sur deux images ou plus sont peints en gris, tandis que les pixels pour lesquels un objet n'a été détecté que sur une seule image reçoivent une coloration vive. Dans l'exemple ici nous avons utilisé 5 images et les couleurs bleu, vert, jaune, orange et rouge. Les étoiles apparaîtront donc comme des taches grises tandis que les astéroïdes se trahiront sous la forme d'un arc-en-ciel, et seront facilement détectés.





Le télescope Schmidt De Schmidt-telescoop



1 Correctieplaat

Het licht komt de telescoop binnen langs boven en gaat door de correctieplaat. Deze corrigeert de sferische aberratie die door een sferische spiegel wordt veroorzaakt.

2 Hoofdspiegel

Daarna valt het licht op de hoofdspiegel en wordt naar boven weerkaatst. De hoofdspiegel heeft een diameter van 1,20 meter en een dikte van 17 centimeter (foto: hoofdspiegel buiten de telescoop). Het gewicht bedraagt ongeveer 400 kilogram. De spiegel heeft een bolvormig oppervlak, wat toelaat een groot beeldveld te verkrijgen.

3 CCD-camera

Tenslotte komt het licht samen in het primaire brandpunt van de spiegel, waar het gedetecteerd wordt door de CCD-camera. Deze zet het licht om in een elektrisch signaal. De CCD-camera bevindt zich ongeveer ter hoogte van de cirkelvormige opening halfweg de buis, en is van beneden net niet te zien, maar de foto's hiernaast tonen de CCD-camera op haar plaats.

4 Controller

Het elektrische signaal van de CCD-camera wordt gestuurd naar de controller onderaan de telescoop. Deze zet het elektrische (analoge) signaal om in een digitaal signaal. Anderzijds zorgt de controller ook voor de sturing van de camera.

5 Computer

Het digitale signaal wordt tenslotte van de controller gestuurd naar een PC, die zorgt voor de bediening van de camera, het ontvangen, opslaan en een eerste verwerking van de beelden. Deze PC bevindt zich in de controlekamer in de gang naar de koepel. Naast een PC voor de bediening van de camera is er een PC voor de bediening van de telescoop. De kabel die de controller verbindt met de PC loopt via de kelder. De PC is op zijn beurt verbonden met een lokaal netwerk van computers zodat de beelden voor verdere verwerking naar andere computers kunnen gestuurd worden.

6 Pomp voor watercirculatie

Omdat een CCD-camera niet alleen gevoelig is voor licht maar ook voor warmte, moet de chip in de camera gekoeld worden tot een temperatuur van ongeveer -30° Celsius. De warmte die hierbij vrijkomt wordt door watercirculatie afgevoerd (zie de transparante buisjes). De pomp die het water aanvoert bevindt zich in de kelder onder de koepel.

7 Volgkijker

De volgkijker heeft een klein beeldveld met een sterke vergroting, waarin een dradenkruis zichtbaar is. Een volgster wordt gekozen en die wordt juist achter het snijpunt van de twee draden geplaatst. Tijdens de belichting kan de waarnemer aldus nagaan of het instrument correct de beweging van de sterren volgt, en desnoods een kleine correctie aanbrengen. De volgkijker wordt momenteel niet gebruikt, maar kan eveneens van een kleine CCD-camera voorzien worden om automatisch te kunnen volgen.

8 Zoeker

De zoeker is een klein kijkertje met redelijk groot beeldveld, die toelaat de kijker te richten op het gewenste object. Deze is niet meer nodig, daar de beelden tegenwoordig meteen op het scherm van de computer verschijnen.

9 Poolas of Uuras

Deze as is parallel met de rotatie-as van de aarde. Door de kijker tegen dezelfde snelheid te laten draaien als de aarde, maar in tegengestelde zin, blijft zijn oriëntatie in de ruimte ongewijzigd, en blijft hij steeds naar hetzelfde object gericht. Het voordeel van deze zogenaamde equatoriale opstelling is dat men de kijker slechts om één enkele as moet laten draaien tegen een constante snelheid om de aardrotatie te compenseren. Bij een zogenaamde horizontale of azimuthale opstelling (met een horizontale en een verticale as) moet men de kijker gelijktijdig om twee assen wentelen terwijl de CCD-camera zelf nog om een derde as moet wentelen, en dit tegen een snelheid die niet constant is.

De kijker wordt eveneens om deze as gedraaid om hem te richten op een bepaald object. Indien de rechte klimming van het object gekend is, moet de uurhoek eruit berekend worden aan de hand van de sterrentijd (zie de klok sterrentijd). Deze uurhoek werd vroeger ingesteld aan de hand van de deelcirkels, maar tegenwoordig wordt de positie van de telescoop afgelezen op het scherm van de computer.

10 Deelcirkel voor de uurhoek

11 Declinatie-as

De kijker wordt om deze as gedraaid enkel om naar een object te richten, en niet tijdens de waarneming. Het instellen van de declinatie gebeurde vroeger aan de hand van de deelcirkels, maar tegenwoordig wordt de positie van de telescoop afgelezen op het scherm van de computer.

12 Deelcirkel voor de declinatie

13 Tegengewicht

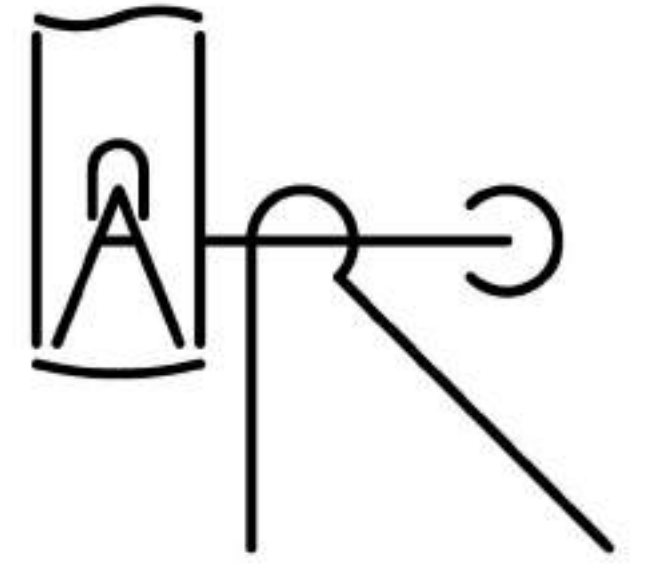
Om de telescoop in evenwicht te houden, wordt zijn gewicht aan de overzijde van de declinatie-as gecompenseerd door twee tegengewicht-en van elk 1000 kg.

14 Meetklok voor de declinatie

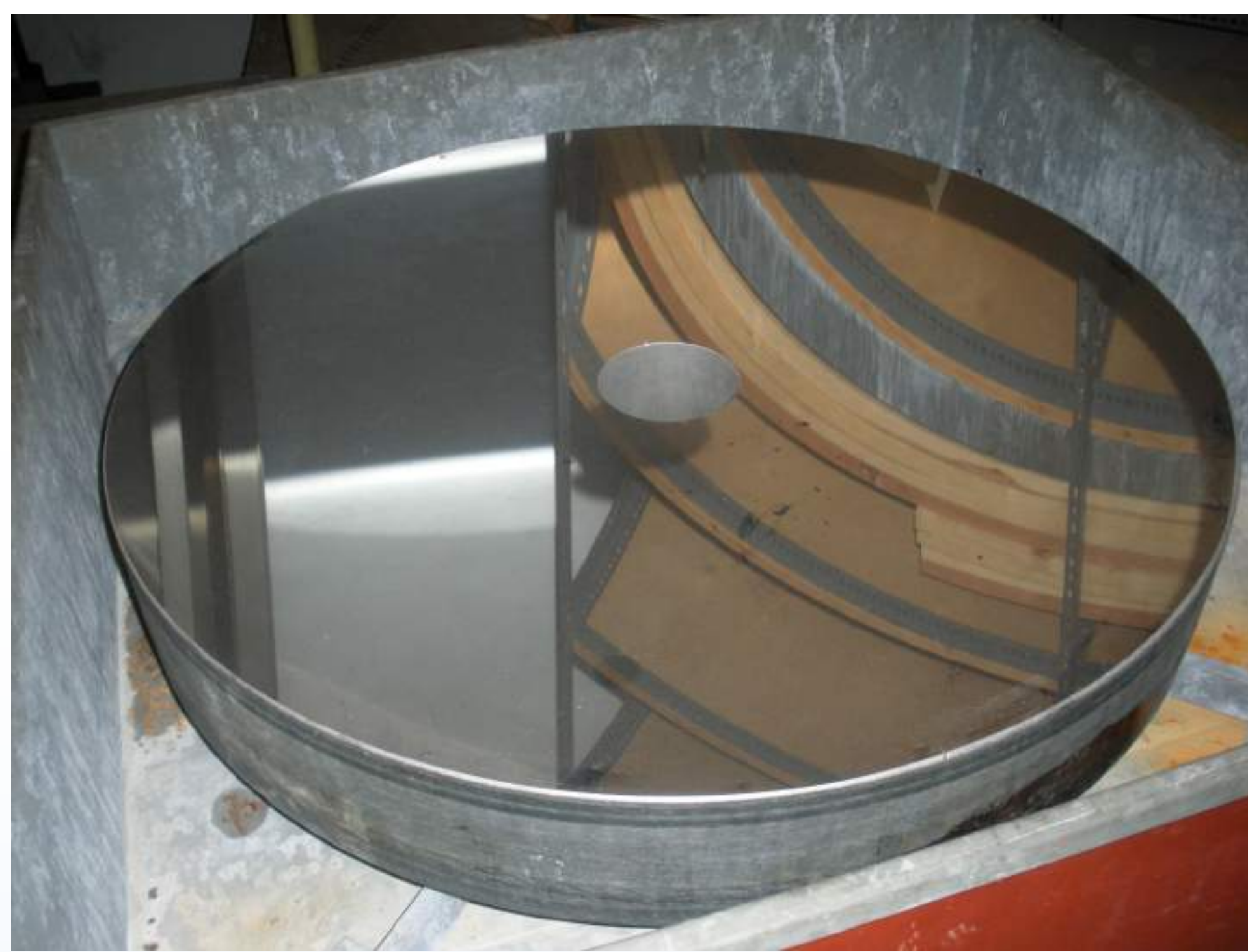
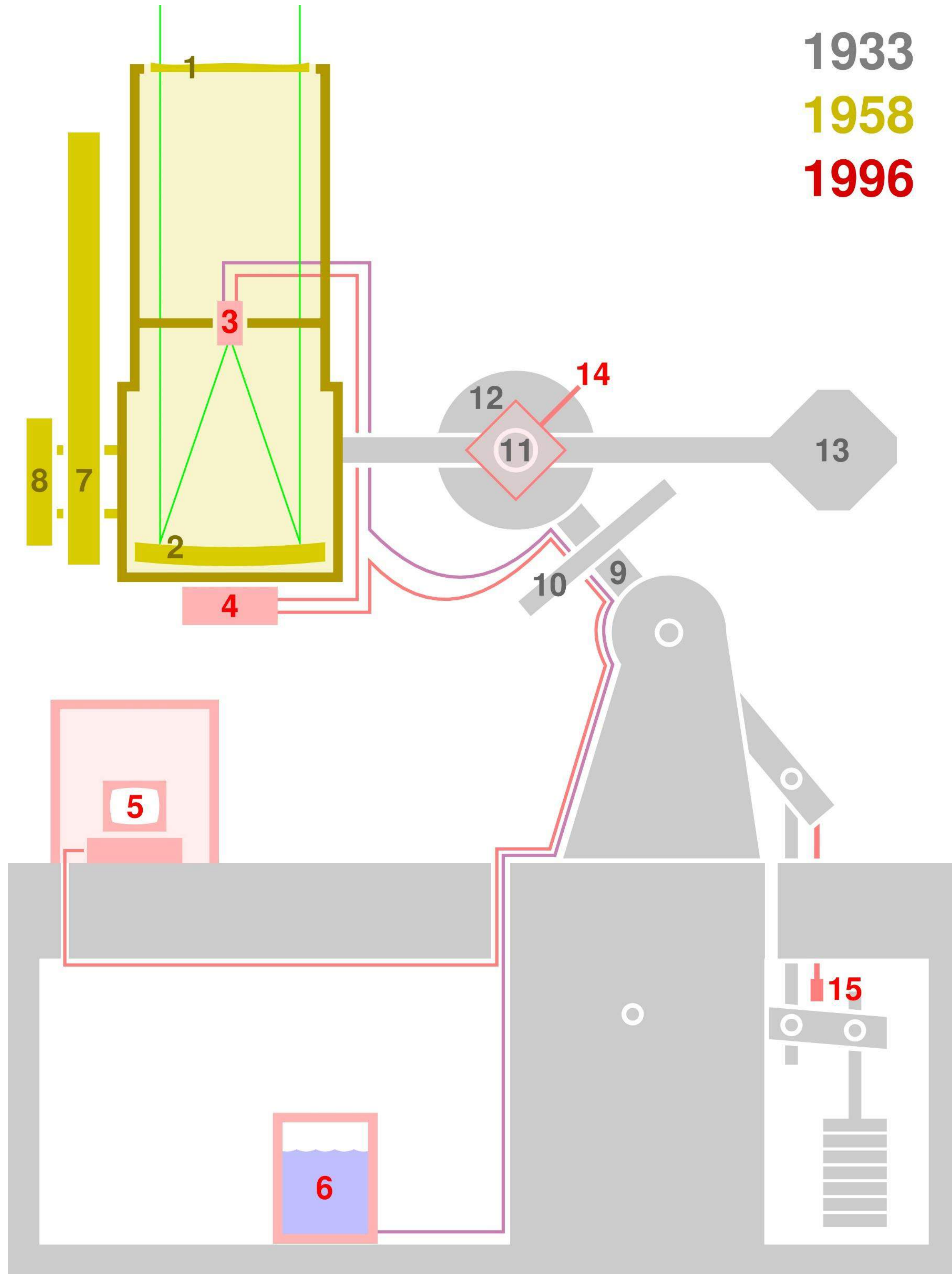
De meetklok voor de declinatie bevindt zich aan het uiteinde van de declinatie-as, en bestaat uit een gedeelte dat vast is aan de as en een gedeelte dat vast is aan de telescoop. De meetklok meet aldus rechtstreeks de declinatie van de telescoop, die dan op het scherm van de computer getoond wordt. Voor de uurhoek is er een gelijkaardige meetklok, die zich in de kelder bevindt. Het vaste gedeelte is daar echter vervangen door een lange staaf met een gewicht, die de verticale stand inneemt.

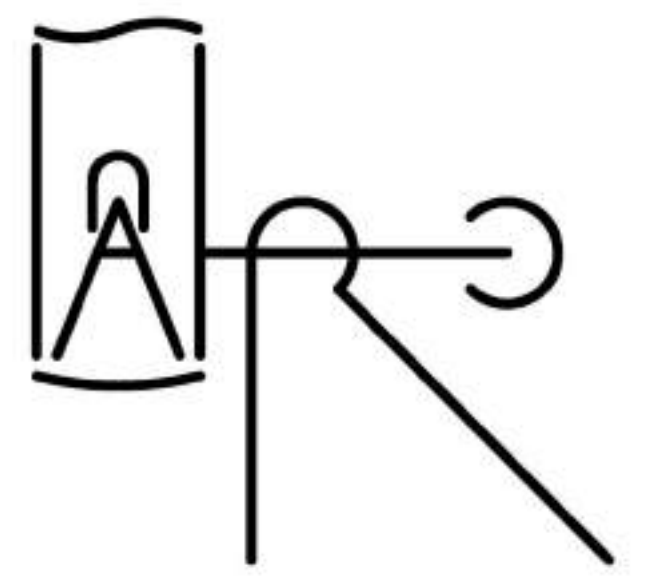
15 Meetklok voor de uurhoek





Le télescope Schmidt De Schmidt-telescoop





Le télescope Schmidt De Schmidt-telescoop



1 lame correctrice

La lumière entre dans le télescope par en haut et traverse la lame correctrice, qui corrige l'aberration de sphéricité causée par le miroir sphérique.

2 Miroir principal

Puis la lumière tombe sur le miroir principal, qui la réfléchit vers le haut. Ce miroir a un diamètre de 1,20 mètre et une épaisseur de 17 centimètres (photo: miroir principal hors du télescope). Son poids est d'environ 400 kilos. Sa forme sphérique permet d'observer un grand champ.

3 Caméra CCD

Finalement, la lumière est concentrée au foyer primaire du miroir, où elle est détectée par la caméra CCD. Celle-ci transforme la lumière en un signal électrique. La caméra CCD est située à peu près à mi-hauteur du tube, derrière l'ouverture circulaire. D'en-bas, elle est tout juste invisible, mais les photos ci-jointes la montrent sur son support.

4 Contrôleur

Le signal électrique de la caméra CCD est envoyé au contrôleur fixé en-dessous du télescope. Celui-ci transforme le signal électrique (analogique) en un signal numérique. Le contrôleur assure aussi la gestion de la caméra.

5 Ordinateur

Le signal numérique est finalement envoyé vers un PC, qui commande la caméra CCD d'une part, et assure la réception, l'enregistrement et un premier dépouillement des images d'autre part. Ce PC est situé dans la chambre de contrôle dans le couloir d'accès de la coupole. Le câble reliant le contrôleur au PC passe par la cave. Finalement, le PC est connecté à un réseau local d'ordinateurs, ce qui permet d'envoyer les images à d'autres ordinateurs pour des traitements plus approfondis. A côté du PC qui commande la caméra, se trouve le PC pilotant le télescope.

6 Pompe de circulation d'eau

Comme une caméra CCD n'est pas seulement sensible à la lumière, mais également à la chaleur, la puce dans la caméra doit être refroidie à une température d'environ -30 °C. Ceci libère de la chaleur, qui est évacuée par circulation d'eau (voir les tuyaux transparents). La pompe qui fait circuler l'eau se trouve dans la cave sous la coupole.

7 Lunette guide

La lunette guide a un petit champ stellaire, mais un fort agrandissement, dans lequel apparaît une croisée de deux fils. On choisit une étoile que l'on place à la croisée des fils, afin de surveiller le mouvement de l'instrument pendant la pose. Au cours de celle-ci, l'observateur peut éventuellement corriger le centrage de l'étoile. Actuellement la lunette guide n'est pas utilisée, mais elle peut être également équipée d'une petite caméra CCD afin d'assurer un guidage automatique.

8 Chercheur

Le chercheur est une petite lunette avec un champ relativement grand qui permet d'orienter le télescope vers l'objet souhaité. Comme les images apparaissent à l'écran, le chercheur est devenu inutile.

9 Axe polaire ou horaire

Cet axe est parallèle à l'axe de rotation terrestre. En faisant tourner l'instrument à la même vitesse que la rotation terrestre, mais en sens opposé, celui-ci garde une même orientation dans l'espace, et reste dirigé vers le même objet. L'avantage d'un tel montage équatorial réside dans le fait que l'instrument ne doit être mis en mouvement qu'autour d'un seul axe et avec une vitesse constante. Dans le cas d'une monture horizontale ou azimutale (axes: horizontal et vertical), on est contraint de faire tourner l'instrument autour des deux axes, et d'animer également la caméra CCD autour d'un troisième axe. Aucune des trois vitesses de rotation n'est constante dans ce cas.

L'instrument est également mû autour de l'axe polaire pour être dirigé vers l'objet choisi. Quand on connaît l'ascension droite de cet objet, on calcule l'angle horaire à partir du Temps Sidéral (voir: horloge de Temps Sidéral). Auparavant, on introduisait cet angle horaire à la main sur le cercle horaire, mais de nos jours, la position du télescope est lue à l'écran de l'ordinateur.

10 Cercle horaire

11 Axe de déclinaison

Cet axe permet la rotation de l'instrument pour son orientation, mais ne sert aucunement pendant l'observation. Le pointage en déclinaison se faisait manuellement à l'aide du cercle gradué, mais de nos jours, la position du télescope est lue à l'écran de l'ordinateur.

12 Cercle de déclinaison

13 Contrepoids

Pour assurer l'équilibrage du télescope, son poids est compensé par deux contrepoids de 1000 kg chacun, placés à l'opposé par rapport à l'axe de déclinaison.

14 Rapporteur de déclinaison

Le rapporteur de déclinaison se trouve à l'extrémité de l'axe de déclinaison et consiste en une partie fixée à l'axe de déclinaison, et une partie qui bouge avec le télescope. Le rapporteur mesure ainsi la déclinaison du télescope, qui est ensuite indiquée à l'écran de l'ordinateur. Il existe un rapporteur similaire pour l'angle horaire, mais dont la partie fixe est remplacée par une longue tige avec un poids qui prend la position verticale. Ce rapporteur se trouve dans la cave.

15 Rapporteur d'angle horaire

