

répète la lecture du niveau, et je fais jouer le niveau du cercle chercheur, qui par cela indique la distance zénithale pour la dernière observation. Cela fait, vient le renversement, pour que le tube soit en *N*, et je dirige la lunette à la même distance verticale que dans la dernière observation de l'autre position, par le simple moyen que le niveau du cercle chercheur joue de nouveau. Immédiatement après suit la première lecture du niveau dans cette position de l'axe. Viennent alors les dix passages de l'étoile par le fil mobile, avec les lectures correspondantes du micromètre, et à la fin la seconde lecture du niveau. Dans cette opération l'instrument n'a point repris sa position primitive. Donc l'autre jour je commence l'opération dans l'ordre inverse, le tube en *N* et puis en *S*.

Quant aux méthodes de calculer les observations faites avec notre instrument, je les ai exposées dans le mémoire cité au commencement de cet article.

5. LE GRAND TÉLESCOPE DE MERZ ET MAHLER.

(Planches XXXIV et XXXV. *A* et *B*).

J'ai publié, en 1825, la description de la grande lunette de Dorpat, chef-d'oeuvre de feu M. Fraunhofer. A présent, vingt ans plus tard, j'ai à décrire un télescope semblable, mais de dimension plus colossale. J'aurais pu renvoyer nos lecteurs à l'ancienne description*), si cet ouvrage sur l'Observatoire central ne réclamait pas, pour être complet, une relation détaillée sur l'instrument qui en forme le plus bel ornement, et qui en outre, diffère en plusieurs points de l'ancien instrument, quoique les principes de construction aient été les mêmes pour l'un et pour l'autre. Je suivrai dans cette description la marche de l'ancienne, en appuyant surtout sur les changements introduits dans le nouvel instrument.

La planche XXXIV. représente l'instrument entier, vu du côté oriental et projeté sur le plan du méridien, le tube étant dirigé sur le pôle céleste, sous un angle horaire de 6 heures sur l'index oriental. Nous y voyons aussi une partie de l'appareil auxiliaire, savoir les deux échelles *B* et *C* et le trépied *D*.

La planche XXXV. *A*. contient:

fig. 1, la pierre sur laquelle l'instrument repose, vue du côté sud, et projetée sur le plan du premier vertical;

fig. 2 et 3, le siège mobile de l'observateur, vu en face fig. 2, et de côté fig. 3.

*) Beschreibung des auf der Sternwarte zu Dorpat befindlichen grossen Refractors von Fraunhofer. Dorpat, 1823. Fol.

La planche XXXV. B, contient, sur une échelle plus grande, les détails de l'extrémité inférieure de l'axe horaire et de l'horloge qui en produit le mouvement continu.

L'instrument lui-même avec ses appartenances est composé des parties suivantes:

1. le statif,
2. les axes et les cercles,
3. le télescope,
4. les contrepoids,
5. l'horloge,
6. les verges du mouvement micrométrique autour des axes etc.,
7. l'appareil micrométrique,
8. les échafaudages et les sièges d'observation.

Une description générale paraît pouvoir être énoncée dans les termes suivants:

Le télescope dont l'objectif a 15 pouces d'ouverture libre, est parallactiquement monté et porté par une pierre, sur laquelle est fixée une grande plaque métallique inclinée, qui appuie le premier axe avec le cercle horaire à l'extrémité inférieure. Le second axe est renfermé dans un canon assemblé au premier axe sous un angle droit. Le cercle de déclinaison se trouve à une extrémité du second axe; le tube est joint à l'autre, et dans une position excentrique par rapport à l'axe horaire. Le tube est en bois, mais garni aux bouts de deux anneaux métalliques, pour recevoir l'objectif et l'appareil de l'oculaire; il porte en outre un chercheur. L'équilibre de l'instrument, ainsi que la facilité du mouvement, est effectué par 8 contrepoids principaux. Un contrepoids diminue le frottement de l'axe horaire dans les coussinets; deux sont appliqués au tube, qui en équilibrent les deux moitiés, et s'opposent à la flexion dans la moitié du côté de l'objectif. Deux contrepoids agissent contre le frottement de l'axe de déclinaison dans son canon; deux autres enfin, fixés sur le corps du canon, et un troisième, suspendu à l'extrémité de l'axe de déclinaison, produisent l'équilibre du système total par rapport à l'axe horaire. Une vis sans fin engrène dans le bord cannelé du cercle horaire et produit le mouvement lent dans le sens de l'ascension droite, soit par une verge dirigée par la main de l'astronome, soit spontanément par l'action d'une horloge. La hauteur totale de l'instrument, en position verticale, entre le plancher et la surface de l'objectif est de 26,0 pieds; elle est de 27,8 pieds, si l'on y comprend le bonnet de carton, qui préserve l'objectif contre la précipitation de l'humidité de l'air. Le poids total de l'instrument, autant qu'il est mobile avec l'axe horaire, est taxé à près de 7000 livres russes.

Le statif.

Le statif, haut de 10,85 pieds, est composé de deux pièces de granit gris. La base, formée par un seul bloc de 5,7 pieds de long, sur 2,7 pieds de large et 1,35 pieds de haut, repose sur la maçonnerie qui s'élève au-dessus de la voûte centrale; voyez les planches IX et X. Elle porte le corps du statif qui consiste en une seule pierre, haute de 9,5 pieds. La forme de cette pierre, que l'on reconnaît mieux dans les deux représentations XXXIV et XXXV. A. 1, que par une description, a été le résultat d'une étude dirigée à donner au statif une solidité complète, en admettant toutes les directions possibles du télescope, dans des positions convenables à l'observation des astres et à la lecture des cercles. La niche *n'*, de 10 pouces de profondeur en bas, est destinée au mouvement des poids de l'horloge. L'ancien statif de Fraunhofer était en bois. Le statif en pierre a l'avantage de la solidité et d'une plus grande invariabilité dans la position de l'axe horaire. Mais dans l'instrument de Dorpat il y a encore l'inconvénient que, près du méridien, l'oculaire n'est commodément accessible que dans les directions du télescope entre l'horizon et 55° de hauteur, parce que la base de l'instrument, en forme de croix, et les arc-boutants elliptiques qui rassemblent la base à la pièce verticale, empêchent l'astronome de se placer convenablement, dans les observations à faire près du zénith. Notre statif se prête au contraire à une observation commode, par l'étendue totale du méridien, à l'instar d'un instrument des passages bien établi, et il n'existe aucune direction du télescope, pour laquelle la position de l'astronome soit gênée. Pour les observations dans les angles horaires occidentaux, le télescope se trouve du côté oriental de la pierre (position I); et du côté occidental (position II), dans les angles horaires orientaux*). Mais, dans la direction de l'équateur, la position I est déjà praticable à partir de l'angle horaire de 19^h 50', ou à plus de 4 heures avant la culmination. Ce surcroît diminue vers le zénith. On voit cependant que la plupart des observations, surtout des étoiles fixes, qui admettent à l'ordinaire le choix de l'heure la plus avantageuse, se font dans la position I du télescope. La pierre supérieure forme, du côté méridional, un plan incliné sous l'angle de la latitude, et perpendi-

*) Il faut donner ici une définition géométriquement exacte des positions I et II, qui se distinguent par la relation de l'objectif à l'axe horaire. Supposons, pour fixer les idées, que l'objectif se divise en deux moitiés, par un cercle perpendiculaire au cercle de déclinaison et passant par le centre: cette division sera identique dans toutes les positions du télescope. Nous distinguerons donc les deux moitiés par une nomenclature arbitraire. Soit la moitié positive celle qui est en haut, si le télescope étant du côté oriental de la pierre est dirigé sur le point sud de l'horizon, et l'autre qui est en bas, la moitié négative. Avec cette définition, la position I aura lieu, toutes les fois où, à partir du centre de l'objectif, la moitié positive est tournée vers le pôle septentrional de l'axe horaire. La position II correspond donc aux cas, où la moitié négative de l'objectif est du côté du pôle septentrional de l'axe horaire. Comme le cercle de déclinaison est divisé de 0° à 360°, en sorte que le premier vernier indique 0°, si le télescope, étant du côté oriental de la pierre, est dirigé sur le point culminant de l'équateur, et 90° pour la direction du pôle: on voit que la position I correspond aux indications du premier vernier depuis 270° à 90°, et la position II aux indications du même premier vernier depuis 90° à 270°.

culaire au plan du méridien. Une plaque métallique, de 3,2 pouces d'épaisseur et arrondie à l'extrémité supérieure, est invariablement fixée sur ce plan, en s'appuyant en bas contre une saillie de la pierre; je l'appelle *la couchette*. La réunion de cette plaque avec la pierre se fait par six boulons, partant de la surface inférieure de la plaque, et qui entrent dans des trous correspondants de la pierre, où ils ont été scellés, tous à la fois, par un seul jet de plâtre, qui est entré dans tous les trous à l'aide d'un canal ramifié, creusé dans la surface inclinée de la pierre. La plaque est réunie aux boulons par huit vis dont les écrous se trouvent dans les boulons. Il y a un petit jeu entre les cols des vis et les ouvertures cylindriques de la plaque, pour la dilatation thermométrique de cette dernière.

Une seconde plaque *a*, que j'appelle *le lit*, d'une solidité analogue, mais à trois rebords descendants, est suspendue d'en haut sur la couchette et y prend une position fixe, à l'aide de vis tant latérales que de face, et qui admettent et exécutent une rectification de position dans les deux sens requis. Aussi, au point de contact entre le lit et la couchette, à l'extrémité supérieure, le rayon de courbure intérieur du rebord du lit est-il tant soit peu plus grand que celui de la couchette. Le contrefort *b*, et les deux coussinets *c*, *c'* de l'axe horaire sont d'une seule pièce avec le lit. Une vis d'acier *d*, épaisse de 1,5 pouce, traverse le contrefort et agit dans la direction du pôle sur une petite plaque de métal de cloche *e*, qui forme le point d'appui du bout inférieur de l'axe horaire.

Les axes et les cercles.

L'axe horaire d'acier a 46,6 pouces de long. Il se termine en haut par une tête cylindrique, assiette, de 11,0 pouces de diamètre avec 2,0 pouces d'épaisseur. Au-dessous de l'assiette il diminue en forme de trompette et puis en cône. A l'entrée dans le coussinet supérieur il a un diamètre de 4,8 pouces, au-dessus du coussinet inférieur de 4,0 pouces. A partir de ce point l'axe devient un cylindre, de 3,3 pouces de diamètre, et plus bas il est limé en un prisme hexagone, sur lequel le cercle horaire est assis, fixé par un écrou très fort, dont les pas de vis sont travaillés sur le corps cylindrique de l'axe. L'extrémité inférieure de l'axe, trempée et de forme convexe, touche la plaque d'appui *e*, qui offre ici un petit trou, afin que le contact se fasse sur la périphérie d'un petit cercle. La plaque *e* a encore un rebord cylindrique, qui forme une petite boîte remplie d'huile et fermée d'en haut par le corps cylindrique de l'axe, qui y entre exactement. L'huile est placée dans la boîte par un petit trou latéral. Par cet arrangement le bout inférieur de l'axe est parfaitement préservé contre la poussière et contre la rouille, enfin contre tout dégât, malgré le poids énorme qui y repose*).

Le cercle horaire très solide a 18,4 pouces de diamètre et porte à son plan inférieur la division,

*) Lorsque nous avons démonté l'instrument, après un usage de 2 ans et 6 mois, au mois de janvier 1842, le bout de l'axe a été trouvé parfaitement poli et seulement, un peu bruni par l'action de l'huile sur l'acier. Voyez *Astr. Nachr.* N. 449.

tracée directement de 40 à 40 secondes en temps. Deux verniers battants, portés par des bras joints au couvercle du coussinet inférieur, indiquent les secondes, et l'estimation donne encore le quart de seconde en temps. Le bord du cercle dont l'épaisseur est 1,5 pouce, est cannelé en 579 dents. Chaque dent répond donc à $149;22$ ou près de $2'' 30'$ en temps. Les filets d'une vis sans fin d'acier engrènent dans ces dents et produisent le mouvement dans l'angle horaire, soit par une verge tournée de la main de l'astronome, soit par l'action de l'horloge. L'arbre de la vis sans fin est mobile autour d'un pivot parallèle à l'axe horaire, et dont la douille est fixée à la grande plaque du lit. En même temps cette vis est pressée contre la cannelure, par un ressort qui agit sur l'autre extrémité. La force de ce ressort peut être réglée au besoin. L'engrenage de la vis peut être suspendu par un levier appliqué du côté occidental du lit, et qui tourne la vis sur le pivot indiqué.

Le canon *f* de l'axe de déclinaison est de métal de cloche et rassemble sous un angle droit à l'assiette du premier axe, à l'aide de 10 vis. L'axe qu'il renferme est semblable, en forme, dimension et matière, à l'axe horaire, mais il ne touche la surface intérieure du canon, que près des extrémités, où le canon est creusé, d'un côté en douille conique, de l'autre en douille cylindrique. Un rebord de l'axe s'appuie contre la face du canon et empêche que l'axe, par son poids, ne s'enfonce dans le canon et ne s'y serre, dans les positions inclinées du canon. Le bras d'arrêt *g* est fixé par un noyau concentrique sur le corps du canon, et porte la vis de rappel et l'agrafe du cercle de déclinaison. Un autre anneau est réuni au noyau du bras *g*, et porte un système de quatre rais isolés, aux extrémités desquels se trouvent les quatre verniers *i*. La position de ce porte-vernier se corrige par deux vis opposées en *h*, qui pincent une cheville fixée dans un des rais du porte-vernier. Le bout inférieur de l'axe est limé en hexagone. Il porte ici deux cercles séparés, le cercle d'arrêt *k* et le cercle divisé de déclinaison *l*, qui sont invariablement arrêtés par la pression qu'exerce l'écrou ω . Entre le noyau du cercle d'arrêt et la face inférieure du canon il y a en φ une plaque libre d'acier, un peu convexe, et qui agit en ressort d'une force énorme mais de très petite étendue. Cette plaque empêche que l'axe ne se retire hors du canon, dans les positions du canon, où l'extrémité du côté des cercles est plus élevée que du côté du télescope. Le limbe d'argent du cercle est divisé de $5'$ à $5'$. Les 4 verniers battants indiquent chacun les 4 secondes. Le mouvement en déclinaison effectué par la vis de rappel produit, à la suite du frottement de l'axe dans le canon, une flexion du bras *g* et des rais du cercle d'arrêt *k*. Mais cette flexion n'exerce aucune influence, ni sur le porte-vernier, ni sur le cercle divisé, vu que la solidité de l'axe d'acier s'oppose à toute torsion. Une verge appliquée sur l'arbre de la vis de rappel, s'étend vers l'astronome, pour que celui-ci puisse donner le mouvement micrométrique, sans quitter sa place. Cette verge et le trépied qui la supporte, ne sont pas représentés

dans le dessin. L'expérience nous a fait reconnaître, que dans les observations on n'a jamais besoin de cette verge, comme tous les mouvements en déclinaison, même les plus subtiles, s'exécutent sans l'emploi de la vis de rappel. On y gagne encore que la verge ne dérange plus l'équilibre de l'instrument.

Le télescope.

La longueur totale du télescope est de 22,9 pieds, dont 13,7 pieds sont du côté de l'objectif et 9,2 pieds du côté de l'oculaire, à partir de la prolongation de l'axe de déclinaison. Le corps principal, le tube de bois, est conique, ayant aux extrémités les diamètres extérieurs de 17,0 et de 11,8 pouces. Il est composé d'un grand nombre de lames, en bois de sapin, de la longueur totale du tube, collées les unes aux autres et dans différentes couches, à produire une paroi du cône de 1,0 pouce d'épaisseur, couverte extérieurement de bois d'acajou. C'est un fait assez remarquable, que les tubes construits de cette manière réunissent la légèreté avec la rigidité et l'invariabilité d'un corps métallique. Le tube est garni aux extrémités de deux anneaux métalliques m , n , qui servent de montures pour l'objectif et l'oculaire.

La réunion du tube avec l'axe de déclinaison se fait par une jatte métallique o , d'une solidité à toute épreuve, et qui est fixée par 10 vis sur l'assiette de l'axe de déclinaison. Cette jatte, de 4,3 pieds de long, présente intérieurement la forme d'un demi-cylindre creux, avec deux demi-anneaux saillants aux extrémités et qui sont les coussinets du tube. Un pivot cylindrique qui est une prolongation du corps de l'axe de déclinaison, passe à travers la jatte et entre dans un trou correspondant du tube, pour en déterminer la position dans la jatte. Le tube est invariablement retenu par les deux demi-anneaux p , opposés aux saillies de la jatte et fixés chacun à l'aide de 4 grosses vis. Le coussinet inférieur est mobile à l'aide de 4 vis qui passent le corps de la jatte, ce qui sert à la correction de l'axe optique du télescope par rapport à l'axe de déclinaison.

La monture de l'objectif est composée de trois parties. L'anneau m est fixé au tube par 9 vis dont les écrous métalliques sont à l'intérieur du tube. Un second anneau est joint au premier, par 9 autres vis qui agissent parallèlement à l'axe optique, disposées par trois à des distances de 120° , et dont à chaque place deux sont à tension, une à pression. Il s'en suit que le second anneau admet un changement de position, par rapport au premier; ce qui offre le moyen de centrer l'objectif. La troisième partie est la boîte de l'objectif. Elle entre dans le second anneau et se fixe, par son rebord, sur trois petites éminences du bord antérieur de l'anneau, à l'aide de trois couples de vis, disposées à des distances de 120° . La manière de placer les verres dans la boîte, et de les y fixer à l'aide d'un ressort annulaire à trois saillies, a été décrite par feu M. Fraunhofer dans les *Astr. Nachrichten* N° 59.

Pour les grands objectifs, il faut remarquer, que la dilatation dans le sens du diamètre étant différente pour les verres et pour le laiton de la boîte, il y a du danger que l'objectif ne soit serré dans ce sens, ou que la position concentrique des deux lentilles ne soit dérangée, par l'influence de la température. Pour obvier à cet inconvénient, la périphérie cylindrique des lentilles s'appuie sur deux saillies de la paroi intérieure de la boîte, et le troisième point d'appui est formé par une plaque mobile, placée dans une découpe de la boîte, et qui est pressée sur la périphérie cylindrique des verres par deux ressorts attachés à l'extérieur de la boîte. La monture de l'oculaire commence par l'anneau *n*, fixé sur le bois du tube comme l'anneau *m*. Une plaque circulaire entre dans l'ouverture de cet anneau, et s'y place contre un rebord, à l'aide de 3 vis de pression et de 3 vis de tension, qui effectuent la rectification de l'axe optique de l'oculaire. La plaque se prolonge en un col cylindrique. Le tuyau qui reçoit les oculaires, soit simplement montés, soit joints à l'appareil micrométrique, glisse à frottement dans l'intérieur du col, et à l'aide d'une vis de rappel en *q*. Si le foyer de l'oculaire est ajusté, on peut fixer le tuyau par une vis de pression, qui en empêche tout mouvement de rotation; chose essentielle pour la mesure exacte des angles de position au micromètre.

L'objectif a une ouverture libre de 14,93 pouces, avec une distance du foyer de 270,6 pouces = 22,55 pieds. Les six oculaires libres, qui n'appartiennent point à l'appareil micrométrique, sont construits de sorte que l'image de l'objet se forme entre les deux lentilles, dont ils sont composés chacun. Ces oculaires ont les grossissements et les champs suivants:

	Grossissements.	Champs.		Grossissements.	Champs.
I	152	13,2	IV	573	4,5
II	286	8,7	V	814	3,0
III	445	5,5	VI	1218	2,8

L'appareil micrométrique dont nous parlerons plus tard, est pourvu de 21 oculaires, dont les grossissements s'élèvent vers les deux mille fois.

Le chercheur, fixé sur le corps du grand tube, comme le dessin l'indique, est déjà une lunette d'une force assez considérable, ayant une ouverture de 3,0 pouces, et un foyer de 45 pouces. Il a deux oculaires:

	Grossissements.	Champs.
I	31	1° 8'
II	42	0 42.

La direction parallèle à celle du grand télescope est indiquée au foyer du chercheur par deux paires de fils métalliques parallèles, et qui, en se croisant sous un angle droit, forment un petit carré vide de 4,8 minutes de côté. Les directions des fils sont exactement celles du cercle de déclinaison et du parallèle.

Les contrepoids.

Le centre de gravité du télescope n'est point dans la prolongation de l'axe de déclinaison, mais à une distance d'environ trois pieds, du côté de l'objectif. Pour produire l'équilibre, sans toutefois augmenter le poids de l'extrémité opposée du tube, les artistes, à l'imitation de Fraunhofer, ont employé deux leviers colossaux, dont l'un est visible dans notre dessin. Ce levier, long de 16,5 pieds, est composé de deux tuyaux de forme conique, rassemblés à un cube qui se meut sur deux axes. L'un des axes est formé par un pivot qui sort du corps de la jatte o . Le bout supérieur du levier saisit l'anneau métallique r , fixé sur le tube à 4 pieds de distance de l'objectif. L'autre bout porte un globe de laiton, de 9 pouces de diamètre et rempli de plomb. Les deux contrepoids agissent librement dans toutes les directions du tube, à cause des doubles axes, et produisent l'équilibre des deux moitiés du télescope, en diminuant en même temps la flexion de la partie antérieure du tube. On ajoute de petits poids auxiliaires aux grands globes, pour régler l'équilibre. Deux de ces petits poids sont visibles dans le dessin.

L'équilibre par rapport à l'axe horaire est produit par 5 contrepoids. La masse cylindrique s est appliquée à l'extrémité de l'axe de déclinaison. Deux poids x, x sont fixés sur le corps du canon de l'axe. Les deux autres poids y sont à l'extrémité de deux leviers, mobiles sur de doubles axes en z . Ces leviers saisissent l'anneau métallique a , qui porte quatre roues d'acier pressés par les deux contrepoids contre une rainure de la tête du second axe. Dans notre représentation on ne voit qu'un seul levier avec son poids, l'autre étant de l'autre côté du canon, en position symétrique. Le système des 5 contrepoids n'agit pas seulement à produire l'équilibre par rapport à l'axe horaire, mais aussi à diminuer le frottement de l'axe de déclinaison dans ses douilles. L'effet en est, que dans toutes les directions possibles du télescope, le mouvement en déclinaison est tellement doux, que l'on peut produire la bissection d'une étoile par le fil du micromètre, à l'aide de petites impulsions données au télescope à l'aide du doigt, sans employer la vis de rappel du cercle de déclinaison.

Le centre de gravité de l'instrument mobile se trouve, à la suite des contrepoids, dans la ligne centrale de l'axe horaire, un peu au-dessous du canon de l'axe de déclinaison. Dans cet état, les deux coussinets de l'axe horaire sont pressés par le poids de l'instrument dans un sens opposé. L'axe presse et se frotte contre le couvercle qui ferme le coussinet inférieur c' ; il exerce une pression plus considérable sur le coussinet supérieur c . Pour diminuer le premier frottement, l'axe est saisi par un anneau à deux roulettes β , qui est tendu dans la direction opposée par un ressort très fort, dont l'action se règle par une vis. Enfin le grand contrepoids γ , monté sur une fourchette d'acier et mobile sur une

cheville, indiquée au-dessus de c , presse deux roues d'acier contre l'axe horaire et en diminue le frottement dans le coussinet supérieur.

Par ces arrangements, le mouvement du télescope autour de l'axe horaire est devenu d'une facilité admirable dans toutes les saisons de l'année; quoique en hiver, pendant les froids excessifs, le frottement augmente, à la suite de la viscosité de l'huile gelée sur les coussinets.

L'horloge.

Une pièce d'horlogerie est appliquée à l'instrument, pour produire un mouvement spontané du télescope autour de l'axe horaire, uniforme et égal au mouvement des astres autour de l'axe céleste. Elle est composée de deux parties, 1) l'horloge, 2) le rouage de transport, pièces qui sont assemblées au côté oriental du lit a , vers l'extrémité inférieure.

L'horloge δ est enfermée dans une boîte de 6 pouces de haut, sur une base carrée de 5,2 pouces de côté, et se compose de trois roues. Le mouvement en est produit par le poids ζ , et se règle par un balancier centrifuge qui porte de petites lentilles de cuivre, réunies à un bras horizontal et rigide, par des lamelles élastiques. Ces lentilles s'éloignent du pivot en rotation, par la force centrifuge, et se frottent contre la paroi intérieure, conique et polie de la petite boîte η , de métal de cloche. C'est précisément ce frottement qui produit l'uniformité du mouvement de l'horloge. Selon la position plus ou moins élevée du pivot du balancier, le frottement des lentilles change, à la suite de la forme conique de la boîte η .

Le rouage de transport ϵ a un double but:

1. de transporter le mouvement de l'horloge à la vis sans fin qui agit sur le cercle horaire;
2. de vaincre la résistance qu'éprouve cette vis dans la production du mouvement du cercle horaire.

Il est composé d'un axe horizontal qui porte deux hérissons et une poulie à pointes, sur laquelle le poids θ , de 41,3 livres, est suspendu, à l'aide d'une corde sans fin, tendue par le petit poids ι de 8,5 livres. Le poids θ tend à produire un mouvement de rotation dans le rouage de transport, et comme celui-ci communique avec la tête dentée qui se trouve sur l'arbre de la vis sans fin du cercle, le même poids θ tend à produire un mouvement du cercle horaire. Le rayon de la poulie de la corde étant de 1,46 pouces, et celui du hérisson qui transporte le mouvement, de 3,70 pouces, il s'en suit que la force exercée sur la périphérie de la tête dentée, est de 6,5 livres; force qui suffit à vaincre la résistance. Dans cet état, l'horloge produit le mouvement, en transportant la rotation de la roue de champ qui travaille sur le pignon du balancier, à une vis sans fin à filets doubles et obliques. Cette vis travaille sur le hérisson de derrière, à dents obliques, du rouage de transport, tandis que le hérisson

de devant, à dents verticales et situé sur le même axe, engrène dans la tête dentée de la vis sans fin du cercle. Cette tête est assise sur l'arbre cylindrique de la vis, au moyen d'une douille qui peut glisser le long du cylindre, en sorte que tantôt elle communique son mouvement à la vis, tantôt elle tourne sur l'arbre, sans que celui-ci participe au mouvement. C'est que la tête a un creux conique qui s'assied sur un cône concentrique fixé à l'arbre de la vis. Dans cette réunion, la tête et le cône forment une seule pièce, par l'adhésion des surfaces de contact. Un levier assis sur le corps du lit *a*, sert maintenant à mouvoir la tête le long de l'arbre, et en détruit ainsi la réunion avec le cône, selon la volonté de l'astronome. Pour ce but, deux cordes sont attachées au levier, qui se prolongent jusqu'au siège de l'observateur. S'il tire la corde κ , la tête poussée par l'action d'un ressort, se place sur le cône, et l'horloge agit sur la vis du cercle. S'il tire au contraire la corde λ , la tête se sépare du cône, et l'action du ressort est arrêtée. Dans ce dernier cas, l'horloge qui continue sa marche, ne fait que tourner la tête sur l'arbre de la vis, et l'astronome produit alors la rotation de l'axe horaire dans les deux sens opposés, à l'aide de la verge μ . On reconnaît facilement tout l'avantage de cet arrangement ingénieux et simple, quand il s'agit de placer un fil du micromètre exactement sur une étoile, par un mouvement dans le sens de l'ascension droite; l'action de l'horloge étant aussi prompte que régulière, dès l'instant que l'on tire la corde κ .

La vitesse de l'horloge peut être modifiée à volonté, à l'aide d'une plaque excentrique, visible en γ , au-dessus de la clef qui monte l'horloge. Cette plaque lève et descend le pivot du balancier.

Les verges du mouvement micrométrique.

La planche XVII nous montre, du côté oriental de la pierre, 7 verges de fer, horizontalement suspendues sur des crochets qui sortent de la doublure du mur.

Deux de ces verges se terminent en crochets à bourrelets, et servent à exécuter les mouvements gros de l'instrument, dans le cas que les leviers du tube sont trop élevés au-dessus du plancher, pour les atteindre de la main.

Trois des verges appartiennent au mouvement de la vis sans fin du cercle horaire, deux au mouvement de la vis de rappel en déclinaison. Ces verges sont de différentes longueurs, selon le besoin. La verge qui est en place à l'instrument, repose sur un montant à crochets, supporté par un trépied *D*. Dans l'intérieur du montant il y a un bâton en cuivre, qui se termine en haut dans un croissant couché, pour y placer la verge, en cas que le télescope est dirigé sur des étoiles très basses. On change la hauteur du bâton à volonté.

La réunion d'une verge quelconque à l'arbre de la vis à mouvoir se fait par une double clef de Hooke, qui permet de produire le mouvement de la vis, même dans le cas d'un angle droit entre

les directions de la verge et de la vis, et même au delà de cet angle. Les dessins indiquent comment cette double clef est placée et supportée, pour le mouvement du cercle horaire. Quant aux verges qui s'appliquent sur l'arbre de la vis du mouvement en déclinaison, nous avons déjà indiqué, p. 186 et p. 188, que nous n'en faisons aucun usage.

Détails relatifs au mouvement de l'axe horaire.

Pour mieux rendre intelligible ce que nous avons dit dans les articles qui traitent du mouvement de l'axe horaire, nous ajoutons encore la planche XXXV. *B*, qui représente sur une échelle trois fois plus grande, ou d'un quart de la grandeur naturelle:

fig. 1. l'extrémité de l'axe horaire avec l'horloge, vue du côté oriental,

fig. 2. les mêmes parties vues du côté méridional,

fig. 3. la section horizontale du balancier centrifuge de l'horloge.

Il serait superflu de donner une explication détaillée de cette planche, les dessins parlant eux-mêmes. Je me borne donc à quelques indications particulières.

- 1) L'anneau *a*, avec les deux roulettes *b*, qui sert à attirer l'axe horaire contre la moitié inférieure du coussinet *c*, est tendu par la lame d'acier *d*, dont les extrémités sont saisies par deux cadres *z*, fixés aux parois verticales du lit. La tension est produite et réglée à l'aide de la vis *e*, qui traverse le milieu de la lame.
- 2) La double clef de Hooke est représentée en *f*. Elle est supportée par l'appui *g*, qui communique avec le bras fixe *h*, à l'aide d'un pivot vertical. Sur ce pivot tourne la pièce *g*, mais elle se fixe par l'écrou *i*, aussitôt qu'on lui donne la direction convenable, c'est-à-dire celle où l'arbre de la clef fait deux angles égaux, d'un côté avec l'arbre de la vis sans fin, de l'autre côté avec la direction de la verge μ , qui se prolonge vers l'endroit de l'observateur. On voit, fig. 2, le bras correspondant *h'*, qui sert à fixer l'appui *g*, si la clef est à placer du côté occidental, à l'autre extrémité de la vis sans fin, en *l*.
- 3) *m* est le levier qui produit la séparation entre la tête dentée *o* et le cône *n*, assis sur l'arbre de la vis sans fin. Le levier porte une petite roulette à l'extrémité inférieure. On voit qu'en tirant la corde λ , les petites entailles du second bras ρ du levier s'accrochent sur une plaque aiguë du porte-levier. Dans cet état, la tête *o* est séparée du cône *n*, mais elle tourne toujours avec le rouage de l'horloge, parce que la petite roulette n'oppose aucun obstacle au mouvement. La seconde corde κ délivre le bras ρ de son crochet; et dans cet état, le ressort *p*, en forme de croix, produit aussitôt la réunion requise de la tête *o* avec le cône.
- 4) A l'aide de la grande vis d'acier *q*, on peut lever et faire descendre l'axe horaire, tant soit

peu, pour produire l'engrenage le plus parfait des filets r , de la vis sans fin, dans la cannelure du cercle horaire.

- 5) La grande vis q agit immédiatement sur la plaque de métal de cloche t , dont la surface supérieure s'oppose au bout convexe de l'axe horaire. Cette plaque se termine en une petite boîte remplie d'huile, et qui préserve le bout de l'axe contre la poussière et contre la rouille. On fait entrer l'huile par une petite ouverture dans la face supérieure de la plaque, ouverture qui est fermée par la vis u .
- 6) Dans la figure 3, on voit le balancier centrifuge. Le fléau horizontal v est de laiton, et a deux petits bras contre lesquels les deux lamelles élastiques en acier, w , sont fixées, qui portent les deux lentilles de cuivre. L'ajustement de position des lentilles se fait à l'aide des deux vis qui agissent entre chaque lamelle et le bras correspondant.

L'appareil micrométrique.

L'appareil micrométrique que feu M. Fraunhofer avait exécuté pour l'instrument de Dorpat, était composé *a*) d'un micromètre filaire; *b*) d'un micromètre réticulaire composé d'un système de lignes, tracées sur une verre plan et illuminées obliquement; *c*) d'un micromètre de cercles concentriques, tracées et illuminées comme *b*); *d*) de quatre micromètres annulaires, à anneaux doubles ou simples. L'expérience m'a fait voir que les micromètres *b*) et *c*), quoique d'une exécution distinguée, ne sont effectivement d'aucun usage. Car dans tous les cas de l'application de ces deux appareils, le micromètre filaire mène plus directement au but et avec avantage, quant à l'exactitude. Par cette raison, nous avons renoncé à ces deux micromètres, pour l'instrument de Poulkova, et notre appareil se compose du micromètre filaire et des micromètres annulaires.

On a regardé les micromètres annulaires, de la construction de Fraunhofer, à anneaux d'acier suspendus sur un verre plan, comme indispensables pour l'observation des objets nébuleux les plus faibles, des comètes etc. Je puis dire que l'expérience de 20 ans ne m'a jamais donné l'occasion d'employer le micromètre annulaire; car j'ai trouvé que tout objet céleste, visible dans le champ obscur de la lunette, quelque faible qu'il soit, est aussi mesurable à l'aide du micromètre à fils luisants. Ceci a été justifié encore en 1843, par les observations de la comète de M. Faye instituées par M. O. Struve aux mois de mars et d'avril 1844, à une époque, où la comète avait disparu dans tous les télescopes des autres observatoires de l'Europe.

Je ne donnerai ici, ni une description détaillée du micromètre filaire, ni une exposition de son usage. La construction de l'appareil est connue; et quant à la méthode de s'en servir, j'en ai parlé dans l'in-

roduction de mes *Mensurae micrometricae* publiées en 1837. Les notices suivantes suffiront, pour les particularités de notre appareil.

On voit le micromètre en σ , planche XXXIV. Il se place, par un col cylindrique terminé en vis, à l'érou correspondant de la périphérie du porte-oculaire. Les deux chassis des fils sont indépendamment mobiles dans leurs coulisses respectives, par deux vis. L'une des vis change le zéro ou le point de coïncidence des fils, l'autre sert à la mesure des distances. 78,345 pas de cette vis font un pouce, à la température $+ 14^{\circ},0$ R.; d'où suit, avec la distance du foyer de l'objectif $= 270,6$ pouces, la valeur angulaire d'une révolution de la vis $r = 9,73$. M. O. Struve en a trouvé la valeur définitive, par des passages d'étoiles à travers les deux fils, éloignés d'un certain nombre de révolutions:

pour $- 3^{\circ},34$ R., $r = 9,7326$, avec l'erreur prob. 0,0032.

Il restait encore à déterminer l'influence de la température sur ce coefficient. Elle dépend du changement dans la distance du foyer, relatif à la dilatation de la vis micrométrique qui est d'acier. Cette relation se trouve directement, si l'on mesure la distance du foyer, à différentes températures, sur une échelle d'acier, en supposant la dilatation de l'échelle identique avec celle de la vis. Par une suite de mesures, exécutées à l'aide d'un compas microscopique à verges, nous avons trouvé, que pour un accroissement de $22^{\circ},40$ R. dans la température, le foyer augmente de 0,1357 pouce, selon l'échelle d'acier; ce qui donne 0,4848 pouce $= 0,0018$ de la longueur, entre 0° et 80° R., ou 0,00606 pouce pour un degré. Nous avons donc pour chaque degré Réaum., $dr = - 0,00022$, et la formule

$$r = 9,7319 - 0,00022 t,$$

si t est la température en degrés Réaum. Comme la dilatation de l'acier, entre les points fixes du thermomètre, est 0,0012: nous en déduisons le changement total de la distance du foyer, depuis 0° à 80° R., égal à $0,0018 + 0,0012 = 0,0030$ de la longueur. C'est encore à peu près la dilatation du zinc, comme dans l'objectif de Dorpat, *Mensurae microm. p. CLX*.

Notre micromètre est pourvu de deux fils d'araignée parallèles. Le diamètre apparent de ces fils est de $0,32$, déterminé par les deux contacts des bords des fils.

L'illumination du champ de la lunette se fait par la petite lampe suspendue en π . Cette même lampe placée en ρ , produit la lueur des fils dans le champ obscur. Les deux tuyaux ρ sont mobiles autour du col du micromètre. La modération de la lumière s'opère à l'aide d'un petit écran, avec une ouverture triangulaire très allongée et couverte d'un papier transparent, écran qui glisse dans une coulisse de la lampe.

Le cercle de position du micromètre a 8,0 pouces de diamètre. Le limbe en est divisé de 15 à 15 minutes. Les deux verniers indiquent les minutes.

Les artistes nous ont fourni deux micromètres filaires de dimension parfaitement égale, afin qu'il y ait une réserve, qui puisse être immédiatement placée, dans le cas qu'un fil du micromètre appliqué à l'instrument se rompt. Les deux vis de mesure de ces deux micromètres ont été comparées entre elles, à l'aide de la machine pour la division des lignes droites et de microscopes. Cette recherche a donné une identité absolue des deux vis; donc la formule $r = 9,7319 - 0,00022 t$ vaut pour l'un et l'autre micromètre. A cette occasion nous avons pu reconnaître, qu'il n'y a point d'irrégularités sensibles des deux vis, tout le long de leurs pas.

Nos micromètres filaires ont 9 oculaires, dont voici la liste:

	Grossissements.	Champs.		Grossissements.	Champs.
I	138 fois.	11,3	VI	858 fois.	2,0
II	207 „	8,7	VII	1169 „	1,8
III	309 „	6,9	VIII	1458 „	1,2
IV	412 „	3,9	IX	1822 „	1,1.
V	708 „	2,9			

Les trois oculaires I, II, III sont employés surtout à l'observation des comètes et des nébuleuses. Dans les mesures micrométriques des étoiles, M. O. Struve se sert usuellement de l'oculaire VI = 858. Les oculaires plus forts réclament des conditions atmosphériques très favorables. L'oculaire VII = 1169, néanmoins, est d'un usage assez fréquent, surtout dans nos nuits d'été, si distinguées par le calme des images. Les verres VIII et IX sont d'un usage exceptionnel, pour la résolution des étoiles doubles les plus resserrées, telles que γ *Coronae* etc. L'oculaire IV = 412 est employé de préférence dans l'observation d'étoiles extrêmement faibles à côté des luisantes, et dans les recherches de nouvelles étoiles doubles.

Tous ces oculaires sont composés, à la manière de Ramsden, de deux lentilles planes convexes, dont les deux surfaces convexes se regardent. J'avais trouvé que quelques uns de ces oculaires présentent une image secondaire de reflet, quand on observe la nuit des étoiles très brillantes. Ce reflet est détruit aussitôt que la position des lentilles est changée, de sorte que les deux surfaces planes viennent à se regarder. M. Merz nous a fourni une collection d'oculaires de cette construction, savoir:

	Grossissements.	Champs.		Grossissements.	Champs.
I	153 fois.	11,3	VI	932 fois.	2,0
II	201 „	8,7	VII	1135 „	1,8
III	279 „	6,9	VIII	1516 „	1,2
IV	410 „	3,9	IX	1833 „	1,1.
V	741 „	2,9			

La précision des images est la même pour ces oculaires que pour ceux de l'autre collection, dans le centre du champ; mais elle est inférieure vers les bords, surtout dans les grossissements faibles à grands champs.

Le micromètre circulaire à deux anneaux porte un oculaire qui grossit 328 fois avec un champ de $10\frac{1}{2}$. Les diamètres intérieurs des anneaux sont de $7\frac{1}{5}$ et de $3\frac{1}{6}$. Le micromètre circulaire simple porte un anneau dont le diamètre intérieur est de $5\frac{1}{3}$; l'amplification étant de 350 fois avec un champ de $8\frac{1}{8}$.

Un surcroît important de nos moyens micrométriques nous est parvenu, en 1843, dans un appareil exécuté par M. de Steinheil, de l'Académie de Munich, et dans lequel les doubles images sont produites par les deux moitiés d'une lentille, placée à une certaine distance de l'oculaire, vers l'objectif, ces moitiés étant mobiles dans la direction perpendiculaire à l'axe optique. On peut nommer cet appareil *héliomètre-oculaire*. L'idée d'un tel instrument est due à Ramsden, qui l'a même employée, dès 1780, dans l'exécution de plusieurs micromètres, comme l'on voit dans la lettre de Piazzi sur les instruments de Ramsden, publiée dans le *Journal des savants* de 1788, et dans la *description de la machine à diviser* du même artiste, et dont Lalande a donné une traduction française, 1790. Il s'agissait pour nous de la réalisation la plus parfaite de cette idée.

J'aurais désiré donner ici une description détaillée de l'appareil de M. de Steinheil, avec un rapport sur ses qualités, basé sur une série complète d'observations. Mais le grand télescope étant employé dans une série de mesures des étoiles doubles les plus resserrées, à l'aide du micromètre filaire, il ne m'a pas paru propre d'interrompre ce travail, et nous n'avons fait que quelques essais préalables sur l'usage de l'héliomètre-oculaire. Ces essais nous firent voir l'utilité de l'appareil, surtout pour l'observation des objets célestes nébuleux, tandis que l'imperfection optique, qui est une suite inévitable de la bissection de la lentille, ne permet point d'employer ce micromètre à la mesure des étoiles doubles les plus resserrées et qui exigent les amplifications les plus fortes.

Je donnerai ici, en attendant, un extrait du rapport que M. de Steinheil a fait à l'Académie de Munich, avant d'envoyer l'appareil à Poulkova, rapport qui est publié dans le *Journal savant de Munich* sous le 28 févr. 1843.

«Le principe des images doubles offre le moyen le plus parfait pour la mesure des petits angles. Comme les deux images pellucides se meuvent l'une par-dessus l'autre, le contact des bords des images est exempt des phénomènes de la diffraction, que présente le micromètre filaire. En outre, on n'a besoin, ni d'éclairer le champ, ni de placer au foyer un objet visible, pour la mesure des distances et des directions, vu que l'une des deux images sert toujours de point de départ à l'autre. Ces avantages inappréciables ont été reconnus depuis

longtemps. Mais l'héliomètre de Fraunhofer exige la bissection de l'objectif, et l'on ne se décidera guère à couper l'objectif de l'instrument le plus parfait que possède un observatoire, l'objectif perdant en perfection par cette opération. Ces raisons ont engagé M. Struve de me consulter sur les moyens qui pourraient procurer à la plus grande lunette de l'atelier de Munich les avantages du principe héliométrique. La construction de l'héliomètre-oculaire est le résultat de ces consultations.

Une lentille intermédiaire entre l'objectif et l'oculaire est diamétralement coupée, et mesure les petits angles par le déplacement des moitiés, dans la direction perpendiculaire à l'axe optique. J'ai choisi pour mon héliomètre une lentille achromatique dont les deux moitiés se meuvent simultanément, mais en sens opposé, afin que les deux moitiés prennent toujours une position symétrique par rapport à l'axe optique principal. L'exactitude des mesures micrométriques se juge le mieux par la théorie de l'appareil, (en supposant le coefficient de réfraction entre le verre et l'air = 2:3). Soit

p la distance du foyer du grand objectif,

q la distance du foyer de la lentille intermédiaire,

α la distance de cette lentille au foyer primitif du grand objectif,

β la distance de la lentille au nouveau foyer,

Δ le déplacement relatif des deux centres de la lentille intermédiaire, perpendiculairement à l'axe optique,

δ le déplacement linéaire correspondant des deux images au nouveau foyer,

ψ l'angle correspondant à ce déplacement.

Il y a alors les relations suivantes:

$$\beta = \frac{\alpha q}{\alpha + q}; \quad \alpha = \frac{\beta q}{q - \beta};$$

$$\Delta = \frac{p q}{\alpha} \operatorname{tang} \psi; \quad \delta = \frac{p q}{\alpha + q} \operatorname{tang} \psi.$$

Supposons par exemple:

$$p = 2880 \text{ lignes}, \quad q = 720, \quad \beta = 114,$$

dimensions qui se rapprochent de celles de notre instrument: nous aurons

$$\alpha = 135,44 \text{ lignes}; \quad \text{et pour } \psi = 60'' \quad \Delta = 4,453 \text{ lignes.}$$

Or une révolution des vis micrométriques étant de 0,31 ligne, nous trouvons, pour une révolution entière commune des deux vis, $\Delta = 0,62$ ligne, et $\psi = 8''35$.

Les dimensions et le poids considérables, des chassis et des vis, du mouvement latéral,

pouvaient produire des pressions, nuisibles à la précision optique et à l'égalité du mouvement rotatoire dans le sens des angles de position. Il fallait donc obvier à cet inconvénient par un système convenable de contrepois. Dans cette intention, j'ai fixé deux systèmes de roulettes dans des anneaux métalliques très solides. Les axes de l'un des systèmes sont parallèles à l'axe optique; ceux de l'autre lui sont perpendiculaires. Le premier système a des contrepois à suspension de boussole, le second a des axes simples. Par ce moyen, l'appareil est en équilibre parfait de ses parties, dans toutes les positions de la lunette, et le mouvement de rotation s'achève avec la plus grande facilité. Enfin, cet état d'équilibre n'est point troublé par le mouvement des deux moitiés de la lentille, qui se fait toujours, comme j'ai déjà indiqué, dans des sens symétriquement opposés. Le cercle de position (de 12,5 pouces de diamètre) donne par ses deux verniers les 10 secondes. L'appareil est pourvu de vis de correction, pour tous les éléments de rectification.»

Je n'ai que peu de mots à ajouter à cette notice de mon respectable ami. L'appareil est un chef-d'oeuvre, quant à l'exécution mécanique. Mais il laisse à désirer par rapport à la précision des images; quoique, peut-être, cette imperfection soit inévitable dans tout appareil basé sur le principe des images doubles, et qu'elle se présente ici avec plus d'intensité, parce que les rayons tombent sur les demi-lentilles dans une concentration considérable. En tout cas, l'appareil actuel n'admet que des grossissements, comparativement faibles pour notre lunette, jusqu'à 300 fois. Avec un tel oculaire nous avons fait des mesures micrométriques sur plusieurs étoiles doubles, distantes entre elles au delà d'une ou de deux secondes. Les résultats de ces mesures s'accordent très bien, soit entre eux, soit avec les distances obtenues à l'aide du micromètre filaire. Mais pour l'observation des étoiles binaires les plus resserrées, nous avons dû conserver le micromètre filaire, à cause de sa supériorité optique, vu que dans l'héliomètre-oculaire la plupart de ces systèmes d'étoiles ne peuvent plus être reconnus.

Les échafaudages et les sièges d'observation.

Il y a, auprès de l'instrument, un petit échafaudage fixé au plancher, XXXIV. *B.* On s'y place debout, pour lire le cercle horaire, pour monter l'horloge etc. La même planche nous montre, de l'autre côté, la grande échelle *C*, mobile sur trois roues, et dont on se sert dans la lecture des divisions sur le cercle de déclinaison. En déprimant le levier σ , le devant de l'échelle se place sur les deux chevilles carrées τ , et devient ainsi fixe.

XXXIV. *E* est le banc dont l'astronome se sert dans les observations à faire tout près du zénith, *la couchette*. Elle se meut sur deux cylindres en bois dur, et offre une position parfaitement commode,

l'oculaire étant à une élévation de 3,2 pieds au-dessus du plancher, dans la direction verticale du tube. Si l'oculaire s'éloigne davantage du plancher, on peut hausser le siège, en y plaçant un petit tabouret. Il y a trois de ces tabourets de 3, 6 et 9 pouces de hauteur. C'est ainsi qu'étant assis sur le banc *E*, on peut observer, depuis 0° jusqu'à 26° de distance au zénith, ou entre les déclinaisons du méridien $+34^\circ$ et $+60^\circ$. On voit tout de suite, qu'en renversant la position du banc, on parvient aux déclinaisons entre 60° et 86° , et même jusqu'au pôle, pour les observations méridiennes.

A partir de 25° du zénith, jusqu'à l'horizon, l'observation peut être faite à l'aide de l'échafaudage, représenté fig. 2 et 3 de la planche XXXV. *A*. Je l'appellerai brièvement la *tribune mobile*. C'est une échelle et en même temps un fauteuil changeant, le tout tantôt mobile sur trois roues, tantôt fixé sur deux chevilles de fer, par la dépression du levier *a*. L'échelle est composée de 7 marches *b* . . . *h*, dont la dernière *h* est à 7 pieds au-dessus du plancher. Chaque marche a une profondeur de 13 pouces, divisée en deux parties. Le devant forme une planche de 9 pouces, mobile sur une charnière horizontale, planche qui se replie à prendre la position d'un dossier appuyé contre la planchette de fer *p*, comme le dessin l'indique dans les marches *d*, *f*, *g*, pour le cas que l'astronome veut s'asseoir sur la marche *e*. Cette marche forme ainsi le siège d'un fauteuil commode, les pieds étant placés sur la marche *c*, sans être gênés par *d*. A côté de l'astronome assis sur *e*, se trouve la tablette *i*, mobile sur un rail incliné le long de la paroi latérale, tablette qui se fixe à volonté sur un baton en cuivre denté. On voit qu'en baissant les marches, on change le fauteuil en échelle; et que l'appareil présente en même temps six fauteuils et un banc, successifs jusqu'à la hauteur de 7 pieds du plancher. Cependant cette division ne suffit pas encore. Les subdivisions de l'élévation du siège se font par les trois petits tabourets de 3, 6 et 9 pouces de haut, dont nous avons déjà fait mention, et par deux matelas d'un et de deux pouces d'épaisseur. C'est par ces moyens faciles, et dont l'arrangement ne prend que quelques secondes, que la tribune vous offre un siège convenable et parfaitement commode, avec une table pour écrire et pour placer des effets, depuis 1 jusqu'à 7 pieds de hauteur, dans toutes les élévations qui se succèdent d'un pouce à l'autre. L'usage des sièges de la tribune va depuis $+34^\circ$ de déclinaison jusqu'à -15° , pour le plan du méridien, ou en général depuis 26° jusqu'à 75° de distance au zénith.

Pour les observations dans le voisinage de l'horizon, l'astronome se place debout sur les marches *e*, *f*, *g* et *h*. D'en haut, en *h*, il peut voir l'horizon. Une balustrade *k* lui sert ici d'appui, et pour l'emplacement de la petite table *l*. Cette table se détache, se plie et se place dans une coulisse entre les deux traverses verticales *m*, *m*, par une rainure dans la traverse horizontale *n*. On tire alors l'anneau *o*, et toute la balustrade s'enfonce dans un chassis du dos de la partie inférieure de la tribune. Dans cet état ordinaire, notre tribune est terminée à la dernière marche *h*.

Il y a encore deux chaises à sièges tournants et une échelle simple à trois marches, qui peuvent remplacer la tribune en partie. Une des chaises est représentée auprès de l'héliomètre, pl. XXXVI; l'autre est de la même construction, mais plus basse. M. O. Struve m'a donné la notice, qu'il observe à l'ordinaire:

	dans les distances au zénith
1. étant assis sur la couchette <i>E</i>	entre 0° et 26°;
2. " " " la petite chaise	} à siège mobile. entre 26 et 35 ;
3. " " " l'autre chaise	
4. se tenant debout sur le plancher	entre 42 et 45 ;
5. " " " " l'échelle à trois marches	entre 45 et 60 ;
6. sur la tribune, soit assis, soit debout	entre 60 et 90 ;

mais aussi entre 40° et 60°, dans les observations qui, à cause d'une durée plus longue, exigent une position du corps plus commode.

Rectification de l'instrument.

La rectification se rapporte

- 1) à la centration de l'objectif et de l'oculaire;
- 2) à la position de l'axe horaire par rapport à l'axe céleste, à l'angle entre l'axe horaire et l'axe de déclinaison, enfin à la collimation, ou à l'angle entre l'axe de déclinaison et l'axe optique du télescope.

Le télescope est centré, si l'axe de l'objectif passe par le centre de l'oculaire, et si l'axe de ce dernier coïncide avec celui de l'objectif. L'oculaire du micromètre filaire étant mobile, soit en cercle, soit dans la direction de la vis du micromètre, la position normale sera celle, où la position du centre ne change point par le mouvement circulaire. Dans cette position de l'oculaire, on doit centrer les verres. Pour la centration de ses lunettes, Fraunhofer a construit un appareil particulier dont l'application ne laisse rien à désirer. Je l'ai décrit p. 9 de la relation sur l'instrument de Dorpat. Un tel instrument se trouve aussi parmi les appareils auxiliaires de notre télescope, et j'en ai fait usage pour centrer le télescope dans sa position verticale. Or on conçoit que s'il existe une flexion du tube, par son propre poids et par celui des pièces attachées aux extrémités, la centration doit être tant soit peu dérangée, pour toute autre position de la lunette. C'est sous ce point de vue que la rigidité du tube devient importante, et il est nécessaire de la soumettre à l'examen. Nous avons trouvé dans les deux positions méridiennes du télescope, horizontales et opposées, que la ligne qui réunit deux points in-

variablement marqués sur l'objectif et l'oculaire, varie de 0,046 pouce, relativement à un troisième point intermédiaire et fixé invariablement sur le tube, précisément dans la prolongation de l'axe de déclinaison. Ce qui donne à peu près $d = 0,023$ pouce pour la dépression moyenne de l'objectif et de l'oculaire entre la direction verticale et horizontale; ou plus exactement, si ω est la dépression de l'objectif et ψ celle de l'oculaire, comme les distances au point de comparaison intermédiaire sont de 164,2 et de 106,4 pouces:

$$\omega + 1,543 \psi = 0,0585 \text{ pouce.}$$

La longueur totale du télescope étant $l = 270,6$ pouces, nous avons $d = \frac{1}{12688} l$. La petitesse de cette quantité nous mène à la conclusion importante, que les perturbations que produit la pesanteur dans la centration des verres, doivent être insensibles pour l'effet optique, ce qui est conforme à l'expérience. En même temps nous voyons que les tubes de bois, des grandes lunettes de Munich, sont d'une rigidité inattendue et peut-être égale à celle d'un tuyau métallique.

Quant à la position de l'axe horaire d'un instrument parallactiquement monté, relativement au pôle céleste, elle se détermine par les deux petits arcs ξ et η , qui sont compris entre le pôle céleste et celui de l'instrument, dans le sens du méridien et dans celui du cercle de déclinaison, éloigné de 6 heures du méridien. Nous donnons le signe + à ces deux arcs, dans le cas que le pôle de l'instrument se trouve entre le pôle céleste et le point nord de l'horizon pour ξ , et entre le pôle céleste et le point est de l'horizon pour η .

La méthode la plus simple pour la détermination de ξ , se trouve dans les distances angulaires des étoiles culminantes au pôle de l'instrument, reconnues par l'observation combinée dans les deux positions, le tube à l'est et à l'ouest du statif, et comparées avec les distances au pôle céleste, connues par les déclinaisons apparentes: ou pour m'exprimer plus simplement, par la comparaison des déclinaisons instrumentales, avec les déclinaisons célestes. Si la déclinaison instrumentale, corrigée pour l'effet de la réfraction, est $= d$, la déclinaison céleste $= \delta$, nous avons $\xi = \delta - d$; et cette valeur sera la même pour toutes les étoiles, à la condition qu'il n'existe aucun changement de relation, entre l'axe optique et le cercle de déclinaison. Or il est à présumer qu'un tube d'une dimension aussi colossale soit influencé, dans sa relation au cercle divisé, par l'action de la pesanteur. Supposons que cette influence s'exprime par $b \cdot \sin z = b \cdot \sin(\varphi - \delta)$, et nous aurons, en remplaçant $\delta - d$ par n , pour plusieurs étoiles, les équations suivantes:

$$\xi - b \cdot \sin(\varphi - \delta) = n$$

$$\xi - b \cdot \sin(\varphi - \delta') = n'$$

etc.

Ces équations, traitées selon les moindres carrés, donnent ξ et b . Les erreurs ν qui restent dans les

équations, après la substitution de ξ et b , nous serviront à juger l'exactitude des déclinaisons absolues que fournit l'instrument. Je choisis pour exemple les observations que M. O. Struve a faites le 22 juin 1840. Les déclinaisons instrumentales sont déjà corrigées pour l'effet de la réfraction. Les déclinaisons célestes sont puisées pour 1, 4, 5 et 8 dans le *Nautical Almanac*, pour 2, 3 et 7 dans le catalogue de M. Argelander, pour 10 dans celui de Pond, pour 6 et 9 dans le catalogue de M. Airy pour 1840.

Étoiles.	Décl. instr. = d .	Décl. cel. = δ .	Équations.	$v =$
1. μ <i>Sagittarii</i> . .	— 21° 5' 55,5	— 21° 5' 40,6	+ 14,9 = $\xi - 0,99b$	+ 5,4
2. η <i>Serpentis</i> . .	— 2 56 23,8	— 2 56 3,4	+ 20,4 = $\xi - 0,89b$	+ 7,7
3. θ <i>Serpentis</i> . .	+ 3 59 47,1	+ 3 59 59,5	+ 12,4 = $\xi - 0,83b$	— 2,2
4. ζ <i>Aquilae</i> . . .	13 37 34,6	13 37 48,3	+ 13,7 = $\xi - 0,72b$	— 4,4
5. α <i>Lyræ</i>	38 37 47,1	38 38 10,4	+ 23,3 = $\xi - 0,36b$	— 6,2
6. κ <i>Cygni</i>	53 3 55,5	53 4 23,6	+ 28,1 = $\xi - 0,12b$	— 9,0
7. δ <i>Draconis</i> . . .	67 21 51,6	67 22 39,7	+ 48,1 = $\xi + 0,13b$	+ 3,1
8. δ <i>Ursæ min.</i> . .	86 34 22,6	86 35 21,2	+ 58,6 = $\xi + 0,45b$	+ 3,4
9. 2 <i>Lyncis s. p.</i> . .	120 55 12,0	120 56 19,9	+ 67,9 = $\xi + 0,88b$	— 0,9
10. ξ <i>Aurigæ s. p.</i>	124 19 4,5	124 20 16,9	+ 72,4 = $\xi + 0,90b$	+ 3,0

La résolution de ces 10 équations mène aux valeurs finales:

$$\xi = +40,9, \text{ avec l'err. pr. } = 1,2; \quad b = +31,7, \text{ avec l'err. pr. } = 1,8.$$

La dernière colonne présente les erreurs v , qui sont restées après la substitution des valeurs finales ξ et b dans les dix équations. Ces v donnent l'erreur probable d'une équation isolée = 3,9, qui est composée de l'erreur de l'observation et de celle de la position de l'étoile. Pour un tel instrument, c'est une exactitude des déclinaisons absolues presque inattendue, surtout quand on pense que l'observation s'est bornée à la lecture de deux verniers battants. Il est clair, que les différences en déclinaison qui ne s'élèvent qu'à peu de degrés, se déterminent à l'aide de cet instrument avec une précision considérablement plus grande. A Dorpat, je n'ai pas pu faire usage de la méthode indiquée, pour déterminer ξ , parce que le cercle de déclinaison n'avait qu'un seul vernier, et que les indications en étaient sujettes à l'influence d'une excentricité.

L'autre coordonnée η de la position de l'axe se trouve le plus directement par l'observation des passages de différentes étoiles par le télescope placé près du plan du méridien, combinés avec l'indication du cercle horaire. Il faut observer, pour ce but, deux passages de chaque étoile, dans les deux

positions de l'instrument, I. le télescope à l'est, II. le télescope à l'ouest du piédestal, et faire en sorte que le moment moyen des observations coïncide de très près avec le moment de la culmination. Le fil du micromètre doit être placé dans le cercle de déclinaison, et pour éliminer l'excentricité du fil par rapport à l'axe optique, il faut faire deux observations 1) 2), dans deux positions de l'index du cercle de position, qui diffèrent de 180° . Supposons maintenant que nous ayons observé deux étoiles dont une est près du pôle, l'autre près de l'équateur. Dans ce cas, nous avons le tableau suivant de l'observation:

	Position.	Temps du passage.	Angle horaire.	Culmination observée.	Moyenne.	Moyenne.
Première étoile. asc. dr. = a décl. = d	I. 1)	s	t	$s - t = u$	P'	} $P.$
	2)	s'	t'	u'		
	II. 2)	s''	t''	u''	P''	
	1)	s'''	t'''	u'''		
Seconde étoile. asc. dr. = α décl. = δ	II. 1)	σ	τ	v	π''	} $II.$
	2)	σ'	τ'	v'		
	I. 2)	σ''	τ''	v''	π'	
	1)	σ'''	τ'''	v'''		

Soit maintenant l'angle de l'axe horaire avec l'axe de déclinaison, du côté des deux cercles $= 90^\circ + i$; l'angle de l'axe de déclinaison avec l'axe optique du télescope, du côté de l'objectif dans la position I, $= 90^\circ + c$; et nous aurons les trois équations suivantes:

$$P + \operatorname{tang} d \cdot \eta - a = II + \operatorname{tang} \delta \cdot \eta - \alpha = x; \quad (1)$$

$$P' + \operatorname{tang} d \cdot i + \sec d \cdot c = P'' - \operatorname{tang} d \cdot i - \sec d \cdot c; \quad (2)$$

$$\pi' + \operatorname{tang} \delta \cdot i + \sec \delta \cdot c = \pi'' - \operatorname{tang} \delta \cdot i - \sec \delta \cdot c. \quad (3)$$

Ici x est la correction à ajouter aux passages observés des étoiles par le méridien de l'instrument, pour en déduire les ascensions droites apparentes, en tant qu'elle dépend de la correction de la pendule $= \lambda$ et de la correction du zéro du cercle horaire $= \mu$, indiqué par les verniers; ou $x = \lambda + \mu$. D'où se déduit $\mu = x - \lambda$, si λ , ou la correction de la pendule au temps sidéral, est connu ailleurs. Les trois équations (1), (2), (3) sont parfaitement exactes, si η , i , c sont des quantités aussi petites que les carrés en disparaissent, et si l'on néglige les effets de g , de la réfraction et de la flexion du tube b sur les passages observés, effets qui sont $= 0$ pour le moment de la culmination et extrêmement petits pour de petits angles horaires. En outre, l'astronome habile possède un moyen d'éliminer ces effets, en arrangeant les observations de manière, qu'il ait pour chaque étoile, une observation I, faite dans la culmination, et intermédiaire entre deux observations II, faites à angles horaires égaux, des deux

côtés de la culmination; ou si d'un jour à l'autre, il renverse l'ordre de l'observation par rapport aux positions de l'instrument, I et II. Je choisis pour commentaire les observations du 3 juin 1840. Les deux étoiles sont δ *Ursae minoris* et α *Lyrae*; donc, selon le *Nautical Almanac*:

$$\alpha = 18^{\text{h}} 24' 5^{\text{s}},8, \quad d = 86^{\circ} 35',2, \quad \sec d = + 16,81, \quad \text{tang } d = + 16,77;$$

$$\alpha = 18 \ 31 \ 34,0, \quad \delta = 38 \ 38,1, \quad \sec \delta = + 1,28, \quad \text{tang } \delta = + 0,80.$$

	Passage.	Angl. hor.	Culm. obs.	Moyenne.	Moyenne.	
δ <i>Ursae min.</i> I.	1)	18 ^h 21' 56,5	23 ^h 58' 21,1	18 ^h 23' 35,4	18 ^h 23' 41,6	18 ^h 23' 58,8 = P.
	2)	23 25,8	59 37,9	23 47,9		
	II. 2)	27 6,0	0 2 55,0	24 11,0	24 16,1	
	1)	29 38,8	5 17,7	24 21,1		
α <i>Lyrae.</i> II.	2)	34 10,0	0 2 56,7	18 31 13,3	18 31 13,1	18 31 11,3 = II.
	1)	35 55,4	4 42,5	31 12,9		
	I. 1)	39 53,1	8 23,4	31 9,7	31 9,6	
	2)	41 24,9	10 15,4	31 9,5		

Nous trouvons les équations suivantes:

$$- 7,0 + 16,77 \eta = - 22,7 + 0,80 \eta \text{ ou } 15,97 \eta = - 15,7 \quad (1);$$

$$\text{donc } \eta = - 0,98 \text{ en temps} = - 14,7 \text{ en arc};$$

$$34,5 = 33,54 i + 33,62 c \quad (2); \quad 3,5 = 1,60 i + 2,56 c \quad (3).$$

L'équation (2) donne $(i + c) = 1,03$, avec une grande précision; mais la séparation des i et c , à l'aide de l'équation (3), est beaucoup moins certaine, à cause de l'influence d'une petite erreur dans la lecture de l'angle horaire de α *Lyrae*. Les valeurs séparées sont

$$i = - 0,90; \quad c = + 1,93.$$

Il sera intéressant d'examiner encore l'invariabilité de notre instrument, quant à la position. Je donnerai donc les valeurs ξ et η , qui ont été trouvées par l'application des méthodes indiquées, dans l'espace d'un an à peu près, depuis le 1 avril 1840. Je commence par les ξ , obtenus à l'aide des déclinaisons, en y ajoutant les valeurs trouvées du coefficient b , de l'influence de la pesanteur sur les déclinaisons.

Date.	$\xi =$	Différ.	$b =$	Différ.
1840. Mai 15	+ 41,2	- 3,9	+ 32,6	+ 3,1
Juin 3	+ 46,4	+ 1,3	+ 21,7	- 7,8
„ 22	+ 40,9	- 4,2	+ 31,7	+ 2,2
Juill. 3	+ 54,3	+ 9,2	+ 19,0	- 10,5
„ 24	+ 48,3	+ 3,2	+ 34,2	+ 4,7
Août 9	+ 43,0	- 2,1	+ 36,2	+ 6,7
Sept. 24	+ 43,2	- 1,9	+ 21,7	- 7,8
„ 26	+ 53,0	+ 7,9	+ 37,2	+ 7,7
Nov. 10	+ 38,5	- 6,6	+ 35,4	+ 5,9
Dec. 26	+ 44,1	- 1,0	+ 29,3	- 0,2
1841. Mars 15	+ 43,5	- 1,6	+ 25,5	- 4,0
Moyenne	+ 45,1		+ 29,5	

Les passages observés ont fourni la série suivante des η exprimés également en arcs:

Date.	$\eta =$	Différ.
1840. Avril 17	- 18,9	- 6,4
„ 28	- 14,8	- 2,3
Juin 3	- 14,7	- 2,2
Juill. 24	- 10,2	+ 2,3
Sept. 24	- 10,8	+ 1,7
Nov. 3	- 4,4	+ 8,1
Dec. 26	- 11,4	+ 1,1
1841. Mars 15	- 15,2	- 2,7.
Moyenne	- 12,5	

On voit que l'instrument a conservé une position presque invariable, dans le courant d'une année; et la même constance se manifeste dans la valeur du coefficient de la pesanteur. En prenant les différences des valeurs isolées dans les trois séries, aux moyennes respectives, nous trouvons pour une détermination isolée, les erreurs probables suivantes:

pour ξ err. pr. = 3,3; pour η err. pr. = 3,0; pour b err. pr. = 4,4.

Quant aux angles des axes, les moyennes de l'année entière sont :

$$\text{l'angle entre l'axe horaire et l'axe de déclinaison} = 90^{\circ} 0' 5''6,$$

$$\text{l'angle entre l'axe de déclinaison et l'axe optique} = 90^{\circ} 0' 3''0.$$

L'instrument a été, sous ces rapports, dans un état de rectification très parfaite. L'exactitude de l'angle entre les deux axes du mouvement est le mérite des artistes.

L'invariabilité de la position de l'instrument, malgré tous les changements de température dans le courant d'une année, changements qui ont été entre les limites de $\pm 24^{\circ}$ R., justifie les mesures de construction prises pour baser l'instrument, et prouve tout l'avantage du piédestal en granit.

Quant au coefficient de l'influence de la pesanteur sur les déclinaisons, $b = +29''5$, si nous l'attribuons uniquement à la flexion du tube, il donne l'équation

$$\omega - \psi = 0,0387 \text{ pouce,}$$

où ω est la dépression de l'objectif, et ψ celle de l'oculaire. Nous avons eu plus haut, p. 200, par l'alignement

$$\omega + 1,543 \psi = 0,0585 \text{ pouce.}$$

La combinaison des deux équations donnerait :

$$\psi = 0,0078 \text{ et } \omega = 0,0465 \text{ pouce.}$$

6. L'HÉLIOMÈTRE DE MERZ ET MAHLER.

L'héliomètre, dans la construction que lui avait donnée Fraunhofer, est sans doute un instrument des plus parfaits de l'astronomie moderne. C'est par l'application admirable que M. Bessel en a faite, que la science a été enrichie d'une des plus grandes découvertes de notre siècle, de la connaissance de la parallaxe annuelle de l'étoile double 61 *Cygni*. Dans la collection des instruments de Poulkova, si elle devait aspirer en quelque sorte au titre d'une collection complète, l'héliomètre ne pouvait point manquer.

Pourtant c'est le seul de nos instruments principaux, qui jusqu'ici n'ait pas été mis en usage régulier, parce que l'activité de nos astronomes était absorbée par les travaux à faire aux autres instruments, et qui me paraissent les plus pressants pour le moment. Cette circonstance m'engage maintenant à donner une description de l'héliomètre moins détaillée, qu'elle ne l'aurait été dans le cas, où j'aurais pu produire, sur les qualités de cet appareil, des documents basés sur nos propres expériences.

La planche XXXVI représente l'instrument vu du côté est et projeté sur le plan du méridien, le télescope étant dirigé sur le pôle céleste, sous un angle de 6 heures sur le cercle horaire. A côté

DESCRIPTION
of the
CENTRAL ASTRONOMICAL OBSERVATORY
of
PULKOVO

by
F. G. W[ilhelm]. Struve

Member of the Imperial Academy of Sciences of St.
Petersburg, Premier Astronomer and Director of the
Central Astronomical Observatory

St. Petersburg, 1845

Printed by the Imperial Academy of Sciences

5. THE GREAT TELESCOPE OF MERZ AND MAHLER
(Plates XXXIV and XXXV. A and B).

I have published, in 1825, the description of the great telescope of Dorpat, the masterpiece of the late Mr. Fraunhofer. At present, twenty years later, I must describe a similar telescope but of a dimension more colossal. I have to refer our readers to the previous description *) since this work about the central observatory cannot claim to be complete, lacking a detailed relation about the instrument which forms its most elegant ornament which also differs in several points from the previous instrument, although the principals of construction are the same for the one as for the other. In this description I will follow the course of the previous one, emphasizing throughout the changes introduced in the new instrument.

Plate XXXIV. represents the entire instrument, viewed from the east and projected onto the plane of the meridian, the tube being directed at the celestial pole at an hour angle of 6 hours on the east index. We also see there part of the auxiliary apparatus, namely the scales B and C and the tripod D.

Plate XXXV. A. contains:

Fig. 1, the pier on which the instrument rests, seen from the south side and projected on the plane of the prime vertical;

Fig. 2 and 3, the mobile observer's chair viewed face on in Fig. 2 and from the side in Fig. 3.

*) Description of the great Fraunhofer refractors at Dorpat Observatory. Dorpat, 1825. Fol.

Plate XXXV. B. contains, on a larger scale, the details of the lower end of the hour axis and the clock which produces continuous motion.

The instrument itself with its appurtenances is composed of the following parts:

1. the mount,
2. the axes and circles,
3. the telescope,
4. the counterweight,
5. the clock,
6. the rods for micrometric movement about the axes, etc.,
7. the micrometric apparatus,
8. the scaffolds and the observer's chairs.

A general description may be given in the following terms:

The telescope, with an objective of 15 inches clear aperture, is equatorially mounted and carried by a pier on which is fixed a large inclined metal plate which supports the first axis with the hour circle at the lower end. The second axis is contained in a tube attached to the first axis at a right angle. The declination circle is found at one extremity of the second axis: the tube is attached to the other, at a position eccentric to the hour axis. The tube is of wood, but furnished with two metal rings to receive the objective and the apparatus for the eyepiece; it also carries a finder scope. The balance of the instrument, as well as the facilitation of movement, is effected by 8 principal counterweights. One counterweight reduces the friction of the hour axis in the bearings; two are applied to the tube to balance the two halves and to oppose flexure in the half on the side of the objective. Two counterweights act against the friction of the declination axis in its tube; finally two others, fixed to the body of the tube and a third, suspended at the extremity of the declination axis, produce a balance of the whole system with respect to the hour axis. A worm meshes with a groove in the edge of the hour circle and produces a slow movement in right ascension, either by a rod driven manually by the observer or by the action of a clock. The total height of the instrument, in the vertical position, is 26.0 feet; it is 27.8 feet if one includes the cardboard cap which protects the objective against the precipitation of the humidity of the air. The total weight of the instrument, as well as the moving parts of the hour axis, is assessed at nearly 7000 Russian pounds. (6300 lb. ?)

183

The mount.

The mount, 10.85 feet high, is composed of two pieces of grey granite. The base, formed by a single block 5.7 feet long, 2.7 feet wide and 1.35 feet high, rests on masonry which raises it above the central vault; see Plates IX and X. It carries the body of the mount which consists of a single pier 9.5 feet high. The form of the pier, which one can recognize better in the two representations XXXIV and XXXV.A.1, than by a description, is the result of a study aimed to give the mount complete solidity and admitting all directions of the telescope possible in the positions suitable for observation of the stars and reading the circles. The niche below, n', 10 inches deep, is designed for the movement of the weights of the clock. Fraunhofer's mount was of wood. The mount of stone has the advantage of solidity and a greater rigidity in the position of the hour axis. But in the Dorpat instrument there is still the inconvenience that, near the meridian, the eyepiece is only conveniently accessible for directions of the telescope between the horizon and 55° [degrees] altitude because the base of the instrument is in the form of a cross, and the elliptical buttresses which connect the base to the vertical piece prevent the astronomer from placing himself comfortably for observations near the zenith. Our instrument on the contrary lends itself to a convenient observation for the total extent of the meridian in the manner of a well established transit instrument, and there is no direction of the instrument for which the position of the astronomer is uncomfortable. For observations in the western hour angles, the telescope is placed on the east side of

the pier (position I); and on the west side (position II) in the eastern hour angles *). But in the direction of the equator, position I is still practicable from 19h 50', or from more than 4 hours before culmination. The surplus decreases toward the zenith. One sees then that most of the observations, particularly of fixed stars which ordinarily allow the choice of the most advantageous hour, are made with the telescope in position I. The upper pier, on the side of the meridian, forms a plane inclined at the angle of the latitude and perpendicular to the plane of the

*) An exact geometric definition must be given here of positions I and II, which are distinguished by the relation of the objective to the hour axis. Suppose, for the sake of argument, that the objective is divided into two halves by a circle perpendicular to the declination circle [axis?] passing through its center. We then distinguish the two halves by an arbitrary nomenclature. Take that half to be positive which is above, if the telescope, being on the east side of the pier, is pointed at the south point of the horizon, and the other half, which is below, negative. With this definition the position I occurs whenever the positive half is turned from the center of the objective toward the north pole of the hour axis. Position II thus corresponds to the case in which the negative half is on the side of the north pole of the hour axis. As the declination circle is divided from 0° to 360°, in such a way that the primary vernier indicates 0° if the telescope, being on the east side of the pier, is directed at culminating point of the equator and 90° in the direction of the pole, one sees that position I corresponds to indications of the primary vernier from 270° to 90° and position II to indications of the same primary vernier from 90 to 270°.

184

meridian. A metal plate 3.2 inches thick and rounded at the upper end is fixed rigidly to this plane and is supported below against a projection of the pier; I call this the berth. This plate is joined to the pier by six bolts, starting from the lower surface of the plate, which enter corresponding holes in the pier where they have been sealed, all at the same time, by a single injection of plaster. The plate is joined to the bolts by eight screws whose nuts are in the bolts. There is a little play between the necks of the screws and the openings of the cylinders of the plate for the thermal expansion of the latter.

A second plate a, which I call the bed, of similar solidity but with three descending edges, is suspended above the berth and takes a fixed position with the aid of lateral screws as well as on the surface allowing alignment of its position in the two dimensions required. Also, at the point of contact between the between the bed and the berth, at the upper extremity, the radius of curvature of the edge of the bed is ever so little larger than that of the berth. The buttress b and the two bearings of the hour axis c, c' are of a piece with the bed. A steel screw d, of 1.5 inch thickness, passes through the buttress and acts in the direction of the pole on a small plate of bell metal e, which forms the lower point of support for the hour axis.

The axes and circles.

The steel hour axis is 46.6 inches long. It terminates above in a cylindrical head of plate 11 inches in diameter and 2.0 inches thick. Below the plate it diminishes in the form of a trumpet and then a cone. At the entry to the upper bearing it has a diameter of 4.8 inches, below the lower bearing of 4.0 inches. From that point the axis becomes a cylinder of 3.3 inches diameter, and further down it is machined to a hexagonal prism on which the hour circle is seated, fixed by a very strong nut the screw of which is machined in the cylindrical body of the axis. The lower end of the axis, tempered and of convex form, touches the support plate e which has here a small hole so that the contact is made on the periphery of a small circle. The plate e also has a cylindrical rim which forms a small chamber filled with oil and closed at the top by the cylindrical body of the axis, which fits in it precisely. The oil is placed in the chamber through a small lateral hole. Through this arrangement the end of the axis is perfectly protected against dust and against rust, in short against all damage, in spite of the enormous weight which rests on it *). The hour circle is 18.4 inches in diameter and carries on its lower surface divisions traced directly every 40

*) After we had demounted the instrument, after usage of 2 years and 6 months, in the month of January 1842, the end of the axis was found perfectly polished and only a bit burnished by the action of the oil on the steel. See Astr. Nachr. No. 449.

185

seconds of time. Two swinging [?] verniers, carried on arms attached to the cover of the lower bearing, indicate the seconds and estimation gives a quarter of a second of time. The edge of the circle, of 1.5 inch thickness, is grooved in 579 teeth. Each tooth thus corresponds to 149.22 s or close to 2m 30s of time. The threads of a steel worm engage these teeth and produce the movement in hour angle, either through a rod turned manually by the astronomer or through the action of the clock. The arbor of the worm is movable about a pivot, parallel to the hour axis, the bushing of which is fixed to the large plate of the bed. At the same time this screw is pressed against the grooves by a spring which acts on the other end. The force of the spring must be adjusted with care. The engagement of the screw may be suspended through a lever applied to the east side of the bed which turns the screw about the pivot indicated.

The tube f of the declination axis is of bell metal and attached at a right angle to the plate of the first axis by 10 screws. The axis which it contains is similar in form, dimension and material to the hour axis, but it does not touch the inner surface of the tube except near the ends where the tube is hollow, on one side in a conical bushing and on the other in a cylindrical bushing. One edge of the axis rests against the face of the tube and prevents the axis from being pushed into the tube and being squeezed by its weight when the tube is inclined. The limiting arm g is fixed by a concentric hub on the body of the tube and carries the retaining screw [?] and clamp for the declination circle. Another ring is joined to the hub of the arms g and carries a system of four isolated spokes on the ends of which are the four verniers i. The position of the vernier carrier is corrected through two opposing screws at h, which grip a pin fixed in one of the spokes of the vernier carrier. The lower end of the axis is machined to a hexagon. It carries here two separate circles, the stopping

circle k and the divided declination circle l which are rigidly stopped by the pressure exercised by the screw ϕ [phi]. Between the hub of the stopping circle and the lower face of the tube there is at ϕ a free steel plate, slightly convex, which acts as a spring with enormous force but very small extension. This plate prevents the axis from withdrawing from the tube in positions where the side of the circles is higher than the side of the telescope. The silver limb of the circle is divided at 5' intervals. The four verniers each indicate 4 seconds. The movement in declination is effected by the retaining screw [?] producing, as a result of the friction of the axis in the tube, flexure of the arm g and the spokes of the stopping circle k. But this flexure has no influence on either the vernier carrier or the divided circle, seeing that the steel axis opposes any torsion. A rod applied to the arbor of this retaining screw, extends toward the astronomer, by which he may give micrometric movements without leaving his place. This rod and the tripod which support it are not represented in the drawing. Experience has made us recognize that during observations one never has need of this rod as all the movements in declination, even the most subtle, are executed without using the retaining screw. One gains from this that the rod does not disturb the equilibrium of the instrument.

The telescope.

The total length of the telescope is 22.9 feet, of which 13.7 feet are on the side of the objective and 9.2 feet are on the side of the eyepiece from the extension of the declination axis. The main body, the wooden tube, is conical, having outer diameters of 17.0 and 11.8 inches at the ends. It is made of a large number of lamina of fir the length of the tube glued to each other and to other layers to produce a wall of a cone 1.0 inches thick, covered with a layer of mahogany. It is a rather remarkable fact that tubes constructed in this manner combine lightness with the rigidity and invariability of a metal body. The tube is furnished at the ends with two metal rings m, n which serve as mounts for the objective and eyepiece.

The attachment of the tube to the declination axis is made through a metal cradle o, solid by any test, which is attached by 10 screws to the plate of the declination axis. This cradle, 4.3 feet long, has an interior in the form of a hollow half-cylinder with two projecting half-rings at the ends which are the bearings of the tube. A cylindrical pivot, which is a prolongation of the declination axis, passes through the cradle and enters a corresponding hole in the tube which determines its position in the cradle. The tube is retained rigidly by the two half-rings p, opposite the projections on the cradle, each fixed by 4 large screws. The lower bearing is movable by the aid of 4 screws which pass through the cradle and serve for correcting the optical axis of the telescope with respect to the declination axis.

The mounting of the objective is composed of three parts. The ring m is fixed to the tube by 9 screws whose nuts are in the interior of the tube. A second ring is joined to the first by 9 other screws which act parallel [?] to the optical axis, disposed at distances of 120° by threes, two of which are in tension and one in compression. It follows that the position of the second ring may be changed with respect to the first; this allows the centering of the objective. [?] The third part is the cell of the objective. It goes in the second ring and is fixed by its flange on three small projections on the interior rim of the ring, with the aid of three pairs of screws disposed at distances of 120° . The method of placing the lenses in the cell and fixing them with the aid of an annular spring with three projections has been described by the late Mr. Fraunhofer in the Astr. Nachrichten No.59.

For large objectives it must be noted that, as the diametrical expansion differs for the glasses and for the brass of the cell, there may be the danger that the objective will not be gripped in the cell in that direction or that the concentric position of the two lenses will be disturbed by the influence of temperature. To avoid that inconvenience, the cylindrical periphery of the lenses rest on two projections of the interior wall of the cell and the third point of contact is formed by a movable plate, placed in a indentation in the cell and pressed onto the cylindrical periphery of the glasses by two springs attached to the exterior of the cell. The mounting of the eyepiece starts with the ring n, fixed on the wood of the tube like the ring m. A circular plate goes in the opening of this ring and is placed against a flange with 3 compression screws and 3 tension screws, which effect the alignment of the optical axis of the eyepiece. The plate is extended into a cylindrical collar. The tube which receives the eyepieces, whether simply mounted or joined to a micrometer apparatus, slide by friction into the interior of the collar and with the aid of a retaining screw q. If the focus of the eyepiece is adjusted one can fix the tube by a pressure screw which prevents any movement in rotation, n essential to measure the angles of the micrometer exactly.

The objective has a clear aperture of 14.93 inches with a focal length of 270.6 inches = 22.55 feet. The six independent eyepieces, which do not pertain at all to the micrometric apparatus, are constructions of the kind in which the image is formed between two lenses, of which each is constructed. The eyepieces have the magnifications and fields following:

	Mag.	Field		Mag.	Field
I	152	13.2'	IV	573	4.5'
II	286	8.7	V	814	3.0
III	445	5.5	VI	1218	2.8

The micrometer apparatus, which we will speak of later, is provided with 21 eyepieces whose magnification approaches two thousand times.

The finder, fixed to the body of the large tube as the drawing indicates, is itself a telescope of rather considerable power, having an aperture of 3.0 inches and a focal length of 45 inches. It has two eyepieces:

	Mag.	Field
I	31	1° 8'
II	42	0 42.

The direction parallel that of the large telescope is indicated at the focus of the finder by two pairs of parallel metal wires which, crossing at right angles, form a small open square 4.8 minutes on a side. The directions of the wires are exactly those of the circle of declination and of the parallel.

The counterweights

The center of gravity of the telescope is not at all on the prolongation of the declination axis, but at a distance of about three feet toward the objective. To produce a balance, without at the same time increasing the weight on the opposite end of the tube, the artists, in imitation of Fraunhofer, have employed two colossal levers, one of which is visible in our drawing. The lever, 16.5 feet long, is composed of two conical tubes attached to a cube which moves on two axes. One of these axes is formed by a pivot which comes out of the cradle o . The upper end of the lever grasps the metal ring r , fixed to the tube 4 feet from the objective. The other end carries a brass globe 9 inches in diameter and filled with lead. The two counterweights act freely in all directions of the tube, because of the double axes, and produce a balance of the two halves of the telescope, at the same time diminishing the flexure of the front part of the tube. One adjusts the small weights auxiliary to the large globes to adjust the balance. Two of these small weights are visible in the drawing.

Balance with respect to the hour axis is produced by 5 counterweights. The cylindrical mass s is applied at the end of the declination axis. Two weights x, x are fixed on the body of the tube of the axis. The two other weights y, y are at the ends of two levers moving on the double axes at z . These levers grasp the metal ring α [alpha] which carries four steel wheels pressed by the counterweights against a groove in the head of the second axis. In our representation one sees only one lever with its weight, the other being on the other side of the tube in a symmetric position. The system of 5 counterweights acts not only to produce a balance about the hour axis but also to reduce the friction of the declination axis in its bushings. The effect is that in all possible orientations of the telescope the motion in declination is so smooth that one can bisect a star with the wire of the micrometer by means of small impulses given to the telescope with a thumb, without using the adjusting screw of the declination circle.

The center of gravity of the movable instrument, after the counterweights, is on the centerline of the hour axis, a little below the tube of the declination axis. In that state, the two bearings of the hour axis are pressed by the weight of the instrument in opposite directions. The axis presses and rubs against the cover which closes the lower bearing c' : it exerts a more considerable pressure on the upper bearing c . To diminish the primary friction, the axis is grasped through a ring by two wheels β [beta] which is pulled in the opposing direction by a very strong spring whose action is controlled by a screw. Finally the large counterweight γ , mounted on a steel fork and movable on a

pin, indicated below c , presses two steel wheels against the hour axis and reduces the friction in the upper bearing.

By these arrangements the movement of the telescope about the hour axis is made with admirable facility in all seasons of the year; although in winter, during excessive cold, the friction is increased due to the viscosity of the congealed oil in the bushings.

The clock.

Clockwork is applied to the instrument to produce a spontaneous movement of the telescope about the hour axis, uniform and equal to the movement of the stars about the celestial axis. It is composed of two parts 1) the clock, 2) the drive train, pieces which are attached to the east side of the bed a, toward the lower end.

The clock δ [delta] is enclosed in a box 6 inches high on a square base 5.2 inches on a side and is composed of three wheels. Its movement is produced by the weight zeta, and is regulated by a centrifugal balance which carries small lenticular copper weights, joined to a rigid horizontal arm by thin spring strips. These lenticulae recede from the axis in rotation, through centrifugal force, and rub against the polished conical inner wall of the small bell metal can eta. It is precisely this friction which produces the uniformity of movement of the clock. According to the more or less elevated position of the balance the friction of the weights changes due to the conical form of the can eta.

The drive train ϵ [epsilon] has a double aim:

1. to transmit the movement of the clock to the worm which acts on the hour circle;
2. to overcome the resistance which the worm experiences in producing movement of the hour circle.

It is composed of a horizontal axle which carries two sprockets and a pulley with spikes on which a weight θ [theta] of 41.3 pounds is suspended by an endless cord which is tensioned by the small weight iota of 8.5 pounds. The weight θ tends to produce rotation of the drive train, and as this communicates with the gear on the arbor of the worm of the circle, the same weight θ tends to produce a movement of the hour circle. The radius of the pulley of the cord being 1.46 inches, and that of the sprocket which transmits the motion 3.70 inches, it follows that the force exercised at the periphery of the gear is 6.5 pounds; a force which suffices to overcome the resistance. In that state, the clock produces the motion, in transmitting the rotation of the crown gear which engages the pinion of the balance, of a worm with double, oblique threads. This worm engages the rear sprocket of the drive train, with oblique teeth, while the sprocket

190

in front, with spur teeth and seated on the same axis, engages the gear of the worm of the circle. This gear is seated on the cylindrical arbor of the worm by means of a bushing which can slide along the cylinder in such a way that sometimes it communicates its movement to the worm and sometimes it turns on the arbor without that participating in the motion. This is because the gear has a conical hollow in which a concentric cone fixed to the arbor of the worm is seated. By this union the gear and the cone form a single piece through the adhesion of the contacting surfaces. A lever seated on the body of the bed then serves to move the gear along the arbor and thus to destroy the union with the cone according to the observer's wishes. For that end, two cords are attached to the lever which reach to the observer's chair. If he pulls the cord kappa, the gear pushed by a spring seats on the cone and the clock acts on the worm of the circle. On the contrary, if he pulls on the cord lambda, the gear is separated from the cone and the action of the spring is stopped. In the latter case the

clock continues its motion, only turning on the arbor of the worm, and the astronomer then produces motion of the hour axis in the two opposing directions by means of the rod μ [mu]. One easily recognizes all the advantages of this simple and ingenious arrangement when he acts to place a micrometer wire exactly on a star through movement in the sense of right ascension; the action of the clock also being prompt and regular the instant one pulls the cord kappa.

The speed of the clock can be modified at will by means of an eccentric cam visible in gamma, above the key which winds the clock. This cam raises and lowers the pivot of the balance.

The rods for micrometric motion

Plate XVII shows us, from the east side of the pier, 7 iron rods suspended horizontally on hooks which come out from the lining of the wall.

Two of these rods end in padded [?] hooks and serve to execute gross movements in the case that the levers of the tube are raised too far above the floor to reach by hand.

Three of the rods pertain to movement of the worm of the hour circle, two for the adjusting screw in declination. These rods are of different lengths according to the use. The rod which is in place at the instrument rests on an upright with hooks, supported by a tripod D. Inside the upright is a copper stick which terminates above in a bent over crescent on which to place the rod in case the telescope is pointed at very low stars. The height of the stick may be changed at will.

The joining of a rod with the arbor of whatever screw is to be moved is made with a Hooke's joint which allows motion of the screw to be produced even in the case of a right angle between

191

the directions of the rod and the screw, and even beyond that angle. The drawing indicate how the joint is placed and supported fro the movement of the hour circle. As for the rods which apply to the arbor of the screw for motion in declination, we have already indicated, p.186 and p.188., that we make no use of them.

Details relative to motion of the hour axis.

To make more intelligible that which we have said in the articles which treat the movement of the hour axis, we add plate XXXV.B., which represents in a scale three times as large; or of a quarter of the natural size:

fig. 1. the end of the hour axis with the clock, viewed from the east,

fig. 2. the same parts viewed from the south side

fig. 3. a horizontal section of the centrifugal balance of the clock.

It would be superfluous to give an explanation of this plate, the drawing speaking for itself. I restrict myself then to a few particular indications.

- 1) the ring a, with the two wheels b, which serves to pull the hour axis against the lower half of the lower bearing c, is tensioned by a strip of steel d the ends of which are gripped by two frames z, fixed to the vertical wall of the bed. The tension is produced and regulated by the screw e which crosses the middle of the strip.
- 2) The Hooke's joint is represented in f. It is held up by the support g, which communicates with the fixed arm h by means of a vertical pivot. The piece g turns on this pivot but it is fixed by the screw as soon as it is in a suitable direction, that is one where the arbor of the joint makes two equal angles, on one side with the arbor of the worm, on the other with the direction of the rod μ which extends toward the place of the observer. One sees, fig. 2., the corresponding arm h' which serves to fix the support g if the joint is at the west side at the other end of the worm at l.
- 3) m is the lever which produces the separation between the gear o and the cone n seated on the arbor of the worm. The lever carries a small wheel at the lower end. One sees that in pulling the cord lambda the small notches of the second arm rho of the lever catch on a sharp plate of the lever holder. In that state, the gear o is separated from the cone n but it always turns with the train of the clock as the small wheel poses no obstacle to motion. The second cord kappa frees the arm rho from its hook; and in that state the spring p, in the form of a cross, immediately produces the required reunion of the gear o with the cone.
- 4) By means of the large steel screw q one can raise and lower the hour axis ever so little to produce the most perfect engagement of the threads r of the worm with the grooves of the hour circle.
- 5) The large screw g bears directly on the bell metal plate t, the upper surface of which opposes the convex end of the hour axis. This plate ends in a small chamber full of oil which preserves the end of the axis from dust and rust. Oil is put in by a small opening in the upper face of the plate which is closed by the screw u.
- 6) In figure 3 one sees the centrifugal balance. The beam nu is brass and has two small arms against which the two steel spring strips omega are fixed which carry the two lenticular copper weights. Adjustment of the position of the weights is made by means of two screws which act between each strip and the corresponding arm.

PULKOVO.TXT

Edward P. Wallner
epwallnr@world.std.com
1998 SEP 07

Molesworth's Pocket Book of Engineering Formulæ, 1871

Prussian foot = 12.36 English inches

Russian " = 13.75 " "

Prussian pound = 1.031 English pounds

Russian " = 0.903 English pounds

vis de rappel	adjusting screw ?
battant	cantilevered ?
rouage de transport	drive train ?
roue de champ	crown gear ?
à bourrelets	padded