

Objektyp: **Issue**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **62 (2004)**

Heft 322

PDF erstellt am: **24.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

322

3 2004

Zeitschrift für
Amateur-Astronomie
Revue des
astronomes amateurs
Rivista degli
astronomi amatori
ISSN 0030-557 X

ORION

The logo for SAGS (Societas Astronomarum Germanarum) is located at the bottom right of the page. It consists of the letters 'S', 'A', 'G', and 'S' stacked vertically in a bold, yellow, sans-serif font. To the right of the letters is a small, stylized globe of the Earth, showing blue oceans and white clouds.

LX200GPS

OPTISCHE UND MECHANISCHE SPITZENQUALITÄT

Meade Ultra High Transmission Coatings (UHTC-Vergütung): Alle neuen LX200GPS werden in Europa bereits mit dieser neuen Vergütung ausgeliefert. Die UHTC-Vergütung erhöht die Bildhelligkeit um etwa 20% über das visuelle Spektrum.

EXCLUSIV BEI MEADE

Optisches System: Meade benutzt Klarglas („Water White Glass“) in allen 8“, 10“, 12“ und 14“ Schmidt-Cassegrain Korrektionsplatten, um die Lichttransmission zu maximieren. Im Vergleich zu grünlichem Glas ergibt das eine um ca. 10% höhere Transmission.

EXCLUSIV BEI MEADE

„Zero-Image-Shift“ Mikrofokussierer: Präziseste Fokussierung auf mikroskopischem Niveau. Der Mikrofokussierer lässt sich über die Autostar-II Handbox mit 4 Geschwindigkeiten motorisch steuern.

EXCLUSIV BEI MEADE

Hauptspiegel-Fixierung: Stellt den Hauptspiegel nach der Grobfokussierung fest und sichert ihn während der Langzeit-Astrofotografie.

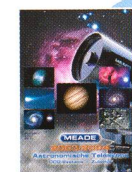
EXCLUSIV BEI MEADE

Smart-Drive: Permanente Korrektur des periodischen Schneckenfehlers in beiden Achsen. Der Schneckenfehler wird während einer oder mehrerer Trainingsdurchläufe gemessen und herausgemittelt, sodass bei der Langzeit-Astrofotografie nur mehr minimale Korrekturen erforderlich sind. Der Smart Drive funktioniert sowohl im azimutalen als auch im parallaktischen Modus in beiden Achsen.

EXCLUSIV BEI MEADE

Meade Autostar-II Handbox mit „Hot Keys“ zum schnellen Zugriff auf jedes beliebige der gespeicherten 145.000 Objekte. Software- und Daten-Updates sind frei im Internet verfügbar und können in den Autostar geladen werden..

EXCLUSIV BEI MEADE



Aktueller 2003/04 Meade Hauptkatalog.

Fordern Sie noch heute per Fax, Brief oder telefonisch ihr kostenloses Exemplar an.

16-Kanal GPS Präzisions-Ausrichtung mit „true-level“-Sensor: Übergibt automatisch die korrekte Zeit, Datum und die geographische Position an den Autostar, um das LX200GPS schnell, einfach und genau auszurichten.

EXCLUSIV BEI MEADE

Übergroßer Hauptspiegel: Hauptspiegel-Durchmesser größer als die Nenn-Öffnung (zB. beim 8“ LX200: Öffnung = 203,2mm, Hauptspiegel-Ø = 209,6mm) resultieren in signifikant größeren voll ausgeleuchteten Bildfeldern, als dies mit Hauptspiegeln möglich wäre, die gleich groß wie die Eintrittsöffnung sind. Im Ergebnis besitzen Meade Schmidt-Cassegrains deshalb bei vergleichbarer Eintrittsöffnung hellere außersaxiale Bildausleuchtung als solche Systeme mit nicht-überdimensionierten Hauptspiegeln.

EXCLUSIV BEI MEADE



Die neue Meade Autostar-Suite™

- **LPI Mond- und Planetenkamera:** einfach zu benutzen und liefert umwerfende Ergebnisse. Entgegen der sofortigen Bildkompression in einer Webcam bereits vor dem Download ist beim LPI Dank des Erhalts der vollen Bilddaten in der Kamera das Bild knackscharf!

EXCLUSIV BEI MEADE

- **LPI Software:** Speziell für die LPI entwickelt, mit MagicEye Fokussieralgorithmus und automatischer Auswahl und Kombination der besten Bilder zu einem Gesamtbild.

EXCLUSIV BEI MEADE

- **Bildverarbeitung:** Steht als zusätzliche Möglichkeit innerhalb der Software zur Verfügung.

EXCLUSIV BEI MEADE

- **Planetariums-Software:** Mit über 19 Millionen Objekten, aus denen eigene Beobachtungslisten zusammengestellt werden können. Die Software ermöglicht auch die Fernsteuerung eines Teleskops vom PC aus.

EXCLUSIV BEI MEADE

Smart-Mount: Verbessert permanent die Positioniergenauigkeit des LX200GPS während der Beobachtung, sowohl im azimutalen als auch im parallaktischen Modus. Kann für ältere LX200GPS-Modelle als Upgrade über den Fachhandel nachgerüstet werden.

EXCLUSIV BEI MEADE

Abbildung: Meade 14“ LX200GPS Schmidt-Cassegrain-Teleskop.

Jetzt mit reduzierten Preisen!!

7" MAK	6.100,- sFr.*
8" SC	4.990,- sFr.*
10" SC	5.955,- sFr.*
12" SC	8.040,- sFr.*
14" SC	11.320,- sFr.*

* Alle Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen

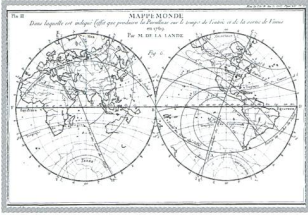


ADVANCED PRODUCTS DIVISION

Meade Instruments Europe

D-46325 Borken/Westf. • Siemensstr. 6 • Tel. 0049 28 61 93 17 50
 Fax 0049 28 61 22 94 • Internet: www.meade.de
 E-mail: info.apd@meade.de

MEADE und M-Logo sind eingetragene Warenzeichen der Meade Instruments Corporation. © USA und ausgewählte Länder. © 2004 Meade Instruments Corp. Alle Rechte vorbehalten. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Hergestellt unter den US-Patenten Nr. 6.304.376 und 6.392.799; weitere Patente in den USA und anderen Ländern angemeldet.



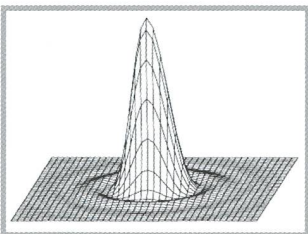
Die Bestimmung der Sonnenparallaxe aus den Venus-Transit im 18. Jahrhundert - 4



L'Observatoire Astronomique de Strasbourg et son histoire multinationale (4) - 21



L'Univers, dis-moi ce que c'est? - 27



Mesures photométriques d'étoiles variables diverses 1^{re} partie - 32

Geschichte der Astronomie - Histoire de l'astronomie

- Die Bestimmung der Sonnen-Parallaxe aus den Venus-Transits im 18. Jahrhundert** - ANDREAS VERDUN **4**
- L'Observatoire Astronomique de Strasbourg et son histoire multinationale** - Quatrième partie - ANDRÉ HECK **21**

Grundlagen - Notions fondamentales

- L'Univers, dis-moi ce que c'est?** - FABIO BARBLAN **27**
 Episode 22: La matière interstellaire, 3^e partie
- Mesures photométriques d'étoiles variables diverses**
 Développement théorique et premières interprétations - LOREN COQUILLE **32**
 Première partie - Travail de maturité - Introduction générale sur les étoiles variables

Beobachtungen - Observations

- Venus und Mond im Orion**
eine extreme Abweichung von der Ekliptik - CHRISTIAN SAUTER **39**
- NGC 5194 (M 51) Galaxie spirale des Chiens de Chasse**
 NICOLAS WAELCHLI, YVES REVAZ **40**

Der Aktuelle Sternenhimmel - Le ciel actuel

- Planeten am Abendhimmel ziehen sich zurück** - THOMAS BAER **41**
- Komet NEAT – eher bescheiden** - THOMAS BAER **41**

Weitere Rubriken - Autres rubriques

- Veranstaltungskalender / Calendrier des activités** **42**
- Swiss Wolf Numbers 2004** - MARCEL BISEGGER **42**
- Buchbesprechungen / Bibliographies** **45**
- Impressum Orion** **46**
- Inserenten / Annonceurs** **46**

Abonnemente / Abonnements

Zentralsekretariat SAG
 Secrétariat central SAS
 SUE KERNEN, Gristenbühl 13,
 CH-9315 Neukirch (Egnach)
 Tel. 071/477 17 43
 E-mail: sag.orion@bluewin.ch

Titelbild / Photo couverture

Mondhalo mit Jupiter. Aufgenommen am 4. März 2004 auf der kanarischen Insel La Palma mit einer Canon 10 D Kamera mit Sigma 14mm Objektiv, Piggybacked auf's Teleskop Set-up auf einer EQ-5 Montierung.
 (Foto: STEPHAN GLUTZ, Ziegelhüttenweg, CH-4469 Anwil)

Originalbild 90° nach Links gedreht / Sens de l'image: tourner de 90° sur la gauche

Redaktionsschluss / Délai rédactionnel N° 323 - 14.6.2004 • N° 324 - 12.8.2004

Die Bestimmung der Sonnen-Parallaxe aus den Venus-Transits im 18. Jahrhundert

ANDREAS VERDUN

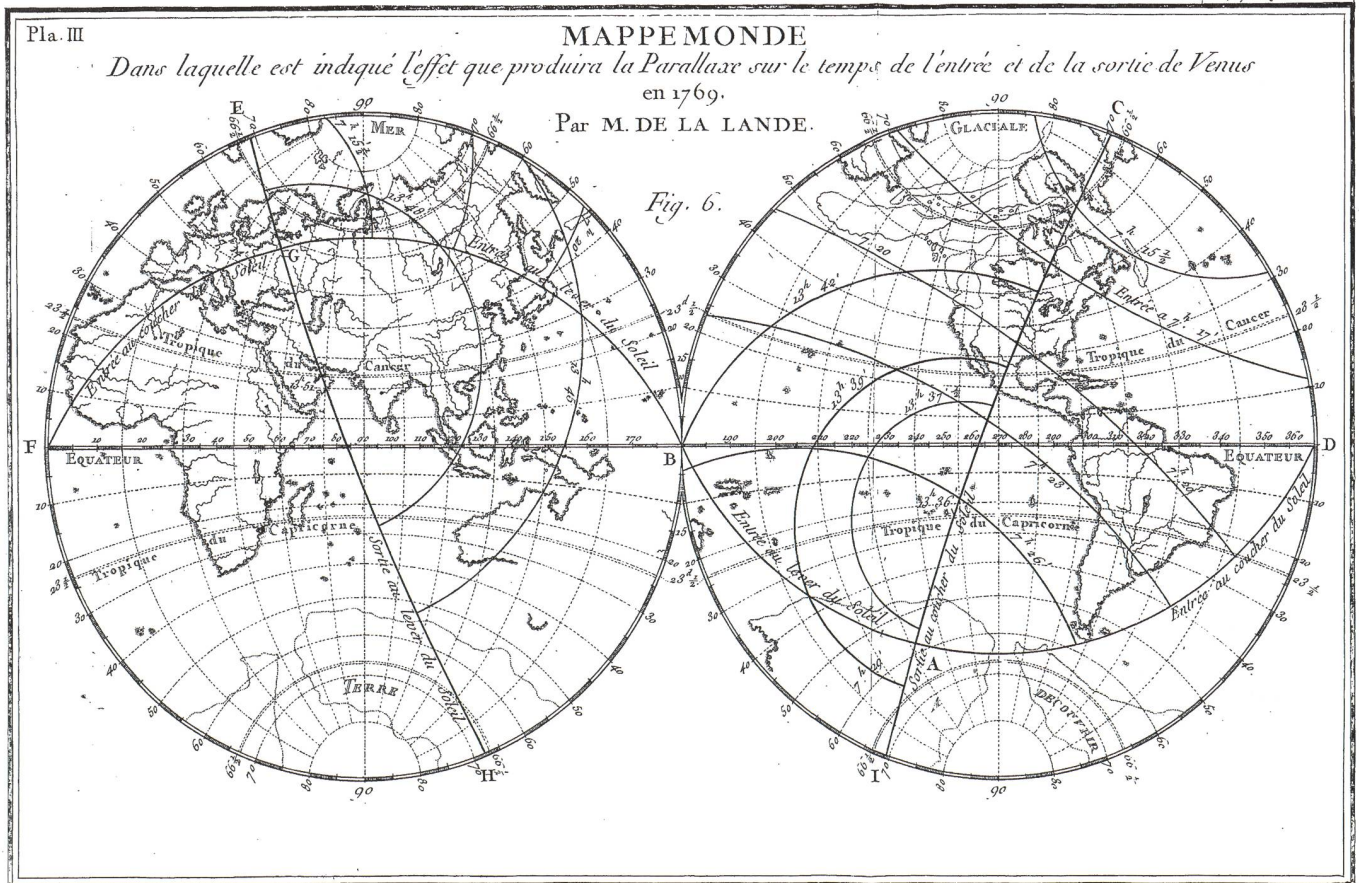
Die Venus-Transits von 1761 und 1769 gaben Anlass zu den ersten globalen Beobachtungs-Kampagnen mit internationaler Beteiligung. Es wurden enorme Anstrengungen von bisher unvergleichlichem Umfang unternommen, um verschiedene Expeditionen in die entlegensten und damals zum Teil noch unbekanntesten Gebiete der Erde zu entsenden mit dem Auftrag, die Kontaktzeiten der Venus-Durchgänge zu messen. Der Grund für diesen immensen Aufwand bestand darin, den Wert für die Sonnenparallaxe mit hoher Genauigkeit ermitteln zu können. Dies hatte nicht nur wissenschaftliche Bedeutung, sondern man erhoffte sich u.a. auch Verbesserungen in der Navigation oder in der Chronologie. Die Ausbeute bestand aus Hunderten von Einzelmessungen, aus denen die Sonnenparallaxe bestimmt werden sollte. Die Astronomen standen damit aber vor einem neuartigen und schier unlöslichen Problem: Wie können Parameter aus einer redundanten Datenmenge geschätzt werden? Wie konnte insbesondere die Sonnenparallaxe nach EDMOND HALLEYS Anforderung mit einer Genauigkeit von 0.02" bestimmt werden? Nur Wenige stellten sich dieser Herausforderung, doch ohne geeignete Auswerte-Methoden war dies ein fast aussichtsloses Unterfangen. Solche Parameterbestimmungs-Methoden mussten erst noch entwickelt werden. Zwei Auswertungen kamen den modernen Methoden jedoch schon sehr nahe und waren daher allen anderen weit überlegen: jene von LEONHARD EULER und ACHILLE-PIERRE DIONIS DU SÉJOUR. Ihre Resultate sowie die Auswertung von SIMON NEWCOMB bestätigen den Erfolg dieser Kampagnen und belegen eindrücklich die wissenschaftliche und historische Bedeutung der von EULER und DUSÉJOUR angewandten Auswerte-Methoden.

HALLEYS Aufruf und «HALLEYS Methode»

Im Jahre 1662 erschien das Buch «Mercurius in Sole visus Anno 1661» [14] von JOHANNES HEVELIUS (1611-1687). Diesem Buch wurde ein Anhang beigegeben, der unter dem Titel «Venus in Sole visa» erstmals die Beobachtung eines Venus-Durchgangs dokumentiert. Es handelt sich um den am 4. Dezember 1639 von JEREMIAH HORROX (1619-1641) und WILLIAM CRABTREE (1620-1652) beobachteten Transit. Nur ein Jahr später erschien die «Optica promota» [8] von JAMES GREGORY (1638-1675). Darin behandelte er zahlreiche astronomische Probleme. Im Problem Nr. 87 beschreibt er, wie aus der Konjunktion zweier Planeten die Parallaxe eines dieser Gestirne bestimmt werden kann. Im Zusatz (Scholium) zu diesem Problem schreibt er, dass es eine interessante Anwendung dazu gäbe: obwohl aufwendig, könne man aus Beobachtungen von Venus- oder Merkur-Durchgängen vor der Sonnenscheibe die Parallaxe der Sonne bestimmen: «Hoc Problema pulcherrimum habet usum, sed forsan laboriosum, in observationibus Veneris, vel Mercurii particulam Solis obscurantis: ex talibus enim solis parallaxis investigari poterit. Hactenus

Fig. 1: Eine «Mappemonde» von 1757 mit den eingezeichneten Sichtbarkeitsgebieten nach LALANDE. (Bild: gallica.bnf.fr)

Man de l'Éc. R. des S. 1757. Page 250. Pl. 25.



Figurum sculp.

*loquuti sumus de parallaxibus respectu globi terrestri: sequuntur quaedam de parallaxibus magni orbis terrae.*¹ Vermutlich geht diese Idee bereits auf JOHANNES KEPLER (1571–1630) zurück.

EDMOND HALLEY (1656–1742) befand sich 1677 auf St. Helena an der Erstellung eines Sternkataloges des südlichen Himmels, als er den Merkur-Durchgang vom 28. Oktober 1677 (a. St.) beobachtete. Aus der gemessenen Dauer des Durchgangs von 5^h 14^m 20^s berechnete er mit Hilfe der astronomischen Tafeln [27] von THOMAS STREETE (1622–1689) die (theoretische) Dauer des Durchgangs bzgl. des Erdzentrums. Aus dem Verhältnis dieser Werte sowie dem den Tafeln zugrunde gelegten Wert für die Sonnenparallaxe bestimmte HALLEY diese zu 45". Er erkannte vermutlich schon damals, dass sich die Sonnenparallaxe besser bestimmen liesse aus dem Vergleich der von verschiedenen, ausgewählten Orten der Erde aus gemessenen Dauern eines Durchgangs der Venus, da deren scheinbare Parallaxe wesentlich grösser ist als jene des Merkur. Er rief deshalb 1694 und 1717 in den Bänden 17 [10] und 29 [11] der *Philosophical Transactions* die kommenden Astronomen-Generationen dazu auf, die Venus-Transits von 1761 und 1769 für die genaue Bestimmung der Sonnenparallaxe zu nutzen. Was HALLEY zur Zeit seiner Aufrufe nicht wissen konnte, war die Tatsache, dass die Entwicklung der theoretischen Astronomie (insbesondere der Himmelsmechanik) bis in die 1760er Jahre durch die Einführung analytischer Methoden derart vorangetrieben werden konnte, dass sich eine genaue Bestimmung der Sonnenparallaxe mehr denn je aufdrängte und dass daher jede Gelegenheit (also auch Merkur-Transits oder Planeten-Konjunktionen) dazu genutzt wurde. Selbstverständlich erhoffte man sich aber durch die Venus-Transits die grössten Erfolge. Insbesondere sollte die Sonnenparallaxe mit Hilfe der Venus-Transits auf 1/500 bzw. auf etwa 0.02" genau bestimmt werden können, wie eine einfache Abschätzung HALLEYS ergab und was die «Methode von HALLEY» zu versprechen vorgab.

Am «ausführlichsten» beschreibt HALLEY seine «Methode» in seinem Aufruf von 1717 [11]. Wer in dieser Abhandlung jedoch die Beschreibung eines konkreten Verfahrens (wie das Wort «Methodus» im Titel seiner Ab-

handlung verspricht) erwartet, mit dem man die Sonnenparallaxe bestimmen kann (so etwa nach dem Rezept: man nehme die Beobachtungen und erhält bei korrekter Anwendung dieser Methode als Resultat die Sonnenparallaxe), der sieht sich leider enttäuscht. HALLEY erklärt zwar, was beobachtet werden muss, nämlich die Dauer eines Durchgangs, gemessen an verschiedenen, sorgfältig ausgewählten Orten auf der Erde, er beschreibt aber nicht oder zumindest nur andeutungsweise, wie diese Beobachtungen durchgeführt und – vor allem – wie sie ausgewertet werden müssen. «*Restat itaque Vene-*

ris transitus per Solis discum, cujus parallaxis quadruplo fere major Solaris, maxime sensibles efficiet differentias, inter spatia temporis quibus Venus Solem perambulare videbitur, in diversis Terrae nostrae regionibus. Ex his autem differentiis debito modo observatis, dico determinari posse Solis parallaxin etiam intra scrupoli secundi exiguam partem. Neque alia instrumenta postulamus praeter Telescopia & Horologia vulgaria sed bona: & in Observatoribus non nisi fides & diligentia, cum modica rerum Astronomicarum peritia desiderantur. Non enim opus est ut Latitudo

Fig. 2: Die Sichtbarkeits-Zonen des Venus-Durchgangs von 1761. (Bild: P. ROCHER, Observatoire de Paris)

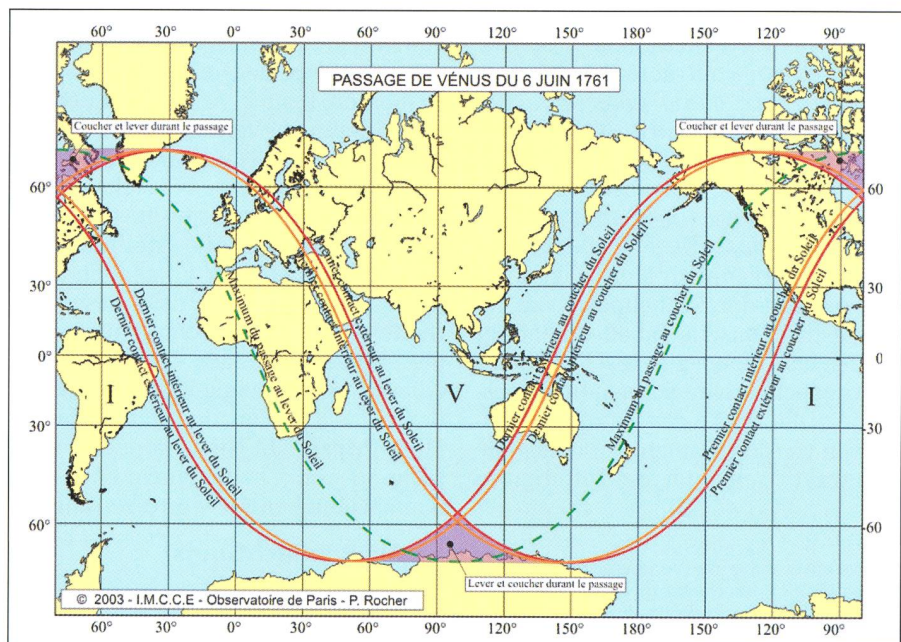
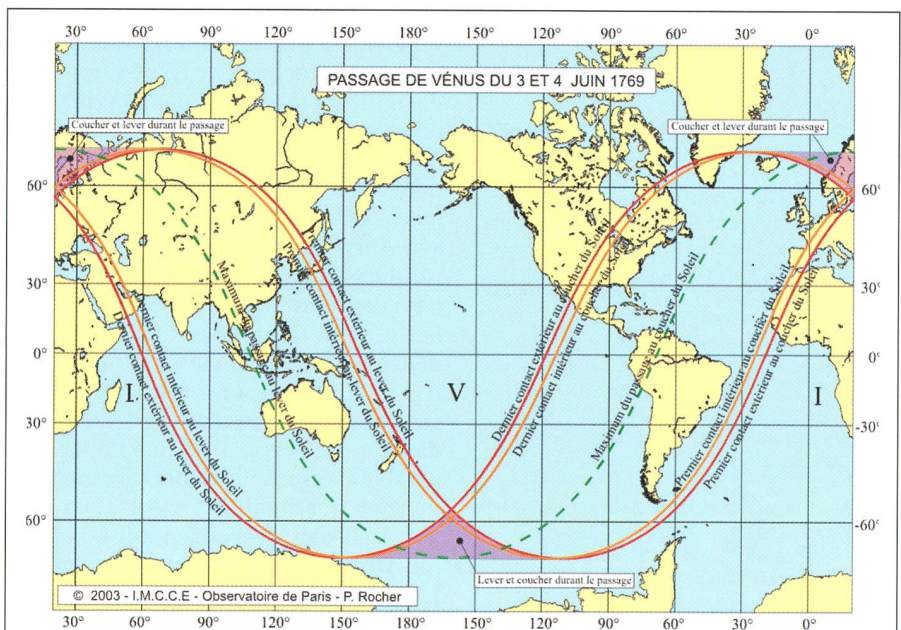


Fig. 3: Die Sichtbarkeits-Zonen des Venus-Durchgangs von 1769. (Bild: P. ROCHER, Observatoire de Paris)



¹ Dieses Problem hat eine sehr schöne, obschon vielleicht aufwendige, Anwendung bestehend aus Beobachtungen von Venus und Merkur, wenn sie einen kleinen Teil der Sonne verdecken; denn mittels solcher Beobachtungen kann die Sonnenparallaxe bestimmt werden...

Transit	Beobachter	Stationen	Nationen	Expeditionen	Refraktoren	Achromate	Reflektoren
1761	> 120	> 62	9 (F)	8	66	3	40
1769	> 151	> 77	8 (GB)	10	> 50	27	49

Tabelle 1: Personeller und instrumenteller Aufwand der Expeditionen anlässlich der Venus-Transits von 1761 und 1769 (Quelle: Woolf [30])

Loci scrupulosè inquiratur, nec ut Horae ipsae respectu meridiani accurate determinantur: sufficit, Horologiis ad Caeli revolutiones probe correctis, si numerentur tempora à totali Ingressu Veneris infra discum Solis, ad principium Egressus ed eodem; cum scilicet primum incipiat Globus Veneris opacus limbum Solis lucidum attingere; quae quidam momenta, propria experientia novi, ad ipsum secundum temporis minutum observari posse»². Er war sich vermutlich der Problematik sehr wohl bewusst, die hinter den Beobachtungs- und Auswerte-Methoden steckt. «Atque ex hac contractione solâ liceat de parallaxi quam quaerimus tutò pronunciare, si modo darentur Solis diameter Venerisque Latitudo in minimis accuratae; quas tamen ad computum postulare, in re tam subtili, haud integrum est.»³ Insbesondere scheint er erkannt zu haben, dass zur Bestimmung der Sonnenparallaxe genaue astronomische Tabellen benötigt werden, aus denen gewisse Parameter (z.B. der scheinbare Sonnendurchmesser oder die Breite der Venus) herausgelesen werden können, mit denen die «Kontraktionen», d.h. die Differenzen

zwischen beobachteten und auf das Erdzentrum reduzierten Durchgangsdauern, berechnet werden können. HALLEY berechnet im Schlussteil seiner Abhandlung mit Hilfe einer Figur die Sichtbarkeit des Venus-Durchganges von 1761 für verschiedene Orte, wobei dieses Verfahren doch sehr ungenau und die Resultate kaum brauchbar waren. Für die Astronomen nach HALLEY waren seine Äusserungen wahrlich nicht besonders hilfreich, weil von einer «Methode» im Sinne eines geeigneten Auswerte-Verfahrens nicht die Rede sein konnte. Und auch die Idee bzw. das Mess-Prinzip, von verschiedenen Orten aus die Durchgangsdauern zu messen, kann in Anbetracht der mit den Messungen verbundenen Schwierigkeiten kaum als «operationelle» Beobachtungs-Methode bezeichnet werden. Gleichwohl wurde dieses Mess-Prinzip allgemein als «Methode von HALLEY» bekannt. Im Folgenden wird unter anderem gezeigt, dass diese «Methode» bei weitem nicht genügte, um die Sonnenparallaxe mit der gewünschten Genauigkeit zu bestimmen, denn das Problem lag gar nicht im Mess-Prinzip an sich, sondern vielmehr in den Unzulänglichkeiten der damals üblichen Auswerte-Verfahren.

wegungen von Sonne und Mond konstruiert, in denen die Sonnenparallaxe bzw. die Distanz zwischen Erde und Sonne (die sog. Astronomische Einheit AE) implizit als wichtige Konstante auftritt. Mit der Kenntnis der AE, ausgedrückt in bekannten Masseinheiten, lassen sich mit dem dritten KEPLERschen Gesetz die Dimensionen des Sonnensystems und somit alle Distanzen festlegen. Genau in dieser «Skalierung» bestand das riesige wissenschaftliche Interesse. Es wurden entsprechend hohe Erwartungen in diese Kampagnen gesteckt. Mit Erfolg und Misserfolg jeder dieser Expeditionen verbunden waren aber nicht nur politisches und wissenschaftliches Prestige, sondern oft tragische Schicksale von Persönlichkeiten, die ihr Leben für diese Missionen hingaben und opferten. Da die Beschreibungen dieser Expeditionen in zahlreichen populären und wissenschaftlichen Original-Berichten sowie einer ausgezeichneten Studie von HARRY WOOLF [30] vorliegen, sollen sie – obwohl historisch höchst interessant (und manchmal tragisch oder amüsant) – hier nicht nochmals geschildert werden. Die Tabelle 1 belegt die für jene Zeit wahrhaftig gigantischen Dimensionen dieser Unternehmungen, zumindest was den personellen und instrumentellen Aufwand betrifft. Schon alleine die Herstellung der benötigten und von zahlreichen Staaten bestellten Instrumente förderte die Entwicklung der Optik-Werkstätten, vor allem in England, erheblich. Der Bedarf konnte kaum gedeckt werden. Auffallend ist die enorme Zunahme der achromatischen Teleskope, die für den Transit von 1769 eingesetzt wurden.

Während die Expeditionen für den Transit von 1761 noch vorwiegend von Frankreich dominiert wurden, war Grossbritannien die führende Nation bei den Expeditionen für den Transit von 1769. Motor und Organisator (sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene) war JOSEPH NICOLAS DELISLE (1688-1768). Er knüpfte die Beziehungen, welche für eine internationale Zusammenarbeit unerlässlich sind, er berechnete geeignete Beobachtungsorte und publizierte als erster eine sog. *Mappemonde*, auf der die Sichtbarkeitsgrenzen schnell und einfach herausgelesen werden konnten, und auf ihn geht offenbar ein Mess-Prinzip zurück, das unter der Bezeichnung «Methode von DELISLE» bekannt wurde

² Es verbleibt daher der Vorübergang der Venus über die Sonnenscheibe, deren Parallaxe, die beinahe viermal grösser ist als jene der Sonne, deutlich messbare Unterschiede in den Zeitintervallen verursachen wird, in welchen die Venus in verschiedenen Teilen unserer Erde die Sonnenscheibe scheinbar überquert wird. Aus diesen genau beobachteten Unterschieden kann die Sonnenparallaxe sogar auf einen kleinen Bruchteil einer Sekunde genau bestimmt werden; und dies ohne andere Instrumente als Teleskope und gute, gewöhnliche Uhren; und ohne weitere Fähigkeiten des Beobachters als Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt sowie etwas Übung in Astronomie. Denn wir müssen uns nicht kümmern um die genaue Bestimmung der Breite des Ortes oder um die präzise Bestimmung der Stunden bezüglich des Meridians; es genügt, dass die Zeitpunkte des vollständigen Eintritts der Venus in die Sonnenscheibe und des Beginns ihres Austritts aus dieser, wenn ihre dunkle Kugel den hellen Sonnenrand zu berühren beginnt, festgehalten werden mit Uhren, die entsprechend dem Umlauf des Himmels gerichtet wurden. Diese Zeitpunkte können, wie ich aus Erfahrung weiss, sogar auf eine einzige Zeitsekunde genau beobachtet werden.

³ Und aus dieser Kontraktion allein können wir die Parallaxe sicher bestimmen, vorausgesetzt, der Durchmesser der Sonne und die Breite der Venus sind sehr genau gegeben, was wir möglicherweise jedoch nicht auf solch hohe Genauigkeit berechnen können.

Die Beobachtungs-Kampagnen

Die Venus-Transits von 1761 und 1769 gaben Anlass zu den ersten globalen Beobachtungs-Kampagnen mit internationaler Beteiligung. Es wurden enorme Anstrengungen von bislang unvergleichlichem Umfang unternommen, um verschiedene Expeditionen in die entlegendsten und damals zum Teil noch unbekanntesten Gebiete der Erde zu entsenden mit dem Auftrag, die Kontaktzeiten der Venus-Durchgänge zu messen. Der Grund für diesen immensen Aufwand bestand darin, den Wert für die Sonnenparallaxe mit hoher Genauigkeit ermitteln zu können. Dies hatte nicht nur wissenschaftliche Bedeutung, sondern man erhoffte sich u.a. auch Verbesserungen in der Navigation. Das hatte damit zu tun, dass damals die Navigation auf hoher See mit der Messung von Mondstrecken zu Sternen durchgeführt wurde. Der Vergleich dieser Messungen mit tabellierten Werten lieferte die geographische Länge. Die astronomischen Tabellen wurden aber mit Theorien über die Be-



Fig. 4: Die Standorte der Beobachtungsstationen für den Venus-Transit von 1761.
(Bild: F. MIGNARD, Observatoire de la Côte d'Azur)

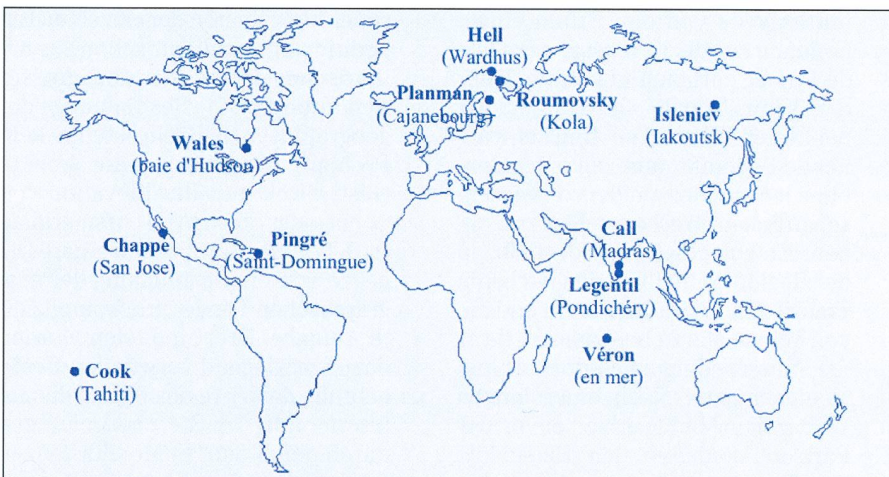


Fig. 5: Die Standorte der Beobachtungsstationen für den Venus-Transit von 1769.
(Bild: F. MIGNARD, Observatoire de la Côte d'Azur)

und eine Alternative zu jenem von HALLEY darstellte. DELISLE erkannte, dass HALLEYS Mess-Prinzip einen schwerwiegenden Nachteil aufwies. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Station den ganzen Durchgang beobachten konnte, war wegen der Witterung gering. Falls neben den Kontaktzeiten und den geographischen Breiten auch die geographischen Längen der jeweiligen Beobachtungsstationen bestimmt würden, könnten auch *einzelne* Kontaktzeit-Messungen verschiedener Stationen, so DELISLE, verarbeitet werden. Von dieser Methode wurde ausgiebig Gebrauch gemacht, und die Expeditionen wurden beauftragt, neben den Kontaktzeiten unbedingt auch die geographische Position ihrer Beobachtungsstation mit grösstmöglicher Genauigkeit zu bestimmen. Sowohl die Expeditionsteilnehmer und Beobachter als auch die Auswerter der Beobachtungen standen damit aber vor gewaltigen Problemen:

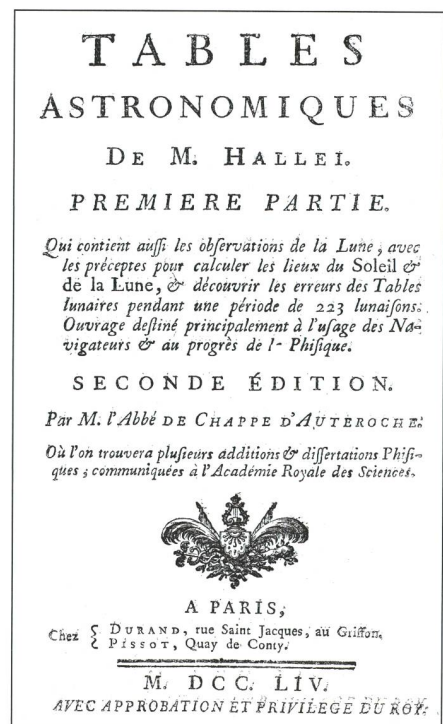
1. *Berechnung und Auswahl der bestmöglichen Beobachtungs-Standorte.* Voraussetzung zur Berechnung möglicher Beobachtungs-Standorte

waren genaue astronomische Tafeln, mit denen die Elemente des Transits berechnet und daraus die Sichtbarkeitsgebiete auf der Erde bestimmt werden konnten. Da diese Aufgabe damals rechnerisch anspruchsvoll war, löste man sie oft mit graphischen Methoden. Ein solches Verfahren zur Herstellung einer «Mappemonde» (Fig. 1) beschrieb z.B. JOSEPH JÉRÔME LE FRANÇOIS DE LALANDE (1732-1807) in seiner «Astronomie» [18], dem besten Lehrbuch, das damals zur Verfügung stand und das drei Auflagen, 1764, 1771 und 1792 erlebte. Es entspricht einem damals gängigen Prozedere, mit dem man die Sichtbarkeitsgrenzen für Sonnen- und Mond-Finsternisse bestimmte. Für den heutigen Mittel-schulunterricht in Geometrie, Darstellender Geometrie, Mathematik oder Astronomie wäre es eine interessante und äusserst lehrreiche Aufgabe, dieses Konstruktions-Verfahren einmal im Detail nachzuvollziehen. Bei der Auswahl der Beobach-

tungs-Orte musste einerseits darauf geachtet werden, dass von ihnen aus möglichst der ganze Durchgang beobachtet werden konnte, und andererseits, dass sie in einem Gebiet lagen, dessen Klima und Witterungsverhältnisse eine erfolgreiche Beobachtung überhaupt zulieess. Hinsichtlich dieser Randbedingungen war es sicher nicht einfach, die Expeditions-Ziele derart festzulegen, dass sie sowohl innerhalb der Sichtbarkeitszonen lagen als auch optimal über den Globus verteilt waren. Die Figuren 2 und 3 zeigen die globalen Sichtbarkeits-Gebiete der Transits von 1761 und 1769, die Figuren 4 und 5 die Stationen, von denen aus tatsächlich beobachtet wurde.

2. *Berechnung genauer astronomischer Tafeln.* Solche Tafeln benötigte man nicht nur zur Zeichnung einer Mappemonde, sondern vor allem zur Berechnung der Observablen (Dauer des Transits, Kontaktzeiten) für einen bestimmten Ort auf der Erde oder für das Erdzentrum, auf den bzw. auf das die Beobachtungen reduziert oder mit denen sie verglichen werden sollten. Das Problem bestand nun darin, dass zur Berechnung solcher Tafeln die Sonnenparallaxe a priori bekannt sein sollte. Man musste also einen Wert für die Sonnenparallaxe annehmen, und mit Hilfe eines himmelsmechanischen Modells (Stichwort: Störungstheorie)

Fig. 6: Titelseite der astronomischen Tafeln von HALLEY, aktualisiert von CHAPPE D'AUTEROCHÉ und LALANDE [12]. (Bild: A. VERDUN)



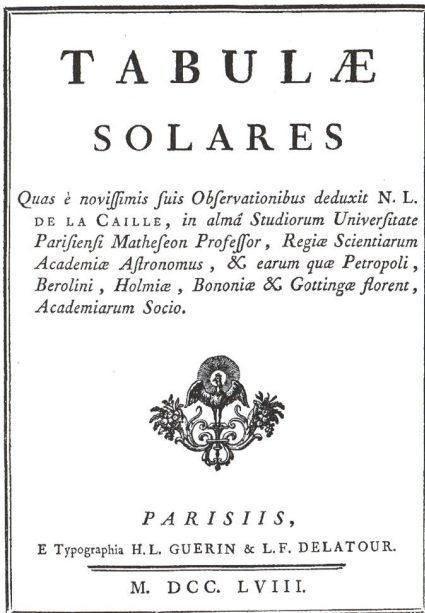


Fig. 7: Titelseite der Sonnen-Tafeln von LACAILLE [17]. (Bild: A. VERDUN)

liessen sich dann die benötigten Bahnelemente der Planeten berechnen. Aber nicht nur die Sonnenparallaxe, sondern eine ganze Reihe sogenannter *astronomischer Konstanten* bildeten, zusammen mit dem Modell, die Grundlage zur Berechnung astronomischer Tafeln. Ungenauigkeiten in diesen Konstanten wirkten sich sogleich negativ auf die Genauigkeit der aus den Tafeln zu ermittelnden Elemente aus. Die wichtigsten astronomischen Tafeln, die damals zur Verfügung standen, waren die Planeten-Tafeln [12] von HALLEY (aktualisiert und herausgegeben von CHAPPE D'AUTEROCHE und LALANDE, Fig. 6) sowie die Sonnen-Tafeln [17] von NICOLAS LOUIS DE LACAILLE (1713-1762) (Fig. 7). Die Tafeln mussten laufend auf den neuesten Stand gebracht werden. Die im Vorfeld der Venus-Transits beobachteten Merkur-Transits boten eine willkommene Gelegenheit, an den bestehenden Tafeln «zu schrauben» und diese zu verbessern, was für die Prädiktion und Beobachtung der bevorstehenden Venus-Transits entscheidend war. Die Tafeln hatten aber auch noch eine andere, ebenso wichtige Funktion. Sie lieferten nämlich die Näherungswerte für die Auswerte-Verfahren.

3. *Durchführung der Expeditionen.* Die in diesem Zusammenhang stehenden Probleme wurden durch WOOLF [30] eindrücklich geschildert und sollen hier nicht noch einmal beschrieben werden. Es sei aber darauf hingewiesen, dass sich just zur Zeit der 1760er Transits Frankreich und England im Krieg befanden, was

die Situation der an sich schon schwierigen Expeditionen nicht vereinfachte. Im Gegenteil: Eine der tragischsten Figuren beider Transits, der Franzose mit dem wohlklingenden Namen GUILLAUME-JOSEPH-HYACINTHE-JEAN-BAPTISTE LE GENTIL DE LA GALAISIERE (1725-1792) bekam die Umstände der Kriegswirren und der Witterung am deutlichsten zu spüren. Er wurde am 16. März 1760 auf die Reise nach der französischen Kolonie in Pondichéry geschickt. Kurz vor dem Ziel wurde sein Schiff auf Isle de France durch einen Hurricane stark beschädigt. Er musste das Schiff samt Ausrüstung wechseln, geriet wiederum in extrem schlechtes Wetter, und erfuhr in der Nähe der Küste von Malabar, dass Pondichéry mittlerweile von den Briten eingenommen wurde. Er musste nach Isle de France zurück und konnte daher den Venus-Transit am 6. Juni 1761 bei bestem Wetter nur vom schwankenden Schiff aus mitverfolgen, ohne jedoch Messungen von wissenschaftlichem Wert anstellen zu können. Er entschied sich deshalb, in der Region zu bleiben, den nächsten Transit von 1769 abzuwarten und ihn von Manila aus zu beobachten, da er die Wetterbedingungen dort als ideal einschätzte. Nach einer langen Wartezeit in Manila erhielt er von der Pariser Akademie den Ratschlag, den Durchgang doch von Pondichéry aus, mit Sonderbewilligung der Engländer, zu beobachten. Er folgte der Autorität LALANDE's und bereitete sich in Pondichéry auf den Transit vor. Das Wetter war hervorragend, doch kurz vor dem Durchgang bedeckte sich der Himmel und riss erst wieder auf, nachdem der Transit vorüber war. Auf der Rückreise nach Frankreich erfuhr LE GENTIL, dass auf Manila ausgezeichnetes Wetter geherrscht hätte. Als er nach 11 Jahren, 6 Monaten und 13 Tagen endlich wieder in Paris ankam, sah er sich mit der Tatsache konfrontiert, dass man sein Hab und Gut verteilt hatte im Glauben, er habe die Expedition nicht überlebt. Ein sogar finales Schicksal ereilte 1769 in Kalifornien JEAN CHAPPE D'AUTE-ROCHE (1722-1769), dessen gesamtes Expeditions-Team an einer Epidemie erkrankte und woran alle Teilnehmer starben, ausser einem, dem es noch gelang, die wertvollen Beobachtungen nach Europa zu bringen. Es lohnt sich, die Details der Expeditionen dieser Beobachter nachzulesen, um andeutungsweise zu verstehen, wie bedeutungsvoll die Bestimmung der Son-

nenparallaxe für die damalige Zeit gewesen sein musste, dass Menschen bereit waren, derartige Strapazen auf sich zu nehmen und ihr Leben ganz in den Dienst der Wissenschaft zu stellen.

4. *Bestimmung der geographischen Längen der Beobachtungsstationen und Durchführung von Kalibrierungsmessungen.* Schon vor Beginn der Expeditionen war klar, dass der Erfolg nicht zuletzt auch von der genauen Bestimmung der geographischen Längen der jeweiligen Beobachtungsstationen abhing. Eine astronomische Orts-Bestimmung wurde daher in fast allen Stationen durchgeführt, auch in jenen, welche den ganzen Durchgang beobachten konnten. Die Ermittlung geographischer Koordinaten der einzelnen Expeditionen war alleine schon aus militärischen Interessen von grosser Bedeutung. Die Bestimmung der geographischen Breite stellte kein Problem dar, denn diese konnte (fast) direkt aus der Elevation von Sonne oder Sternen im Ortsmeridian (z.B. Polhöhe) ermittelt werden. Dagegen war die Bestimmung der geographischen Länge eine komplizierte Aufgabe. Drei Methoden wurden dazu vorwiegend verwendet: Beobachtung der a) Verfinsterung der Jupitermonde, b) Sternbedeckungen durch den Mond, c) Mondstrecken (ekliptikale oder äquatoriale Winkelabstände) zu Sternen. Der Unterschied zwischen den gemessenen Zeitpunkten dieser Ereignisse und den aus astronomischen Tabellen berechneten und auf den Meridian von Paris oder Greenwich bezogenen Zeitpunkten lieferte die Länge des Beobachtungsortes. Auch bei diesen Verfahren hing die Genauigkeit der Positionsbestimmung einerseits von der Qualität der Tafelwerke, d.h. von der den Tafeln zu Grunde gelegten Mondtheorie, und andererseits von der Kalibrierung der mitgeführten Uhren ab. Diese Uhren, meist Pendeluhrn oder Marine-Chronometer, mussten mit astronomischen Beobachtungen täglich auf den lokalen Meridian justiert und deren täglicher Gang bestimmt werden: Eine nicht-triviale Aufgabe angesichts der z.T. widrigen Umstände, unter denen die Messungen (bei Tag und bei Nacht) vorgenommen werden mussten und angesichts der Tatsache, dass einige Uhren lange, strapaziöse Seereisen hinter sich hatten, die sich nicht besonders vorteilhaft auf das Material und auf die Konstruktion der Uhren auswirkten.

5. *Beobachtung der Kontaktzeiten.* Die eigentliche Messung der Kontaktzeiten erforderte mindestens zwei Personen: eine am Teleskop, welche die Phasen des Durchgangs beobachtete, und eine an der Uhr, welche die Zeit ablas und notierte. Meistens wurde das Beobachtungsprotokoll aber von einer dritten Person geführt. Vor den Expeditionen wurden sogar «Empfehlungen» herausgegeben, was gemessen werden muss und wie die Messungen durchgeführt werden sollten. Dies stellte somit eine der frühesten Bemühungen dar, um Beobachtungsmethoden zu standardisieren. Obwohl diese «Regeln» oder «Empfehlungen» vermutlich meist nicht eingehalten werden konnten, wurde die Weiterentwicklung dieser Idee zu einer der wichtigsten Voraussetzungen für die zentrale Verarbeitung astronomischer Daten unterschiedlicher Provenienz. Gerade bei der Beobachtung der Venus-Transits sollte sich dieser Aspekt für die «herkömmliche» Auswertung als entscheidender Punkt herausstellen, denn offenbar gab es die unterschiedlichsten Auffassungen bei der Messung der Kontaktzeiten, die einerseits durch das sog. Tropfen-Phänomen verursacht und andererseits durch die individuell verschiedene Wahrnehmung geprägt waren. In Tabelle 2 sind die Kontaktzeiten, der Zeitpunkt der Konjunktion sowie der kleinste Winkelabstand zwischen Venus- und Sonnenscheibe dieser Transits zusammengestellt.

6. *Entwicklung geeigneter Auswertemethoden und Reduktion der Beobachtungen.* Wie oben bereits angedeutet, stellte sich im Nachhinein nicht so sehr die Qualität der Beobachtungen und Zeitmessungen als entscheidender Faktor bei der Bestimmung der Sonnenparallaxe heraus, sondern vielmehr die angewandten Methoden, mit denen die Daten ausgewertet bzw. die Beobachtungen reduziert wurden. Die Ausbeute aller Mess-Stationen bestand immerhin aus Hunderten von Einzelmessungen, aus denen die Sonnenparallaxe bestimmt werden sollte. Die Astronomen standen damit aber vor einem neuartigen und schier unlösbaren Problem: Wie können Parameter aus einer redundanten Datenmenge geschätzt werden? Wie konnte insbesondere die Sonnenparallaxe nach HALLEYS Abschätzung mit einer Genauigkeit von

0.02" bestimmt werden? Nur Wenige stellten sich deshalb dieser Herausforderung, doch ohne geeignete Auswertemethoden war dies ein fast aussichtsloses Unterfangen, was vermutlich kaum jemandem bewusst war. Solche Parameterbestimmungsmethoden mussten erst noch entwickelt werden.

Was waren nun die eigentlichen Messgrößen, die sog. Observablen? Man kann zwischen zwei Typen von Messgrößen unterscheiden: primäre und sekundäre (oder abgeleitete) Observable. Zu den primären Observablen gehören die direkt an den (kalibrierten) Uhren abgelesenen und bezüglich dem Gang dieser Uhren korrigierten Zeitpunkte t_1, t_2, t_3, t_4 der vier Kontakte (sog. *Kontaktzeit-Epochen*). Sie wurden meist in wahrer Ortszeit gemessen, die aus der Beobachtung korrespondierender Höhen von Sonne oder Sternen ermittelt werden konnte. Aus diesen Kontaktzeiten liessen sich Durchgangs-Dauern $\Delta t_{32} = t_3 - t_2$ bzw. $\Delta t_{41} = t_4 - t_1$ bzw. $\Delta t_{42} = t_4 - t_2$ als sekundäre Observable ableiten. Vereinzelt wurden mit einem Fadenmikrometer während eines Durchgangs laufend auch die Randabstände zwischen Venus- und Sonnenscheibe als primäre Observable gemessen. Daraus liess sich der minimale Zentrumsabstand Δz_{VS} zwischen Venus- und Sonnenscheibe als sekundäre Observable ableiten, wobei die scheinbaren Durchmesser der Venus- und Sonnenscheibe zur Zeit des Transits entweder ebenfalls gemessen oder aus astronomischen Tabellen genommen wurden.

Aus den Observablen der Beobachtungsstationen wurde mit mehr oder weniger geeigneten Auswertemethoden versucht, den Wert der Sonnenparallaxe zu bestimmen. Die Gesamtzahl der während der beiden Venus-Transits von 1761 und 1769 durchgeführten Einzelmessungen kann (in der Grössenordnung) etwa auf 1000, die Anzahl der publizierten Reiseberichte und wissenschaftlichen Beobachtungs-Berichte auf weit über 100 geschätzt werden. Die Anzahl jener Personen, die sich hinter eine Auswertung dieser Daten wagte, belief sich jedoch nur auf etwa 10.

Tabelle 2: Daten der Venus-Durchgänge von 1761 und 1769. Kontaktzeiten und Zeitpunkte der unteren Konjunktionen in Weltzeit (UT), kleinste Winkelabstände (Separation) der Venus- und Sonnenscheibe in Bogensekunden (Quelle: ESPENAK: *Transits of Venus - Six Millennium Catalog 2000 BCE to 4000 CE*, <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/transit/catalog/VenusCatalog.html>)

Transit-Datum	Kontakt I	Kontakt II	Konjunktion	Kontakt III	Kontakt IV	Separation
06. Juni 1761	02:02	02:20	05:19	08:18	08:37	570.4
03. Juni 1769	19:15	19:34	22:25	01:16	01:35	609.3

Die herkömmlichen Auswertemethoden

Mit zwei Ausnahmen verwendeten diese Personen prinzipiell die gleiche Auswertemethode (abgesehen von unbedeutenden Variationen), die aus folgenden Schritten besteht:

1. Reduktion der Observablen auf einen bestimmten Meridian (z.B. Paris oder Greenwich) oder auf das Erdzentrum
2. Berechnung dieser Observablen zur Zeit der Beobachtungs-Epochen mit Hilfe astronomischer Tafeln für den gewählten Meridian oder für das Erdzentrum
3. Vergleich der Observablen-Differenzen Δ_{Obs} verschiedener Beobachtungsstationen untereinander oder bzgl. eines Referenz-Meridians oder bzgl. des Erdzentrums mit den entsprechenden, aus der Theorie bzw. den astronomischen Tafeln berechneten Grössen $\Delta_{Theorie}$
4. Bestimmung der «beobachteten» Sonnenparallaxe π_{Obs} für alle Vergleiche mittels der Formel $\pi_{Obs} = (\Delta_{Obs} / \Delta_{Theorie}) \pi_{Theorie}$,

Fig. 8: Seite 478 aus der Abhandlung [21] von PINGRÉ. (Bild: gallica.bnf.fr)

478 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE
TABLE des Parallaxes horizontales du Soleil, résultantes des Observations du second contact intérieur des bords du Soleil & de Venus.

VILLES & AUTRES LIEUX.	LATITUDE de CES LIEUX.	Différence des temps calculés.		Parallaxe horizontale du Soleil, résultante de la comparaison des angles.		
		D. M. S.	M. S.	rep. N. E.	Indiquée	Libre.
Le cap de Bonne-espérance	33. 55. 15 N		3. 43.11	2. 11.00		
Rodriguez	16. 40. 40 N				1. 57	
Libourne	38. 43. 23 S		2. 18.69		7.01	10.46
Tobolsk	58. 12. 22	7. 53.24	7. 51.53	8.65	9.06	9.65
Tornœ	65. 50. 50	7. 08.49	7. 04.5	8.51	9.01	9.51
Cajanebourg	64. 13. 30	7. 01.02	7. 04.5	8.65	10.06	9.76
Upland	59. 51. 50	6. 16.83	6. 33.0	8.60	10.22	9.99
Stockholm	59. 20. 30	6. 13.17	6. 06.60	8.31	9.80	9.21
Gastings	51. 11. 36	5. 01.65	5. 08.00	8.36	10.23	9.59
Greenwich	51. 28. 30	4. 54.98	5. 11.30	8.37	10.64	10.89
Sterrhörn	50. 55. 00	4. 49.01	5. 03.0	8.41	10.45	10.45
Tinnau	48. 23. 30	4. 47.55	4. 55.0	8.22	10.23	10.05
Wexlau	48. 36. 30	4. 45.17	4. 55.0	8.08	9.64	8.55
Schweizingen	49. 21. 00	4. 45.43	4. 53.0	7.79	9.31	7.12
Ingolstadt	48. 46. 00	4. 40.74	4. 49.03	8.03	9.74	8.48
Dillingen	48. 30. 06	4. 38.73	4. 41.00	8.22	10.13	9.54
Münich	48. 09. 55	4. 35.03	4. 37.0	7.97	9.68	8.22
Paris, L.	48. 50. 14	4. 33.56	4. 57.00	8.61	10.85	11.59
Paris, M.	48. 50. 14		4. 41.00	8.19	10.27	9.91
Laubac	46. 02. 00	4. 22.13	4. 48.00	8.65	10.07	11.05
Bologne	44. 29. 36	4. 05.19	4. 28.00	8.58	10.03	11.35
Florence	43. 46. 53	3. 57.53	4. 43.00	7.69	9.39	6.12

Il paroit clair qu'il s'est glissé quelque erreur dans l'observation de Florence, son résultat est trop différent d'avec celui des autres observations, je n'en ferai point usage. Il reste dix-huit combinaisons, sans compter celles des trois termes de comparaisons. Les dix-huit combinaisons de l'observation du cap, donnent toutes la parallaxe du Soleil moindre que 9 secondes, ou même que 8,7, & plus forte que 8 secondes, excepté

wobei π_{Theorie} der in der Theorie bzw. in den Tafeln verwendete a priori-Wert der Sonnenparallaxe bezeichnet

- Mittelwert-Bildung (arithmetisches Mittel) aller π_{Obs} unter eventueller Streichung von Werten, die als Ausreisser betrachtet wurden
- Da sich π_{Obs} auf das Datum des jeweiligen Transits bezog, wird die gesuchte mittlere Sonnenparallaxe $\pi_{\odot} = 1.015 \pi_{\text{Obs}}$

Diese Methode stützt sich also im Wesentlichen auf die reduzierten Observablen-Differenzen verschiedener Beobachtungsstationen bezüglich eines Referenz-Meridians oder bezüglich des Erdzentrums und anschliessendem Vergleich mit den entsprechenden Werten, die aus der Theorie folgen. Das Verhältnis zwischen beobachteten und theoretischen Observablen-Differenzen ergibt den Faktor, der mit dem theoretischen a priori-Wert der Sonnenparallaxe multipliziert wird, um einen Wert für die «beobachtete» Sonnenparallaxe zu erhalten. Die «tatsächliche» Sonnenparallaxe ergibt sich aus dem Mittelwert aller «beobachteten» Sonnenparallaxen. Einige Beispiele sollen diese Auswerte-Methode und ihre «Varianten» illustrieren. Es sind dies Abhandlungen von ALEXANDRE GUY PINGRÉ (1711-1796), JAMES SHORT (1710-1768), THOMAS HORNSBY (1733-1810) und ANDREW PLANMAN (1724-1803).

Die Auswertungen des Venus-Transits von 1761

PINGRÉ benutzt in seiner ersten Abhandlung [21] von 1763 die Sonnen-Epemeriden von LACAILLE, die Venus-Epemeriden von HALLEY sowie eine a priori-Sonnenparallaxe von $\pi_{\text{Theorie}} = 10.0''$ für die Berechnung der theoretischen Observablen. In einer ersten Methode bildet er den Mittelwert aus dem Vergleich der gemessenen Transit-Dauern Δt_{32} von 5 Beobachtungsstationen mit der gemessenen Transit-Dauer der Station Tobolsk und erhält $\pi_{\text{Obs}} = 9.93''$. In einer zweiten Methode bildet er den Mittelwert aus dem Vergleich der gerechneten Zentrums-Abstände Δz_{VS} von 5 Beobachtungsstationen mit dem Zentrums-Abstand gemessen in der Station Rodrigues und erhält $\pi_{\text{Obs}} = 10.14''$. In einer dritten Methode (Fig. 8) bildet er den Mittelwert aus dem Vergleich der zweiten Kontaktzeiten t_2 gemessen in 18 Stationen mit denselben Kontaktzeiten gemessen in der Station Kap der Guten Hoffnung, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 8.43''$ (Mittel aus 16), Rodrigues, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 10.02''$ (Mittel aus 14), sowie Lissabon, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 9.89''$ (Mittel aus 11). Schliesslich bildet er den Mittelwert aus dem Vergleich der gemessenen Kontaktzeiten t_2 von 6 Stationen untereinander (Fig. 9) und erhält für $\pi_{\odot} = 10.60''$ (Mittel aus 15).

SHORT nimmt in seiner ersten Abhandlung [25] von 1762 eine Sonnenparallaxe von $\pi_{\text{Theorie}} = 8.5''$ an. In einer ersten Methode mittelt er zuerst die Kontaktzeit-Beobachtungen pro Station, dann reduziert er diese Mittelwerte pro Station auf den Greenwich-Meridian, und schliesslich bildet er den Mittelwert aus dem Vergleich der Kontaktzeiten t_2 von 15 Stationen mit der Kontaktzeit gemessen in der Station Kap der Guten Hoffnung, woraus er für $\pi_{\text{Obs}} = 8.47''$ (Mittel aus 15) bzw. $\pi_{\text{Obs}} = 8.52''$ (Mittel aus 11) erhält und daraus $\pi_{\odot} = 8.65''$ bestimmt. In einer zweiten Methode vergleicht er die in 15 Stationen gemessenen Transit-Dauern Δt_{32} mit der gemessenen Transit-Dauer in Tobolsk, woraus $\pi_{\text{Obs}} = 9.56''$ (Mittel aus 15) bzw. $\pi_{\text{Obs}} = 8.69''$ (Mittel aus 11) folgt, und mit der gerechneten Transit-Dauer im Erdzentrum, woraus er $\pi_{\text{Obs}} = 8.48''$ (Mittel aus 16) bzw. $\pi_{\text{Obs}} = 8.55''$ (Mittel aus 9) erhält.

In seiner zweiten Abhandlung [26] von 1764 erhöht SHORT die Anzahl der Vergleichswerte und «Methoden», in der Hoffnung, noch genauere Mittelwerte zu erhalten. Er geht wiederum von einer Sonnenparallaxe von $\pi_{\text{Theorie}} = 8.5''$ aus. In der ersten Methode vergleicht er die gemessenen Kontaktzeiten t_2 von 18 Stationen mit der gemessenen Kontaktzeit von Cajaneburg, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 8.61''$

(Mittel aus 53), von 17 Stationen mit Bologna, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 8.55''$ (Mittel aus 45), und wiederum von 18 Stationen mit Tobolsk, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 8.57''$ (Mittel aus 37). Das Mittel dieser drei Werte bestimmt er zu $\pi_{\text{Obs}} = 8.58''$. In einer zweiten Methode vergleicht er die gemessenen Kontaktzeiten t_2 von 63 Stationen untereinander und erhält $\pi_{\text{Obs}} = 8.63''$ (Mittel aus 63), $\pi_{\text{Obs}} = 8.50''$ (Mittel aus 49), $\pi_{\text{Obs}} = 8.535''$ (Mittel aus 37). Der Mittelwert der zweiten Methode beträgt $\pi_{\text{Obs}} = 8.55''$. Das Mittel aus diesen ersten beiden Methoden bestimmt er zu $\pi_{\text{Obs}} = 8.565''$. In der dritten Methode vergleicht er die gemessenen Kontaktzeiten t_2 von 20 Stationen mit den denselben Kontaktzeiten gemessen an den Stationen Kap der Guten Hoffnung, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 8.56''$ (Mittel aus 21), $\pi_{\text{Obs}} = 8.56''$ (Mittel aus 19), $\pi_{\text{Obs}} = 8.57''$ (Mittel aus 37), $\pi_{\text{Obs}} = 8.55''$ (Mittel aus 8), $\pi_{\text{Obs}} = 8.56''$ (Mittel aus 6), und Rodrigues, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 8.57''$ (Mittel aus 21), $\pi_{\text{Obs}} = 8.57''$ (Mittel aus 13). In der vierten Methode vergleicht er die Transit-Dauern Δt_{32} gemessen in den Stationen Tobolsk, Madras, Cajaneburg, Tornea und Abo mit jenen gemessen in Grand Mount und Tranquebar, ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 8.68''$ (Mittel aus 12) sowie $\pi_{\text{Obs}} = 8.61''$ (Mittel aus 8). In der fünften Methode vergleicht er die Zentrums-Abstände Δz_{VS} von 8 verschiedenen Stationen, deren Δz_{VS} aus ihren gemessenen Transit-Dauern Δt_{32} berechnet wurden, mit dem in Rodrigues gemessenen Zentrums-Abstand, was ihm $\pi_{\text{Obs}} = 8.50''$ (Mittel aus 8) ergibt. Schliesslich vergleicht er 12 aus Δt_{32} berechneten Zen-

Fig. 9: Seite 486 aus der Abhandlung [21] von PINGRÉ. (Bild: gallica.bnf.fr)

486 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE
aucune des combinaisons possibles, quoique j'eusse pu absolument négliger la dernière, c'est-à-dire, celle des observations de Paris & de Greenwich. Cette combinaison n'est pas raisonnable, la différence des temps des observations étant si petite, que la plus légère erreur influe très-feniblement sur la détermination de la parallaxe; cette combinaison cependant pourroit être regardée comme confirmative des autres, puisqu'il n'y a pas une seconde entière à retrancher du temps de l'observation de Greenwich, ou à ajouter au temps de celle de Paris, pour en conclure la parallaxe de $10''.42$.

LIEUX DONT LES OBSERVATIONS SONT COMPARÉES.	DIFFÉRENCE des temps observés.		Parallaxe horizontale du Soleil.
	M. S.	M. S.	
Stockholm, Torneå.....	0. 55,12	0. 58,5	10,59
Stockholm, Tobolsk.....	1. 40,07	1. 45,53	10,54
Greenwich, Tobolsk.....	2. 58,76	3. 07,53	10,49
Greenwich, Torneå.....	2. 13,91	2. 20,5	10,49
Tobolsk, Torneå.....	0. 44,85	0. 47,03	10,48
Paris, Torneå.....	2. 34,53	2. 41,5	10,45
Paris, Tobolsk.....	3. 18,28	3. 26,54	10,44
Rodrigue, Torneå.....	7. 58,49	7. 26,5	10,42
Paris, Rodrigue.....	4. 33,56	4. 45	10,42
Rodrigue, Tobolsk.....	7. 53,34	8. 13,52	10,42
Greenwich, Stockholm.....	1. 18,69	1. 22	10,44
Greenwich, Rodrigue.....	4. 54,58	5. 06	10,39
Stockholm, Rodrigue.....	6. 13,47	6. 28	10,39
Paris, Stockholm.....	1. 39,71	1. 43	10,33
Paris, Greenwich.....	0. 21,02	0. 21	10,29

Je conclus donc que si les différences de longitude sont exactement déterminées dans le Mémoire cité de M. l'abbé de la Caille, la parallaxe horizontale du Soleil est de $10''.42$ dans son apogée, de $10''.60$ dans les moyennes distances, & dans son périhélie de $10''.78$.

Fig. 10: Seite 493 aus der Abhandlung [15] von HORNSBY. (Bild: gallica.bnf.fr)

[493]

Places compared.	Difference of calculated times.	Difference of observed times.	Sun's par- allaxe
Tobolski and Greenwich	- 2 41, 34	2 54, 5	9, 734
Tobolski and Paris	- 3 0, 36	3 15	9, 736
Tobolski and Gottingen	- 2 34, 70	2 47, 5	9, 744
Tobolski and Stockholm	- 1 30, 34	1 37, 0	9, 663
Tobolski and Upfal	- 1 27, 23	1 33, 5	9, 646
Tobolski and Bologna	- 3 25, 75	3 37, 5	9, 513
Tobolski and Florence	- 3 31, 27	3 42, 5	9, 525
Stockholm and Paris	- 1 11, 6	1 17, 5	9, 824
Stockholm and Bologna	- 1 30, 02	1 38, 0	9, 797
Stockholm and Florence	- 1 55, 41	2 00, 5	9, 396
Tornea and Gottingen	- 2 0, 93	2 05, 5	9, 340
Tornea and Paris	- 1 54, 59	2 07	9, 974
Tornea and Greenwich	- 2 20, 25	2 34, 5	9, 914
Cajaneburg and Greenwich	- 2 12, 23	2 14	9, 948
Cajaneburg and Paris	- 1 54, 58	2 08	10, 054
Cajaneburg and Florence	- 2 13, 62	2 28, 5	10, 003
Cajaneburg and Gottingen	- 1 47, 94	2 10	10, 088
Cajaneburg and Bologna	- 2 44, 51	2 56	9, 628
Cajaneburg and Florence	- 2 38, 99	2 51	9, 679
Upfal and Paris	- 1 33, 13	1 41, 5	9, 808
Upfal and Greenwich	- 1 14, 11	1 21	9, 836
Hernofand and Paris	- 1 52, 47	1 57, 5	9, 402
Hernofand and Greenwich	- 1 33, 45	1 37	9, 342
Hernofand and Bologna	- 2 17, 86	2 20	9, 139
Hernofand and Florence	- 2 23, 38	2 25	9, 101
Abo and Paris	- 1 42, 46	1 55, 5	10, 145
Abo and Greenwich	- 1 23, 44	1 33	10, 031
Abo and Bologna	- 2 07, 85	2 18	9, 714
Abo and Florence	- 2 13, 37	2 23	9, 649
Tornea and Bologna	- 2 45, 64	2 57	9, 617
Tornea and Florence	- 2 57, 16	3 02	9, 559
Greenwich and Paris	- 0 19, 02	0 20, 5	9, 700

The mean of the whole is $9'', 695$.

VOL. LIII. S I I I t

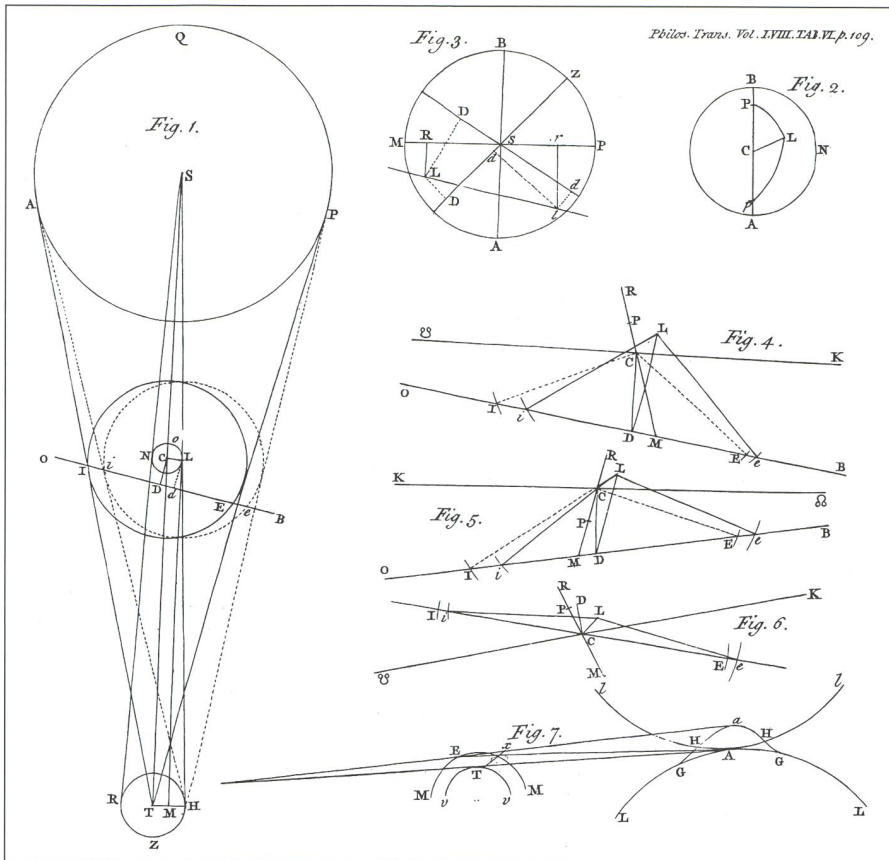


Fig. 11: Figuren zur Abhandlung [24] von PLANMAN. Man beachte die darin verzeichnete Fig. 7, mit der PLANMAN das Tropfen-Phänomen zu erklären versuchte. (Bild: gallica.bnf.fr)

trums-Abstände verschiedener Stationen untereinander und erhält $\pi_{\text{Obs}} = 8.53''$ (Mittel aus 12), wobei er für $\pi_{\text{Theorie}} = 8.56''$ annimmt. Nun bildet er das Mittel der unterstrichenen Werte, was $\pi_{\text{Obs}} = 8.566''$ ergibt. Das Mittel ohne Wert der vierten Methode ergibt $\pi_{\text{Obs}} = 8.557''$. Damit erhält er als Endresultat: $\pi_{\text{Obs}} = 8.56''$.

HORNSBY vergleicht in seiner Auswertung [15] von 1764 zuerst die in 12 Stationen gemessenen Transit-Dauern Δt_{32} mit der in Tobolsk gemessenen Transit-Dauer und erhält $\pi_{\text{Obs}} = 9.332''$ (Mittel aus 12) resp. $\pi_{\text{Obs}} = 9.579''$ (Mittel aus

10), wobei er für $\pi_{\text{Theorie}} = 9.0''$ annimmt. Dann vergleicht er die Δt_{32} von Tobolsk und Cajaneburg mit der Transit-Dauer der Station Madras und erhält $\pi_{\text{Obs}} = 9.763''$. In einem dritten Versuch vergleicht er die gemessenen Transit-Dauern von 13 Stationen mit der für das Erdzentrum berechneten Transit-Dauer und erhält $\pi_{\text{Obs}} = 9.812''$ (Mittel aus 12) resp. $\pi_{\text{Obs}} = 9.724''$ (Mittel aus 10). Als nächste «Methode» vergleicht er 5 Zentrums-Abstände, die er aus den gemessenen Transit-Dauern Δt_{32} von 5 Stationen berechnet, mit den für jede dieser Stationen theoretisch (aus den Tabellen) berech-

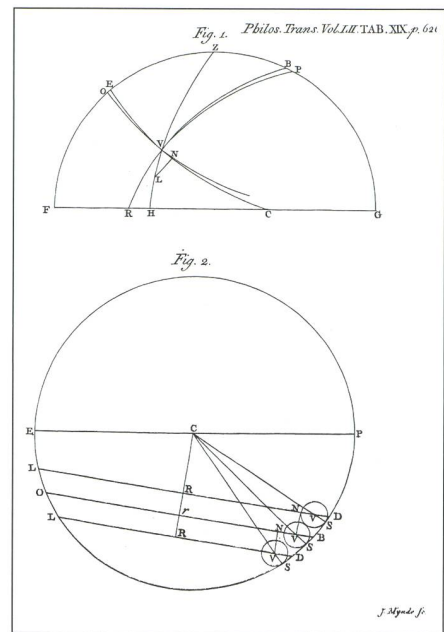


Fig. 12: Tafel aus der Abhandlung [25] von SHORT als Illustration der Bestimmung des minimalen Zentrums-Abstandes zwischen Sonnen- und Venus-Scheibe. (Bild: gallica.bnf.fr)

neten Transit-Dauern und erhält $\pi_{\text{Obs}} = 9.920''$, wobei er für $\pi_{\text{Theorie}} = 10.0''$, für den Radius der Sonnenscheibe $R_{\odot} = 15' 48.5''$ und der Venusscheibe $R_{\text{V}} = 29''$ annimmt und die Differenz $R_{\odot} - R_{\text{V}}$ noch um $2''$ als Korrektur reduziert. Als Fünftes vergleicht er die an 14 Stationen gemessenen Kontaktzeiten t_3 mit der am Kap der Guten Hoffnung gemessenen Kontaktzeit t_3 , wobei er bei der Mittelwertbildung den Vergleichswert der Station Rodrigues wegen der Vermutung zuerst weglässt, diese Station weise einen systematischen Zeitfehler in ihren Beobachtungen auf von 1 Minute. Er erhält $\pi_{\text{Obs}} = 8.692''$. Der Vergleich dieser 14 Stationen mit der Station Rodrigues, aber ohne den Wert der Station am Kap, liefert als Mittel $\pi_{\text{Obs}} = 10.419''$. Nun zieht er bei diesem Vergleich mit Rodrigues von allen Stations-Beobachtungen 1 Minute ab und erhält als Mittelwert $\pi_{\text{Obs}} = 8.654''$. Er glaubt, damit den systematischen Zeitfehler der Station Rodrigues nachgewiesen zu haben. Schliesslich vergleicht er die reduzierten Kontaktzeiten t_3 der verbleibenden 13 Stationen untereinander (Fig. 10) und erhält $\pi_{\text{Obs}} =$

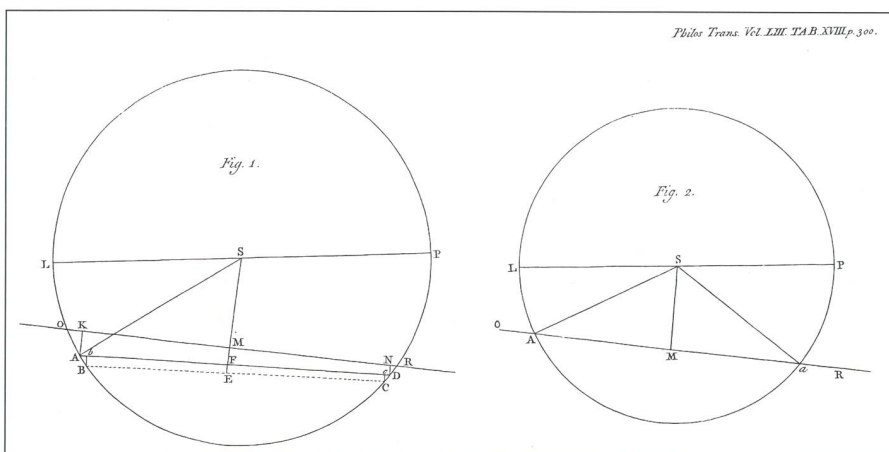


Fig. 13: Tafel aus der Abhandlung [26] von SHORT als Illustration der Bestimmung des minimalen Zentrums-Abstandes zwischen Sonnen- und Venus-Scheibe. (Bild: gallica.bnf.fr)

9.695" (Mittel aus 32). Das Mittel aus allen sechs Methoden liefert ihm als Endresultat $\pi_{\text{Obs}} = 9.736''$.

Da PINGRÉ in Rodrigues beobachtete, sah er sich genötigt, zu HORNSBYS Resultat Stellung zu nehmen. Er bekräftigte in seiner Auswertung [22] von 1768 mit ähnlichen «Methoden» seinen zuvor bestimmten Wert für die Sonnenparallaxe mit $\pi_{\text{Obs}} = 10.10''$ als Mittelwert aus zwei Methoden, die jeweils $\pi_{\text{Obs}} = 9.97''$ und $\pi_{\text{Obs}} = 10.24''$ lieferten.

PLANMAN erhielt in seiner Abhandlung [24] von 1769 mit zwei «verschiedenen Methoden» identische Werte für die Sonnenparallaxe, wobei er für $\pi_{\text{Theorie}} = 8.2''$ annimmt. In einer ersten Methode vergleicht er die Kontaktzeiten t_2, t_3 und t_4 von 32 Stationen, reduziert auf den Meridian von Paris, mit den entsprechenden Messungen der Stationen Kap der Guten Hoffnung und Peking und bildet davon die Mittelwerte. Als Mittel dieser Ergebnisse erhält er $\pi_{\text{Obs}} = 8.49''$. In einer zweiten Methode vergleicht er die Kontaktzeiten t_3 und t_4 von 10 Stationen, reduziert auf den Meridian von Paris, mit den entsprechenden Messungen der Stationen Paris und Bologna und bildet davon die Mittelwerte. Als Mittel dieser Ergebnisse erhält er ebenfalls $\pi_{\text{Obs}} = 8.49''$. Ein interessanter Aspekt seiner Abhandlung besteht aus dem Versuch, das Tropfen-Phänomen durch die Brechung der Sonnenstrahlen in der Venus-Atmosphäre zu erklären (Fig. 11), wobei zu untersuchen wäre, ob er damit nicht gerade den gegenteiligen Effekt, nämlich einen hellen statt einen dunklen Tropfen, erzeugt.

In der Tabelle 3 sind die Resultate der Auswertungen des Transits von 1761 zusammengestellt. Die fett gedruckten Werte für π_{Obs} und π_{\odot} sind jene, wie sie in den einzelnen Abhandlungen angegeben wurden. Wo diese Werte fehlten, wurden sie entsprechend mit dem Faktor 1.015 umgerechnet. Der Mittelwert der 14 aufgelisteten Werte π_{\odot} für die mittlere Sonnenparallaxe beträgt $\pi_{\odot} = 9.35'' \pm 0.69''$, das nach Anzahl der Methoden gewichtete Mittel beträgt $9.40'' \pm 0.72''$. Auffallend ist die starke Streuung dieser Resultate. Wie signifikant sind diese Resultate? Bildet man den Mittelwert der a priori für die astronomischen Tafeln oder für die Berechnung der theoretischen Observablen angenommenen Wert für π_{Theorie} , so ergibt dieses Mittel $9.08'' \pm 0.67''$, also ein sehr ähnlicher Wert wie für das aus allen Auswertungen resultierende Mittel. Die Vermutung liegt daher nahe, dass man mit den angewandten Auswerte-Methoden nur jenen Wert etwas verändert hat, den man a priori in das «Modell» hinein-

gesteckt hat. In der Tat sind die Mittelwerte der sechs Auswertungen (drittletzte Spalte der Tabelle 3) mit einem Korrelations-Koeffizienten von 0.92 stark mit den a priori-Werten π_{Theorie} korreliert. Dies ist Anbetracht des verwendeten «Modells» $\pi_{\text{Obs}} = (\Delta_{\text{Obs}} / \Delta_{\text{Theorie}}) \pi_{\text{Theorie}}$ auch nicht verwunderlich. Diese Resultate illustrieren eindrücklich, dass die verwendeten Methoden zur Lösung der Parameterbestimmungs-Aufgabe schlicht unzureichend, ja unbrauchbar waren. Daran änderten auch die zahlreichen Versuche nichts, mit denen man aus den Kontaktzeit-Messungen möglichst genau die Zentrums-Abstände für die jeweiligen Beobachtungsstationen berechnete, wie die Figuren 11, 12 und 13 zeigen. Das Problem bestand nicht darin, welche Observablen miteinander verglichen wurden, sondern es fehlte die Einsicht, dass jede Observable unweigerlich mit Fehlern behaftet ist. Entscheidend für eine geeignete Auswerte-Methode war daher der Umstand, ob und wie man die Fehler aus Beobachtung und Theorie als zu schätzende Parameter in das Modell einführte oder nicht. Genau diesen entscheidenden Schritt haben EULER und DUSÉJOUR in ihren Auswertungen gemacht.

Moderne Parameterbestimmung und die Methoden von EULER und DUSÉJOUR

Damit die Arbeiten von EULER und DUSÉJOUR richtig beurteilt (und entsprechend gewürdigt) werden können, soll die moderne Methode der Parameterbestimmung in ihrer einfachsten Form kurz erklärt werden. Das Prinzip besteht darin, die Beobachtungsgrößen (die sog. Observablen) mit Hilfe eines mathematischen Modells derart darzustellen, dass möglichst sämtliche rele-

vanten physikalischen Gesetzmäßigkeiten berücksichtigt werden, unter denen die Beobachtungen zustande kommen. Die Größen und Unbekannten, die das Modell charakterisieren und die bestimmt werden sollen, nennt man Modell-Parameter oder einfach Parameter. Da diese Parameter nicht exakt, sondern nur mit einer gewissen Genauigkeit aus den Beobachtungen bestimmt werden können, spricht man auch von «geschätzten» Parametern. Diesen Prozess nennt man Ausgleichung. Parameterbestimmungs-Methoden sind deshalb immer Ausgleichungs- oder Schätz-Verfahren. Das Ziel einer Ausgleichung besteht darin, die Parameter derart zu bestimmen, dass die Gesamtheit bzw. die Summe der Schätzfehler Null wird. Das Prinzip einer modernen Parameterbestimmung soll hier am Beispiel einer sog. *vermittelnden Ausgleichung linearer Beobachtungsgleichungen* erläutert werden. Es ist dies gegenüber der sog. *bedingten Ausgleichung* oder der *Ausgleichung nicht-linearer Beobachtungsgleichungen* der einfachste Fall. Diese komplizierteren Fälle können aber rein formal stets auf den einfachen Fall zurückgeführt werden. Es ist also wie folgt vorzugehen:

1. Formulierung der sog. *Beobachtungsgleichungen*: $b = f(x_1, x_2, \dots)$, wobei b die Messgrösse, f das funktionale Modell und x_i die zu schätzenden Parameter bedeuten.
2. Aufstellen der sog. *Verbesserungsgleichungen* (auch Fehlergleichungen genannt): $v = \mathbf{A} \mathbf{x} - \mathbf{b}'$, wobei \mathbf{A} die aus f folgende Modell-Matrix, \mathbf{x} der Vektor der zu bestimmenden Parameter, \mathbf{b}' der Vektor der tatsächlichen

Tabelle 3: Zusammenfassung der Resultate aus den Auswertungen des Venus-Transits von 1761.

Autor	Jahr	Methode	π_{Obs}	π_{\odot}	Mittelwert	π_{Theorie}
PINGRÉ	1761	1	9.93	10.08		10.0
		2	10.14	10.29		10.0
		3	8.43	8.56		10.0
		3	10.02	10.17		10.0
		3	9.89	10.04		10.0
	4	10.44	10.60	9.96 ↔	10.0	
SHORT	1762	1	8.52	8.65		8.5
		2	8.69	8.82		8.5
		2	8.55	8.68	8.72 ↔	8.5
SHORT	1763	1-6	8.56	8.69	8.69 ↔	8.5
HORNSBY	1763	1-6	9.74	9.89	9.89 ↔	9.0
PINGRÉ	1765	1-2	10.10	10.25	10.25 ↔	10.0
PLANMAN	1768	1	8.49	8.61		8.2
		2	8.49	8.61	8.61 ↔	8.2
Mittelwert				$9.35'' \pm 0.69''$		
Nach Anzahl der Methoden gewichtetes Mittel				$9.40'' \pm 0.72''$		$9.08'' \pm 0.67''$

chen Beobachtungen und v der Verbesserungs- oder Residuen-Vektor bezeichnen.

3. Wahl eines *Ausgleichungs-Prinzips*, z.B. die Methode der kleinsten Quadrate: $v^T P v = \text{minimal}$, wobei v^T die Transponierte des Residuen-Vektors und P die Gewichts-Matrix darstellen. Ist P identisch mit der Einheits-Matrix E , folgt aus der Methode der kleinsten Quadrate, dass die Summe der Residuen Null sein muss: $\sum v_i = 0$.
4. Aufstellen der *Normalgleichungen*: $A^T P A x - A^T P b' = 0$. Diese Gleichungen folgen aus dem Ausgleichungs-Prinzip und den Verbesserungsgleichungen.
5. Bestimmung des *Lösungs-Vektors*: $x = (A^T P A)^{-1} A^T P b'$. Die Lösung des Gleichungssystem besteht hauptsächlich in einer Matrix-Inversion. Vor der Computer-Ära wurden dafür zahlreiche Verfahren entwickelt, z.B. das Eliminations-Verfahren von CARL FRIEDRICH GAUSS (1777-1855).

Zu erwähnen ist noch, dass mit diesem Verfahren zugleich auch die zufälligen Fehler der geschätzten Parameter (die sog. rms oder root mean squares) angegeben werden können, wichtige Indikatoren für die Qualität des Modells und der Beobachtungen. Als Ausgleichungs-Prinzip kann an Stelle der GAUSS zugeschriebenen Methode der kleinsten Quadrate auch eine Ausgleichung nach TSCHEBYSCHEW (Ausgleichung so, dass die betragsmässig grösste Verbesserung minimal wird) oder eine Ausgleichung nach LAPLACE (Suchen der minimalen Summe der Absolutwerte der Verbesserungen) verwendet werden.

Es sei gleich vorweggenommen, dass weder EULER noch DUSÉJOUR noch sonst jemand im 18. Jahrhundert eine Ausgleichung *formal* auf die beschriebene Art und Weise durchführten. Ihre Verfahren haben aber *inhaltlich* mit einigen der oben aufgeführten Punkte grosse Ähnlichkeit. Insbesondere stimmte das Prinzip und die Zielsetzung ihrer Methoden mit den modernen überein, nämlich: Bestimmung der Parameter derart, dass die (Summe der) Residuen, d.h. der gerechneten minus beobachteten Grössen, möglichst klein (Null) werden und ihr Erwartungswert nahe Null ist, also keine systematischen Abweichungen aufweisen. Die Arbeiten von EULER und DUSÉJOUR waren diesbezüglich richtungweisend und allen anderen Auswertungen weit überlegen. Ein Vergleich ihrer Auswertungen des Transits von 1769 mit jenen von HORNSBY und PINGRÉ, deren Auswertungen nach wie vor auf dem Prinzip der Mittelwertbildung beruhte, soll diese Tatsache illustrieren.

Die Auswertungen des Venus-Transits von 1769 und die Bestimmung der Sonnenparallaxe aus den Transits von 1761 und 1769

Etwa ein Jahr nach dem Venus-Durchgang vom 3. Juni 1769 legte EULER, dessen astronomische Arbeiten in ORION 319 vorgestellt wurden [29], seine Auswertung dieses Transits der Petersburger Akademie vor. Die Abhandlung [7] umfasst 233 Seiten und erschien noch im selben Jahr 1770 im 2. Teil des 14. Bandes der «Neuen Kommentare der Petersburger Akademie». Der Titel der in Latein verfassten Arbeit (Fig. 14) lautet: «Darstellung (Auseinandersetzung) der Methoden, sowohl zur Bestimmung der Sonnenparallaxe aus einem beobachteten Venusdurchgang vor der Sonne, als auch zur Auffindung der Längen von Erdörtern aus Beobachtungen von Sonnenfinsternissen, zugleich mit den Berechnungen und der daraus gezogenen Schlüssen». Auf den ersten Blick mag erstaunen, dass im Titel die Bestimmung der geographischen Länge der Beobachtungsstationen mit Hilfe von Sonnenfinsternissen angekündigt wird, denn normalerweise wurden die Längen doch mit den weitaus häufigeren Verfinsterungen der Jupitermonde, mit Sternbedeckungen durch den Mond oder einfach aus Mondabständen bestimmt. Es gibt zwei Gründe für diesen Titel. Zum einen sind Transits eigentlich nichts anderes als partielle Sonnenfinsternisse und können daher im Prinzip mit denselben Finsternis-Modellen berechnet werden (falls sie allgemein genug formuliert sind und dies erlauben). Zum anderen fand nur wenige Stunden nach dem Venus-Transit von 1769 tatsächlich eine totale Sonnenfinsternis statt (siehe Tab. 4). EULER formu-

lierte deshalb das Modell in seiner Auswertung derart allgemein, dass damit auch zugleich die Beobachtungen der Sonnenfinsternis ausgewertet und die geographischen Längen einiger Beobachtungsorte neu bestimmt oder verbessert werden konnten.

Im Folgenden wird die EULERSche Abhandlung nur summarisch vorgestellt. Die Stärke der EULERSchen Methode besteht einerseits in der Art und Weise, wie er die Beobachtungsgleichungen formuliert und andererseits, dass er diese zu Bedingungsgleichungen erweitert und dadurch dem speziellen Problem optimal anpasst. Er ging vermutlich von der Idee aus, dass bei der Konjunktion zweier punktförmig oder ausgedehnt erscheinenden Himmelskörpern der Winkelabstand zwischen ihren Zentren sowohl für die Beobachtung als auch für die Rechnung die entscheidende Grösse darstellt. Selbst wenn diese Winkel-Separation im Falle eines Venus-Durchgangs (zur damaligen Zeit) nicht direkt gemessen werden konnte, führte sie EULER dennoch als «Observable» in seine Beobachtungsgleichung ein. In den Figuren 15, 16, 17 und 18 sind die Parameter und ihre Bedeutung anhand der Original-Publikation erläutert. EULER leitet die Beobachtungsgleichungen in drei Schritten her:

1. Schritt: Zuerst bestimmt er die geozentrische Winkeldistanz $\odot\text{♀}$ zwischen Sonnen-Zentrum \odot und Venus-Zentrum ♀ zur Zeit ihrer Konjunktion. Sei T die Epoche der Konjunktion zwischen Sonne und Venus in mittlerer Zeit von Paris, die aus astronomischen Tafeln entnommen werden kann. Für diesen Zeitpunkt T seien folgende Elemente gegeben, die ebenfalls aus den Tafeln bestimmt werden können:

Ekliptikale Länge der Sonne	=	L
Distanz Erde–Sonne	=	a
Scheinbarer Sonnenradius	=	Δ
Stündliche ekliptikale Sonnenbewegung	=	α
Geozentrische ekliptikale Länge der Venus	=	L
Geozentrische ekliptikale Breite der Venus	=	l
Distanz Erde–Venus	=	b
Scheinbarer Venusradius	=	δ
Stündliche Venusbewegung in ekl. Länge	=	β
Stündliche Venusbewegung in ekl. Breite	=	γ

Tabelle 4: Elemente der totalen Sonnenfinsternis vom 4. Juni 1769. (Quelle: ESPENAK: Solar Eclipse Page, <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/solar.html>)

Datum	Konjunktion (Weltzeit)	Saros Typ	Saros Nr.	Grösse	Breite	Länge	Dauer
04. Juni 1769	08:28	total	114	1.067	87.3 N	26.0 E	3 ^m 36 ^s

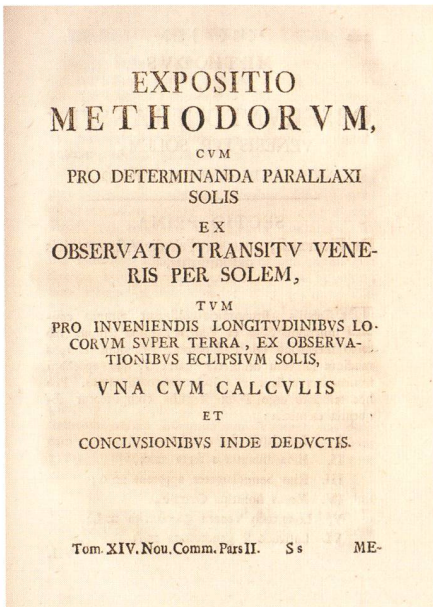


Fig. 14: Titelseite der Abhandlung [7] von EULER. (Bild: A. VERDUN)

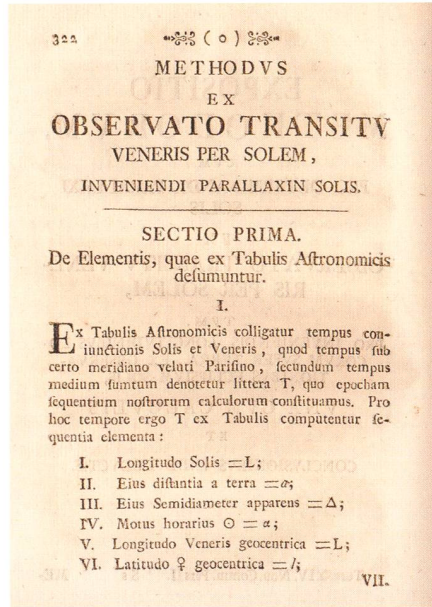


Fig. 15: Seite 322 der Abhandlung [7] von EULER, auf der die Parameter definiert werden. (Bild: A. VERDUN)

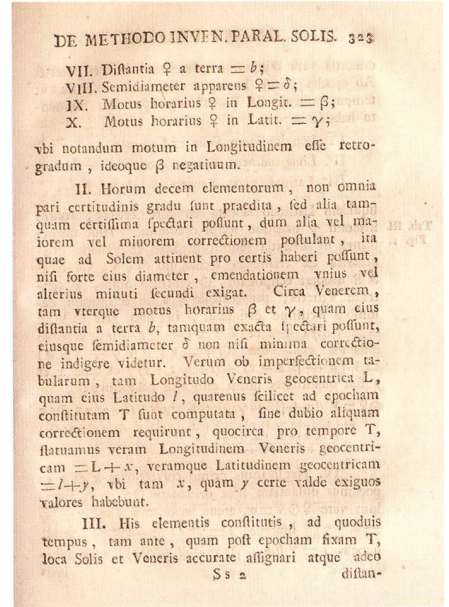


Fig. 16: Seite 323 der Abhandlung [7] von EULER, auf der die Parameter definiert werden. (Bild: A. VERDUN)

Die Theorie der Sonnenbewegung erlaubt, dass die Sonnenelemente als genau betrachtet werden dürfen. Dagegen müssen für die Venus Verbesserungen x in Länge und y in Breite eingeführt werden, so dass ihre genaue geozentrische ekliptikale Länge $= L + x$ und ihre genaue geozentrische ekliptikale Breite $= l + y$ werden. Für eine beliebige Beobachtungszeit $T + t$, wobei t in Stunden vor und nach der Konjunktionszeit T gemessen wird, gilt:

Ekliptikale Länge der Sonne	=	$L + \alpha t$
Geozentrische ekliptikale Länge der Venus	=	$L + \beta t + x$
Geozentrische ekliptikale Breite der Venus	=	$l + \gamma t + y$

Die geozentrische Winkeldistanz $\odot\varphi$ zwischen den Zentren von Sonne \odot und Venus φ lässt sich mit Hilfe des rechtwinkligen Dreiecks $\odot\varphi V$ (Fig. 17) bestimmen, wobei AB die Ekliptik, \odot das Zentrum der Sonnenscheibe, φ das Zentrum der Venusscheibe und V den Projektionspunkt von φ auf AB bezeichnen: $\odot\varphi = s + x \cos \sigma + y \sin \sigma$, wobei s der aus den Tafeln berechnete Näherungswert und σ der Winkel $\varphi\odot V$ bedeutet. Da sowohl die aus den astronomischen Tafeln folgenden stündlichen Bewegungen als auch die Zeitmessungen mit Fehlern behaftet sind, führt EULER eine Zeitkorrektion dt ein, so dass die Gleichung die geozentrische Distanz für $t + dt$ erweitert werden muss zu $\odot\varphi = s + x \cos \sigma + y \sin \sigma - (\alpha + \beta) dt \cos \sigma + \gamma dt \sin \sigma$.

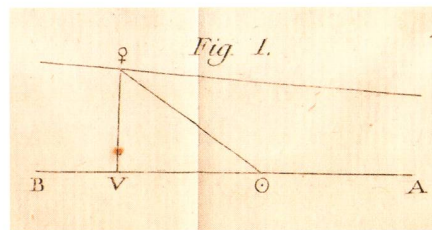


Fig. 17: Die erste Figur aus der Abhandlung [7] von EULER. (Bild: A. VERDUN)

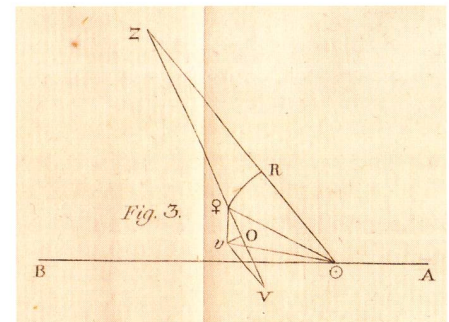


Fig. 18: Die dritte Figur aus der Abhandlung [7] von EULER. (Bild: A. VERDUN)

2. Schritt: Als nächstes reduziert EULER diese Elemente auf den Pol des Äquators und von da auf das Zenit irgendeines angenommenen Ortes. Er erhält für den Winkel zR (Fig. 18) die Gleichung

$$zR = f - s \cos(\zeta - \sigma),$$

wobei z das geozentrische Zenith, R die in einem Grosskreis auf den Grosskreis $z\odot$ projizierte geozentrische Position von φ , f den Winkel $\odot z$ und ζ den Winkel $z\odot B$ bezeichnen (Fig. 18).

3. Schritt: Schliesslich bestimmt EULER die scheinbare Distanz $\odot v$ der Zentren von Sonne und Venus aus der Sonnen-Parallaxe π . Er erhält als Näherung $\odot v \approx s - ((a/b) - 1) \pi \sin f \cos(\zeta - \sigma)$.

Die Beobachtungsgleichung für $\odot v$ besteht somit aus vier Termen:

$$\odot v = s + x \cos \sigma + y \sin \sigma - (\alpha + \beta) dt \cos \sigma + \gamma dt \sin \sigma - ((a/b) - 1) \pi \sin f \cos(\zeta - \sigma).$$

Der erste Term s ist die aus den Tafeln berechnete Näherung für den scheinbaren Winkelabstand $\odot v$, weshalb wir ihn als *Näherungsterm* benennen. Der zweite Term $x \cos \sigma + y \sin \sigma$ enthält die durch die astronomischen Tafeln eingeführten Positionsfehler und kann deshalb als *Positionsterm* bezeichnet werden. Der dritte Term $-(\alpha + \beta) dt \cos \sigma + \gamma dt \sin \sigma$ enthält die aus den Tafeln eingeführten Fehlern der stündlichen Bewegungen sowie die Zeitmessfehler, was den Namen *Zeitterm* rechtfertigt. Der vierte Term

$$-((a/b) - 1) \pi \sin f \cos(\zeta - \sigma)$$

enthält die Distanzen und die Parallaxe, was den Namen *Distanz- oder Parallaxen-Term* nahe legt.

Man beachte, dass EULERS Beobachtungsgleichung derart allgemein formuliert ist, dass damit beliebige Messungen der Winkeldistanzen zwischen den Zentren von Sonnen- und Venus-Scheibe verarbeitet werden könnten. Da solche Beobachtungen im 18. Jahrhundert technisch noch nicht möglich waren, musste EULER seine Beobachtungsgleichungen den durchgeführten Kontaktzeit-Messungen anpassen. Dazu stellte er folgende *Bedingungsgleichungen* für die äusseren und inneren Kontakte auf:

für die äusseren Kontakte

$$\odot v = (\Delta + \delta) + (d\Delta + d\delta)$$

für die inneren Kontakte

$$\odot v = (\Delta - \delta) + (d\Delta - d\delta),$$

wobei $d\Delta$ und $d\delta$ die (ebenfalls zu bestimmenden) «Unsicherheiten» der scheinbaren Halbmesser der Sonnen- und Venus-Scheibe bezeichnen.

Aus einer Reihe solcher Gleichungen, die aus allen Beobachtungen von gleichen und von verschiedenen Orten hergeleitet werden, können nun sämtliche Unbekannten, insbesondere π , x , y und dt bestimmt werden. EULERS Beobachtungsgleichungen sind in den Figuren 19 und 20 dargestellt. Mit diesen Gleichungen und den Beobachtungen der Sonnenfinsternis bestimmte er zuerst die genauen Längen einiger Beobachtungsorte. Dann wertete er damit die Beobachtungen des Venus-Transits von 1769 aus. Da diese Auswertungen in EULERS Abhandlung über 130 Seiten in

Anspruch nehmen, seien hier nur die wesentlichen Schritte seines Parameterbestimmungs-Verfahrens erwähnt:

1. Elimination von Parametern durch geeignete Kombination der Bedingungsgleichungen, so dass nur noch die Parameter x , y und π in den Beobachtungsgleichungen verbleiben
2. Gruppierung der Bedingungsgleichungen in 4 Klassen entsprechend den 4 Kontaktzeiten
3. Bildung von mittleren Bedingungsgleichungen pro Klasse
4. Bestimmung erster Näherungswerte sämtlicher Parameter durch geeignete Kombination der mittleren Bedingungsgleichungen
5. Verbesserung der astronomischen Elemente bzw. der daraus folgenden theoretischen a priori-Parameter
6. Ansetzen neuer, Korrektionsterme enthaltender Bedingungsgleichungen mit Hilfe der gefundenen Elementverbesserungen
7. Aufstellen der Fehlergleichungen für die Beobachtungen, welche die Korrekturen als Unbekannte enthalten
8. Bestimmung der Korrektur-Terme derart, dass die Beobachtungsfehler möglichst minim und sowohl positiv als auch negativ herauskommen

EULERS Resultat für die mittlere Sonnenparallaxe ist in Fig. 21 abgebildet. Er erhält $\pi_{\odot} = 8.80''$, ein Wert, der dem heutigen erstaunlich nahe kommt. EULER bestätigte dieses Resultat aus den Transit-Beobachtungen von Kalifornien in ei-

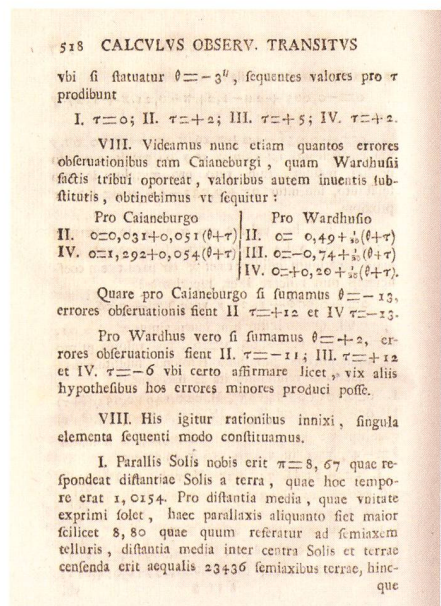
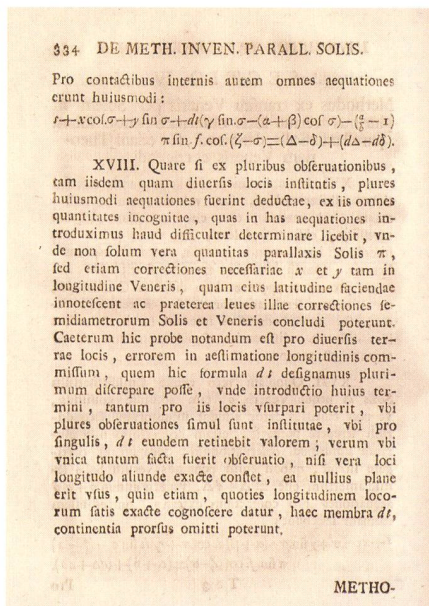
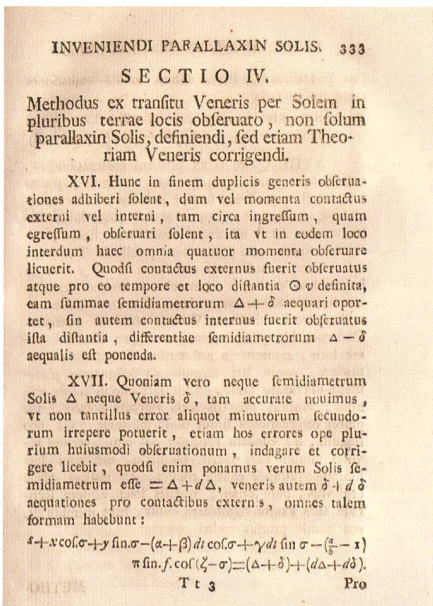
nem Anhang zu seiner Abhandlung. Ob dieses ausgezeichnete Resultat bloss zufällig bzw. durch das von EULER mit etwas Willkür durchgeführte Ausgleichungs-Verfahren zustande kam, kann nur beurteilt werden, wenn genau dieselben Beobachtungen, die EULER zur Verfügung standen, mit einem heutigen Parameterbestimmungs-Verfahren nochmals ausgewertet werden. Es ist zu erwarten, dass tatsächlich dasselbe Resultat herauskommt, obwohl EULERS Parameterbestimmung nach modernen Gesichtspunkten nicht ganz sauber, die Zielsetzung (Minimierung der Residuen, keine Systematik in den Residuen) aber klar den heutigen Ansprüchen genügt.

Noch ein kleines, aber interessantes Detail in EULERS Abhandlung ist erwähnenswert. EULER gibt den 3. Juni 1769, 20^h 30^m 26^s bzw. den 3. Juni 1769, 10^h 7^m 39^s als Konjunktionszeiten für die Sonnenfinsternis bzw. für den Venus-Transit in mittlerer Zeit für den Meridian von Paris an. Berücksichtigt man, dass der Zeitunterschied zwischen Paris und Greenwich 9^m 19^s beträgt und addiert diesen zu EULERS Angaben, erhält man den 3. Juni 1769, 20^h 39^m 45^s bzw. den 3. Juni 1769, 10^h 16^m 58^s als Konjunktionszeiten in Weltzeit (UT). ESPENAK gibt aber für die Konjunktionszeiten der Sonnenfinsternis den 4. Juni 1769, 08^h 28^m und für den Venus-Transit den 3. Juni 1769, 22^h 25^m. Diese Zeiten stimmen nur dann etwa überein, wenn zu EULERS Angaben noch 12 Stunden addiert werden, was bedeutet, dass EULER den Tag am Mittag beginnen lässt, wie es in der

Fig. 19: Seite 333 der Abhandlung [7] von EULER, auf der die Beobachtungsgleichungen für die äusseren Kontakte formuliert werden. (Bild: A. VERDUN)

Fig. 20: Seite 334 der Abhandlung [7] von EULER, auf der die Beobachtungsgleichungen für die inneren Kontakte formuliert werden. (Bild: A. VERDUN)

Fig. 21: Seite 518 der Abhandlung [7] von EULER mit dem Resultat von 8.80". (Bild: A. VERDUN)



[577]

Wardhus.				California.			
Ingrès.	Egrès.	Ingrès.	Egrès.	Ingrès.	Egrès.	Ingrès.	Egrès.
H. 9 34 10,6	H. 15 17 34,6	H. 17 57,9	H. 5 54 59,3	H. 11 15 32,3	H. 7 0 47	H. 14 39,2	H. 5 50 41,3
+ 6 35,6	- 4 35,9	+ 24,9	- 24,9	+ 4 15,9	- 4 15,9	+ 19 39,2	- 5 50 41,3
9 40 46,2	15 22 48,7	17 57,9	5 54 59,3	11 15 32,3	7 0 47	14 39,2	5 50 41,3

Observed times. Effect of parallax. Reduced times.

Kola.				Hudson's Bay.			
Ingrès.	Egrès.	Ingrès.	Egrès.	Ingrès.	Egrès.	Ingrès.	Egrès.
H. 9 43 4	H. 15 35 3,9	H. 11 15 32,3	H. 7 0 47	H. 14 39,2	H. 5 50 41,3	H. 11 15 32,3	H. 7 0 47
+ 6 37,4	- 4 45,1	+ 4 15,9	- 4 15,9	+ 19 39,2	- 5 50 41,3	+ 19 39,2	- 5 50 41,3
9 49 41,4	15 30 27,9	11 15 32,3	7 0 47	14 39,2	5 50 41,3	11 15 32,3	7 0 47

Observed times. Effect of parallax. Reduced times.

King George's Island.			
Ingrès.	Egrès.	Ingrès.	Egrès.
H. 11 15 32,3	H. 7 0 47	H. 14 39,2	H. 5 50 41,3
+ 4 15,9	- 4 15,9	+ 19 39,2	- 5 50 41,3
15 30 27,9	7 0 47	14 39,2	5 50 41,3

Observed times. Effect of parallax. Reduced times. Ditto at Washus. Difference of meridians.

Reduced times at K. G. I.	Ditto at California.	Difference of meridians.
11 15 32,3	7 0 47	4 15,9
14 39,2	5 50 41,3	8 88,9
15 30 27,9	7 0 47	8 88,9

Vol. LXI. 4 E The

Fig. 22: Seite 577 aus der Abhandlung [16] von HORNSBY. (Bild: gallica.bnf.fr)

Astronomie üblich ist. Die Frage drängt sich auf, seit wann in der Astronomie eigentlich die Zeitangaben vom Mittag an notiert werden? Seit der Einführung des Julianischen Datums etwa? Aber dies wäre erst viel später, vermutlich im Laufe des 19. Jahrhunderts, Standard geworden. Der Vergleich zeigt übrigens auch, dass die Konjunktionszeiten, die EULER aus den damals sicher besten zur Verfügung stehenden astronomischen Tafeln entnommen haben mag, etwa um 10 Minuten von ESPENAKS Werten abweichen. Auch dies wirft die interessante Frage nach dem Grund dafür auf. Ist etwa gar der Wert für die Sonnenparallaxe daran Schuld, welcher damals der Berechnung der astronomischen Tafeln zu Grunde gelegt wurde?

Fig. 23: Seite 409 aus der Abhandlung [23] von PINGRÉ. (Bild: gallica.bnf.fr)

DES SCIENCES. 409

TABLE des effets de la parallaxe de Venus au Soleil sur les instans des principales phases du passage de Venus, la parallaxe moyenne du Soleil étant supposée de 8",5.

NOMS des LIEUX.	EFFET DE LA PARALLAXE SUR LE MOMENT DE LA PHASE			LATITUDE des LIEUX.	LEUR LONGITUDE.
	1 ^{re} Contact.	2 ^e Contact.	3 ^e Contact.		
Taiti	+5 30,3	-6 12,6	-6 7,7	17 28 55,5 S	104 7 19 O
Saint-Joseph	-0 18,6	-4 42,9	-4 40,8	23 3 42 N	72 28 10 O
Hudson	-4 8,4	-0 37,0	-0 48,3	38 47 33 N	65 26 16 O
Ile Condore	-4 38,5	.....	47 31 41	.....	4 50 18 O
New Cambridge	-4 17,5	.....	42 25 0	.....	4 54 0 O
Noriton	-3 55,1	.....	50 9 56	.....	5 11 35 O
Philadelphie	-3 54,4	.....	39 56 55	.....	31 10 24 O
Lewiston	-3 55,1	.....	38 47 27	.....	31 9 45 O
Mexico	-0 38,5	.....	59 54 0	.....	64 49 43 O
Le Cap François	-2 34,9	.....	19 47 4	.....	4 18 32 O
La Martinique	-2 55,9	.....	14 44 0	.....	4 8 58 O
Cadix	-6 40,5	.....	36 31 7	.....	0 34 37 O
Greenwich	-6 56,9	.....	51 28 40	.....	0 9 16 O
Hawkhill	-6 55,6	.....	55 57 37	.....	0 21 56 O
Paris	-6 57,7	.....	48 50 14	.....	0 0 0 O
Upland	-6 50,0	.....	59 51 50	.....	1 1 13 E
Stockholm	-6 50,5	.....	59 40 31	.....	1 2 53 E
Herzofsdorf	-6 48,5	.....	50 38 0	.....	1 1 41 E
Cajanebourg	-6 38,0	+ 50,0	30 8 13 30	.....	1 41 41 E
Saint-Petersbourg	.....	+ 1 16,7	54 51 57	.....	1 56 23 E
Wardhus	-6 24,8	+ 4 6,8	70 22 36	.....	5 11 35 O
Kola	-6 26,0	+ 3 6,9	68 52 55	.....	2 2 43 O
Ponoi	-6 21,8	+ 3 1,8	67 4 30	.....	2 35 11 O
Gurief	+ 6 19,7	+ 5 18,1	67 7 8	.....	18 28 E
Qyembourg	+ 6 17,7	+ 5 42,7	51 46 0	.....	3 31 0 O
Orsk	+ 6 11,4	.....	51 12 11	.....	3 44 28 O
Baunja	+ 3 56,1	+ 3 35,6	6 12 05	.....	6 38 15 O
Pekin	+ 3 54,4	+ 3 51,1	39 55 12 N	.....	7 56 53 O
Manille	+ 3 36,8	+ 3 8,2	14 36 8	.....	7 54 41 O

Mém. 1772. Fff

Bevor die Arbeiten von DUSEJOUR etwas beleuchtet werden, wollen wir nachsehen, wie EULERS Zeitgenossen HORNSBY und PINGRÉ auf sein Resultat reagierten.

HORNSBY hat in seiner Abhandlung [16] von 1772 seine scheinbar bewährte Methode der Mittelwert-Bildung nicht geändert. Auffallend ist jedoch, dass er nun für die a priori-Sonnenparallaxe den Wert $\pi_{\text{Theorie}} = 8.7''$ verwendet. Er vergleicht die in 5 verschiedenen Stationen gemessenen Transit-Dauern Δt_{32} untereinander und erhält mit der Formel $\pi_{\text{Obs}} = (\Delta t_{\text{Obs}} / \Delta t_{\text{Theorie}}) \pi_{\text{Theorie}}$ als Resultat $\pi_{\text{Obs}} = 8.65''$, woraus er $\pi_{\odot} = 8.78''$ bestimmt. HORNSBY scheint immerhin erkannt zu haben, dass man die ganze Sache einmal umdrehen und schauen könnte, wie sich $\pi_{\text{Obs}} = 8.65''$ auf die Meridian-Differenzen auswirkt, wenn man die Beobachtungen unter Annahme dieser Wertes auf bestimmte Meridiane reduziert und deren Differenzen bildet (Fig. 22). Er untersucht also den (indirekten) «effect of parallax» auf die Beobachtungen. Der nächste Schritt hätte nun in der Erkenntnis bestanden, den zu bestimmenden Parameter so zu variieren, dass der «effect of parallax» auf die mit diesem Parameterwert berechneten Unterschiede in den reduzierten Beobachtungsgrößen möglichst klein wird.

Den Vogel abgeschossen hat eindeutig PINGRÉ mit seiner Abhandlung [23] von 1775. In der Einleitung schreibt er: «Je me crois en état de prouver,

Fig. 24: Seite 420 aus der Abhandlung [23] von PINGRÉ. (Bild: gallica.bnf.fr)

420 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE

fortie plus de durée qu'elle ne devoit en avoir, il est probable qu'ils se font trompés dans l'observation du second contact intérieur. Dans le calcul de la durée, on a supposé la parallaxe du Soleil, de 8",5; si on eût supposé 8",8, la durée calculée auroit été un peu plus longue à Taiti; presque la même à Saint-Joseph, plus courte par-tout ailleurs. On peut encore conclure, si l'on veut, de cette Table, que la méthode de déterminer le diamètre de Venus par la durée de la fortie, quoiqu'excellente dans la théorie, est incertaine dans la pratique, & que par conséquent des combinaisons fondées sur la connoissance précise de ce diamètre ne peuvent donner un résultat bien certain.

TABLE des durées calculées & observées de la sortie de Venus.

NOMS des OBSERVATEURS.	LIEUX des OBSERVATIONS.	DURÉE calculée.	DURÉE observée.	ERREUR de l'Observat.
Le P. Hell.	Wardhus.	18 20',4	18 18',8	- 1',6
M. Mohr.	Batavia.	18 20,8	18 18,0	- 2,8
Le P. Collas.	Pékin.	18 8,5	18 5,0	- 3,5
M. Lowitz.	Gurief.	18 20,1	18 11,0	- 9,1
M. Borgewing.	Wardhus.	18 20,4	18 9,8	- 10,6
Le P. Sajnovics.	Wardhus.	18 20,4	18 8,8	- 11,6
L'Abbé Chappé.	Saint-Joseph.	18 43,8	18 28,8	- 15,0
M. Wales.	Baie d'Hudson.	18 30,5	18 15,7	- 14,8
Le P. Mayer.	Pétersbourg.	18 22,9	17 56,3	- 26,6
M. de Ronas.	Manille.	18 13,1	17 41,0	- 32,1
M. Green.	Taiti.	18 46,6	18 11,0	- 35,6
M. Euler.	Pétersbourg.	18 22,9	17 43,0	- 39,9
M. Lexell.	Pétersbourg.	18 22,9	17 40,0	- 42,9
M. Médina.	Saint-Joseph.	18 43,8	17 58,5	- 45,3
M. Doz.	Saint-Joseph.	18 43,8	17 53,5	- 50,3
M. Cook.	Taiti.	18 46,6	17 49,0	- 57,6
M. Dymond.	Baie d'Hudson.	18 30,5	18 31,7	+ 1,2
M. Kraft.	Orenbourg.	18 18,7	18 28,0	+ 9,3
M. Ch. Euler.	Orsk.	18 19,0	18 31,0	+ 12,0
Le P. Dollieres.	Pékin.	18 8,5	18 36,0	+ 27,5

j'oserois presque dire de démontrer rigoureusement, ou que cette parallaxe est à peu-près telle que M.^{rs} Euler & Hornsby l'ont déterminée, ou qu'on ne peut rien conclure de la durée du dernier passage de Venus.» Lagen seine Vorstellungen über den Wert für die Sonnenparallaxe in seinen früheren Arbeiten stets bei etwa $10''$, so verwendet er nun (überraschenderweise!) für $\pi_{\text{Theorie}} = 8.80''$. Sodann vergleicht er die in 5 Stationen gemessenen Transit-Dauern Δt_{32} mit den an fünf anderen Stationen gemessenen Werten und bildet daraus den Mittelwert. Er erhält als Resultat (wen erstaunt's noch?) $\pi_{\text{Obs}} = 8.78''$. Daraus folgt er, dass die mittlere Sonnenparallaxe $\pi_{\odot} = 8.8''$ sein muss, womit er den «strengen Beweis» geliefert hat. Abgesehen von dieser doch sehr zweifelhaften Beweisführung scheint auch PINGRÉ zumindest realisiert zu haben (Fig. 23 und 24), dass unterschiedliche Parallaxen-Werte auch einen unterschiedlichen «effet de la parallaxe» auf die reduzierten Vergleichsgrößen bzw. einen unterschiedlichen «erreur de l'observation» hervorrufen.

Abschliessend sei nun noch die äußerst bemerkenswerte Abhandlung [2] von ACHILLE PIERRE DIONIS DU SÉJOUR (oder DUSEJOUR) (1734-1794) vorgestellt. Es ist dies das 16. Mémoire aus einer Reihe von insgesamt 18 Mémoires, die DUSEJOUR zwischen 1767 und 1786 in den *Histoire de l'Académie Royale des Sciences avec les Mémoires de Mathématique et de Physique, Tirés des Registres de cette Académie* für die Jahrgänge 1764 bis 1783 publiziert hat. In diesen über 2000 Seiten umfassenden Abhandlungen befasste er sich vorwiegend mit der Berechnung von Finsternissen und Sternbedeckungen sowie mit der Auswertung von astronomischen Beobachtungen. Er veröffentlichte seine Abhandlungen etwas später in einem zwei-bändigen Lehrbuch [3]. Es ist erstaunlich, dass seine Werke in der Fachwelt offenbar wenig Beachtung fanden, vielleicht weil er kein Berufs-Astronom war. Einzig JEAN-BAPTISTE-JOSEPH DELAMBRE (1749-1822), der durch seine theoretischen und historischen Arbeiten zur Astronomie bekannt und durch die zusammen mit PIERRE-FRANÇOIS-ANDRÉ MÉCHAIN (1744-1804) verfasste «Base du système métrique décimale» [19] (mit der das Dezimal-System offiziell eingeführt wurde) weltberühmt wurde, widmete dem Werk DUSEJOURS in seiner «Histoire de l'Astronomie au Dix-Huitième siècle» [1] 27 Seiten und bekundete damit grossen Respekt für dessen Leistungen. Im *Dictionary of Scientific Biography* schreibt RENÉ TATON [28] zu DU-

344 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE
ont un signe contraire avec le même coefficient numérique; on
donneroit donc également l'explication des phénomènes, en ad-
mettant une diminution réelle dans le demi-diamètre de la Lune.

RÉCAPITULATION des Sections précédentes.

Équation complète aux Longitudes.

(122.) J'ai épuisé, ce me semble, toutes les façons possibles
de faire varier les équations du §. 65; je puis donc déterminer
maintenant l'équation complète aux Longitudes, en lui donnant
la forme la plus générale dont elle soit susceptible.

Soit

Z' le lieu d'où l'on compte les Longitudes.
Z l'angle horaire du lieu Z' à l'instant de la conjonction. Je suppose
cet angle évalué en temps.

z' le lieu où l'on a observé, & dont on cherche la différence en
longitude avec le lieu Z'.

z l'angle horaire du lieu z' à l'instant de l'observation. Je suppose
cet angle évalué en temps.

b' le nombre de secondes horaires écoulées, depuis l'instant de la
conjonction donné par les Tables astronomiques jusqu'à l'instant
de l'observation, ou calculé par la formule du §. 65.

$$A = \frac{\psi l}{\zeta} - \frac{g p \omega}{r^2} + \frac{c g p \omega}{r^2} + \frac{c h p p \omega}{r^2};$$

$$F = \frac{\theta l}{\zeta} - \frac{g p \omega}{r^2} - \frac{c g p \omega}{r^2} + \frac{c h p p \omega}{r^2};$$

$$E = \frac{\xi}{\zeta} - \frac{p \pi}{r^2} - \frac{c p q \pi}{r^2} - \frac{b^2 \pi}{3600'' r^2};$$

$$L = \frac{c' r' E}{\pi \zeta'} - \frac{b' r r}{\pi \zeta} \text{ s'il s'agit d'un contact intérieur des limbes.}$$

$$L = \frac{c' r' E}{\pi \zeta'} + \frac{b' r r}{\pi \zeta} \text{ s'il s'agit d'un contact extérieur des limbes.}$$

$$L = \frac{\lambda r E}{\pi \zeta} \text{ s'il s'agit d'une distance quelconque des centres.}$$

N =

ferenz zwischen den Stundenwinkeln z und Z definiert sind, wobei zu unterscheiden ist, ob die Stundenwinkel zur Beobachtungs-Epoche östlich oder westlich des Bezugs-Meridians zu liegen kommen. Im folgende betrachten wir der Einfachheit halber nur die Grösse y und deren Ableitung dy . Die Observablen, d. h. die in einer Station gemessenen Kontaktzeiten, fliessen als Zeitargumente (Beobachtungs-Epochen) in das Modell für y , das sämtliche relevanten Parameter enthält, hinein. Insbesondere steckt in y der Zentrumsabstand zwischen Sonne und Venus. Die Korrekturgrösse dy enthält die Ableitungen von y nach den Modell-Parametern als Koeffizienten der Korrektur-Terme. Die Idee besteht nun darin, diese Korrektur-Terme zu den einzelnen Parametern aus

den Beobachtungen der Kontaktzeiten mit Hilfe von Bedingungsgleichungen für die Transit-Dauern Δt_{32} und Δt_{42} zu bestimmen. Die für das Modell benötigten Elemente, die aus astronomischen Tafeln stammen, sind für den Transit von 1761 in der Fig. 27 abgebildet. Zu beachten sind die für die Sonnenparallaxe verwendeten und für die Transit-Epochen gültigen a priori-Werte von $8.60''$ (für die Auswertung des Transits von 1761) bzw. von $8.62''$ (für die Auswertung des Transits von 1769).

Nun wird für jeden der beiden Durchgänge, für jede Beobachtungsstation sowie für jeden Kontakt die Grösse $y + dy$ berechnet (Fig. 28). Sodann werden zwei Typen von Bedingungsgleichungen pro Station und Durchgang aufgestellt:

Fig. 26: Seite 348 aus dem 8. Mémoire von DUSÉJOUR, auf der die Parameter definiert werden. (Bild: gallica.bnf.fr)

348 MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE

$$\mu = + \frac{3600'' \zeta}{206265'' \eta} \times A - \frac{3600'' \zeta}{206265'' \eta} \times \frac{AF}{\sqrt{(L^2 - A^2)}}$$

$$\varepsilon = - \frac{3600'' r^2 \zeta}{206265'' \eta^2 \psi \pi} \times F + \frac{3600'' r^2 \zeta}{206265'' \eta^2 \psi \pi} \times \sqrt{(L^2 - A^2)}$$

$$\Gamma = \left\{ \begin{array}{l} + \frac{3600'' \zeta r}{206265'' \eta \pi} \times (F - \frac{\theta l}{\zeta}) - \frac{3600'' \zeta r}{206265'' \eta \pi} \times \sqrt{(L^2 - A^2)} \\ + \frac{3600'' \zeta r}{206265'' \eta \pi} \times \frac{L^2}{\sqrt{(L^2 - A^2)}} - \frac{3600'' \zeta r}{206265'' \eta \pi} \times \frac{\psi l}{\zeta} \frac{A}{\sqrt{(L^2 - A^2)}} \end{array} \right.$$

$$\Theta = \frac{3600'' \theta r^2}{206265'' \eta \pi} + \frac{3600'' \psi r^2}{206265'' \eta \pi} \times \frac{A}{\sqrt{(L^2 - A^2)}}$$

$$\Sigma = - \frac{3600'' r^2}{206265'' \eta \pi} \times \frac{L E}{\sqrt{(L^2 - A^2)}}$$

$$y = z - Z + \frac{3600'' \zeta}{\eta r} \times F - \frac{3600'' \zeta}{\eta r} \sqrt{(L^2 - A^2)}$$

$$dy = \left\{ \begin{array}{l} + \frac{b' \zeta}{206265'' \eta \pi} \times \frac{L^2}{\sqrt{(L^2 - A^2)}} \text{ var. hor. (parall. horiz. pol. de la Lune)} \\ + \frac{b'}{3600''} \times \frac{e}{r} \text{ var. hor. (déclin. du Soleil) } + \frac{e}{r} d(\text{déclin. du Soleil}) \\ + \frac{\Delta}{r} d(\text{instant de l'observ.}) + \frac{\beta}{r} d(\text{latitude de l'Observatoire}) \\ + \omega d(\text{demi-grand axe terrestre}) + \frac{\mu}{r} d(\text{inclin. de l'orbite corr.}) \\ + \frac{\varepsilon}{r} d(\text{mouv. hor. de la } \odot \text{ au } \ominus) + \frac{\Gamma}{r} d(\text{parall. horiz. pol. de la } \odot) \\ - \frac{\Gamma}{r} d(\text{parall. horiz. du Soleil}) + \frac{\Theta}{r} d(\text{latitude de la Lune.}) \\ \text{Contacts intérieurs des limbes.} \\ + \frac{\Sigma}{r} d(\text{demi-diam. du } \odot) + \frac{\Sigma}{r} d(\text{inflexion}) - \frac{\Sigma}{r} d(\text{demi-diam. de la } \odot) \\ \text{Contacts extérieurs des limbes.} \\ + \frac{\Sigma}{r} d(\text{demi-diam. du } \odot) - \frac{\Sigma}{r} d(\text{inflexion}) + \frac{\Sigma}{r} d(\text{demi-diam. de la } \odot) \\ \text{Distance quelconque des centres.} \\ + \frac{\Sigma}{r} d(\text{distance des centres.}) \end{array} \right.$$

On aura
Longitude du lieu z' - longitude du lieu Z' $\left\{ \begin{array}{l} = Y + dY. \\ = y + dy. \end{array} \right.$

Fig. 25: Seite 344 aus dem 8. Mémoire von DUSÉJOUR, auf der die Parameter definiert werden. (Bild: gallica.bnf.fr)

SÉJOURS Werk: «All these works are dominated by an obvious concern for rigor and by a great familiarity with analytical methods; if the prolixity of the developments and the complexity of the calculations rendered them of little use at the time, their reexamination in the light of present possibilities of calculation would certainly be fruitful». Ein weiterer Grund für die «Missachtung» der Werke DUSÉJOURS mag sein extrem kompakter Schreibstil gewesen sein. Im erwähnten 16. Mémoire verwendet er durchgehend Symbole, die er in den vorhergehenden Abhandlungen (das sind immerhin etwa 1800 Seiten) irgendwo einmal definiert hat. Die Definitionen der für dieses Mémoire relevanten Symbole, Parameter und Begriffe findet man z.B. im 8. Mémoire von 1773 zusammengestellt. Zwei Seiten dieser mehrere Seiten umfassenden Zusammenstellung sind in den Fig. 25 und 26 wiedergegeben. Damit wären wir auch schon bereits Mitten in der Erklärung seiner Auswerte-Methode.

Sei Z' der Bezugsort (z.B. das Erdzentrum) und Z der Stundenwinkel von Z' zum Zeitpunkt der Konjunktion, ausgedrückt als Zeitmass. Sei weiter z' ein Beobachtungsort und z der Stundenwinkel von z' zum Zeitpunkt der Beobachtung, ebenfalls ausgedrückt als Zeitmass. Nun berechne man die Längen y bzw. Y , die (abgesehen von Umrechnungs-Termen) im wesentlichen als Dif-

Typ (1) für Δt_{42} : $y'' - y + dy'' - dy = 0$
Typ (2) für Δt_{32} : $y' - y + dy' - dy = 0$,

wobei y und dy für den Zeitpunkt des 2. Kontaktes, y' und dy' für den Zeitpunkt des 3. Kontaktes, und y'' und dy'' für den Zeitpunkt des 4. Kontaktes gelten. Diese Bedingungsgleichungen sind als Funktion der Korrektur des scheinbaren Sonnenhalbmessers, der scheinbaren geozentrischen Breite der Venus, der Sonnenparallaxe sowie der scheinbaren geozentrischen stündlichen Bewegung der Venus formuliert. Sodann werden alle Bedingungsgleichungen pro Typ und Durchgang aufsummiert, was vier Gleichungen ergibt: I für Typ 1 von 1761, II für Typ 1 von 1769, III für Typ 2 von 1761 und IV für Typ 2 von 1769. Dann werden diese Gleichungen (durch Kombination und Elimination) aufgelöst nach den Korrekturen für die Sonnenparallaxe, für die geozentrische Breite der Venus und für den scheinbaren Halbmesser der Venus-Scheibe, was je zwei Bedingungsgleichungen pro Durchgang sowie eine Gleichung für den Halbmesser der Venus als Funktion der Korrektur des Sonnenhalbmessers, der Korrektur der stündlichen Bewegung der Venus sowie der Beobachtungs-Fehler ergibt. Dabei wird ange-

nommen, dass die Summe der Beobachtungs-Fehler Null ist, d. h. dass sich die Fehler der Kontaktzeit-Differenzen statistisch zu Null mitteln. Das Ergebnis ist in den Fig. 29 und 30 dargestellt. DUSÉJOUR erhält für die mittlere Sonnenparallaxe (aus beiden Transits) den Wert $\pi_{\odot} = 8.8418''$. Die nochmalige Auswertung in seinem Lehrbuch [3] ergibt den Wert $\pi_{\odot} = 8.851''$.

Es empfiehlt sich, die hier sehr abgekürzt geschilderte Auswertung in der Original-Abhandlung sowie in den Vorläufer-Abhandlungen nachzulesen. Es dürfte schwierig sein, nebst der Abhandlung von EULER, eine ähnlich strenge Parameterbestimmung aus den 1770er Jahren oder aus früheren Jahren zu finden. Offen bleibt die Frage, inwiefern die Arbeiten von EULER und DUSÉJOUR über die Auswertung der Venus-Transits von 1761 und 1769 die Entwicklung der Parameterbestimmungs-Methoden beeinflusst haben. Es wurde und wird immer wieder behauptet, die Venus-Durchgänge des 18. Jahrhunderts seien ein wissenschaftlicher Misserfolg gewesen, da man scheinbar nicht die gewünschte Genauigkeit für die Sonnenparallaxe aus den Beobachtungen bestimmen konnte. Der «Gegenbeweis» wurde nicht nur durch EULER und DUSÉJOUR, sondern im 19. Jahrhundert durch SIMON NEWCOMB (1835-1909) erbracht.

Die Resultate von ENCKE und NEWCOMB

Nachdem zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Ausgleichs-Rechnung durch GAUSS mittels der Methode der kleinsten Quadrate etabliert wurde, machte sich der Himmelsmechaniker JOHANN FRANZ ENCKE (1791-1865) daran, sämtliche Beobachtungen der Venus-Durchgänge von 1761 und 1769 mit dieser Methode auszuwerten. Dies hatte einen gewichtigen Grund. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts hat die Astrometrie, vor allem in Dorpat, Königsberg und Pulkowo, gewaltige Fortschritte gemacht. REICHENBACH und REPSOLD entwickelten und bauten Meridian- und Passage-Instrumente von hervorragender Qualität, mit denen es gelungen ist, die erste Fixstern-Parallaxe zu messen, die Polschwankung nachzuweisen, oder präzise Stern-Kataloge herzustellen. In diesem Zusammenhang drängte sich das Problem auf, die fundamentalen astronomischen Konstanten mit hoher Genauigkeit zu bestimmen. Neben der Präzessions-, Nutations- oder Aberrations-Konstanten, um nur einige zu nennen, war natürlich auch eine Neubestimmung der Sonnenparallaxe eine dringende Aufgabe. Ohne die Kenntnis hoch-präziser Werte für die astronomischen Konstanten konnten die anstehenden Probleme, insbesondere die Auswertung astrometrischer Messungen, nicht gelöst werden. Die Genauigkeit der Sonnenparallaxe genügte den Anforderungen nicht mehr.

ENCKE publizierte seine Ergebnisse in drei Abhandlungen, die 1822 [4], 1824 [5] und 1835 [6] erschienen sind. Er bemühte sich, sämtliche Beobachtungen zusammenzutragen und für die Auswertung aufzubereiten. Dazu gehörte auch die Rekonstruktion der genauen Beobachtungsstandorte und die Bestimmung der jeweiligen geographischen Koordinaten. Im Sinne der oben geschilderten, modernen Parameterbestimmung schätzte er aus den Beobachtungen beider Durchgänge folgende Werte für die mittlere Sonnenparallaxe:

Tabelle 5: ENCKES Resultate für die mittlere Sonnenparallaxe.

Jahr	Mittlere Sonnenparallaxe	Fehler
1822	8.490525''	$\pm 0.060712''$
1824	8.5776''	$\pm 0.0370''$
1835	8.57116''	$\pm 0.0370''$

Das Resultat von 1835 hatte über 20 Jahre seine unangefochtene Gültigkeit, bis 1854 ENCKES Berufskollege, der Himmelsmechaniker PETER ANDRE-

Fig. 27: Ausschnitte aus den Seiten 298 und 299 der Abhandlung [2] von DUSÉJOUR, auf der die aus den astronomischen Tabellen entnommenen Näherungswerte für den Durchgang von 1761 aufgelistet sind. (Bild: gallica.bnf.fr)

Éléments hypothétiques dont j'ai fait usage pour former les équations de condition.

Passage du 6 Juin 1761 dans le néant descendant.

(4.) J'ai supposé que l'on avoit pour ce passage, les éléments suivans:

Heure que l'on comptoit à Paris, le 5 Juin, à l'instant de la conjonction de Vénus & du Soleil, vue du centre de la Terre..... 17^h 56' 43".

Longitude héliocentrique de Vénus & de la Terre, à l'instant de la conjonction. 9^h 15^h 36' 25".

Longitude du Soleil, vue de la Terre..... 75. 36. 25.

Obliquité de l'Écliptique..... 23. 28. 14.

Déclinaison du Soleil..... 22. 41. 30.

Parallaxe horizontale du Soleil, le jour du passage..... 0. 0. 8,60.

Demi-diamètre du Soleil tiré des Tables... 0. 15. 46,9.

Mouvement horaire du Soleil..... 0. 2. 23,40.

Mouvement horaire héliocentrique de Vénus en longitude..... 0. 3. 57,93.

Mouvement horaire héliocentrique en longitude de Vénus au Soleil..... 0. 1. 34,53.

Mouvement horaire héliocentrique de Vénus en latitude..... 0. 0. 14,20.

Distance de la Terre au Soleil = 1,01546.

Distance de Vénus au Soleil = 0,72636.

Mouvement horaire géocentrique en longitude de Vénus au Soleil..... 0. 3. 37,61.

Inclinaison de l'orbite relative..... 188. 32. 40.

Angle de l'orbite relative avec le fil équatorial..... 194. 42. 20.

Latitude héliocentrique de Vénus à l'instant de la conjonction..... 0. 3. 48,60 aufr.

Latitude géocentrique de Vénus à l'instant de la conjonction..... 0. 9. 34,36 aufr.

Parallaxe horizontale de Vénus..... 0. 0. 30,23.

Demi-diamètre de Vénus, vu de la Terre... 0. 0. 28,60.

Rapport des axes de la Terre, comme 229 à 230.

Fig. 28: Seite 301 aus der Abhandlung [2] von DUSÉJOUR mit dem Resultat der Berechnung von $y + dy$, $y' + dy'$ sowie $y'' + dy''$ für die an einer Beobachtungsstation gemessenen Zeitpunkte des zweiten, dritten und vierten Kontaktes. (Bild: gallica.bnf.fr)

DES SCIENCES. 301

Le contact extérieur des limbes lors de l'entrée de Venus, n'a point été observé.

Latitude de Tobolsk, ... 58^h 12' 22" boréale.

Calcul de l'observation de Tobolsk, d'après les éléments hypothétiques du §. 4.

Contact intérieur des limbes lors de l'entrée à 19^h 0' 30"

$y + dy = 22^h 16' 40'' + 1,006 d$ (instant du contact intérieur)
 $+ 19,461 d$ (demi-diam. \odot) $- 19,461 d$ (demi-diam. \ominus) $- d$ (inflex.)
 $+ 10,055 d$ (latit. géocentrique de Vénus) $- 37,766 d$ (parall. \odot)
 $+ 49,538 d$ (mouvement horaire géocentrique de Vénus au Soleil).

Contact intérieur des limbes lors de la sortie à 0^h 49' 20"

$y' + dy' = 22^h 14' 11'' + 1,010 d$ (instant du contact intérieur)
 $- 19,316 d$ (demi-diam. \odot) $+ 19,316 d$ (demi-diam. \ominus) $- d$ (inflex.)
 $- 14,282 d$ (latit. géocentrique de Vénus) $+ 26,093 d$ (parall. \odot)
 $- 39,171 d$ (mouvement horaire géocentrique de Vénus au Soleil).

Sortie totale à 1^h 7' 42", ...

$y'' + dy'' = 22^h 14' 45'' + 1,010 d$ (instant de la sortie totale)
 $- 18,624 d$ (demi-diam. \odot) $- 18,624 d$ (demi-diam. \ominus) $- d$ (inflex.)
 $- 13,165 d$ (latit. géocentrique de Vénus) $+ 26,320 d$ (parall. \odot)
 $- 43,686 d$ (mouvement horaire géocentrique).

Soit maintenant $a = 1,010 d$ (instant de la sortie totale)
 $- 1,006 d$ (instant du premier contact intérieur);
 $a'' = 1,010 d$ (instant du dernier contact intérieur)
 $- 1,006 d$ (instant du premier contact intérieur).

Il est évident que l'on aura

AS HANSEN (1795-1874) mittels der parallaxischen Gleichung des Mondes nachweisen konnte, dass die Sonnenparallaxe wesentlich grösser sein muss. HANSEN bestimmte die Sonnenparallaxe 1863/64 aus der Mondtheorie zu $8.916''$ [13]. Aus den bevorstehenden Venus-Transits von 1874 und 1882 erhoffte man sich, die Frage nach dem wahren Wert der Sonnenparallaxe nun endgültig beantworten zu können, insbesondere deshalb, weil man eine ganz neue Beobachtungs-Technik einsetzen konnte: die Photographie. Sie erlaubte es erstmals, den ganzen Verlauf eines Durchganges photographisch festzuhalten und die Winkeldistanzen zwischen den Zentren der Sonnen- und Venus-Scheibe auf den Photo-Platten zu messen, wodurch die Anzahl der «Beobachtungen» wesentlich gesteigert werden konnte. Dies ist deshalb wichtig, weil der Fehler eines geschätzten Parameters mit der Quadrat-Wurzel aus der Anzahl der Beobachtungen abnimmt. Doch auch die Auswertungen der Venus-Transits des 19. Jahrhunderts brachten nicht die gewünschten Ergebnisse: die geforderte Genauigkeit, um von einem befriedigendem Resultat sprechen zu können, war selbst für die neuen Beobachtungs-Methoden mittlerweile schlicht zu hoch. Dennoch nahm sich NEWCOMB die Mühe, sämtliche Beobachtungen der Transits von 1761 und 1769 noch einmal auszuwerten. Die Auswertung und die Resultate erschienen 1891 [20]

als 5. Teil des 2. Bandes der berühmten Reihe der *Astronomical Papers prepared for the Use of the American Ephemeris and Nautical Almanac*. In der Einleitung diskutiert er mögliche Probleme der Auswertungen von ENCKE, muss aber die Frage offen lassen, weshalb ENCKE einen zu kleinen Wert für die Sonnenparallaxe erhielt: «*The question may be asked, why the final result for the solar parallax obtained in the present paper differs so widely from that deduced by ENCKE from the same observations. The completeness and thoroughness of ENCKE's work, with which the writer has been more and more impressed as he proceeded with his own, makes this question all the more pertinent. At the same time he is not prepared to give a definitive answer, for the reason that he has throughout avoided any such comparison of his own work with that of his predecessor as might, by any possibility, bias his judgment in discussing the observations. He entertains the hope that some other astronomer will consider the subject of sufficient interest to make a thorough comparison of the two sets of results.*» NEWCOMB erörtert dann mögliche Gründe: Ungenaue Bestimmung der Längen der Beobachtungsstationen, «falsche» Gewichtung der Beobachtungen, Auswahl der Beobachtungen, Behandlung systematischer Effekte, insbesondere des Tropfen-Phänomens. Es ist nicht auszuschliessen, dass sogar Rechen-

fehler in ENCKES Auswertung stecken könnten, muss man doch bedenken, dass eine Ausgleichung von diesem Ausmass damals ohne Rechenhilfsmittel eine ziemlich mühsame Angelegenheit war.

NEWCOMBS Resultat bestätigte die Werte von EULER und DUSÉJOUR: Er bestimmte die mittlere Sonnenparallaxe zu $\pi_{\odot} = 8.79''$ mit einem mittleren Fehler von $\pm 0.051''$ bzw. einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0.034''$. Erinnern wir uns an die Abschätzung HALLEYS, der eine Genauigkeit von $0.02''$ für möglich (und – für die damalige Zeit – zufriedenstellend!) hielt, wurde dieses Ziel durch EULER und DUSÉJOUR in etwa erreicht, wie auch NEWCOMBS Abhandlung eindrücklich bestätigt. NEWCOMBS Wert für die Sonnenparallaxe stimmt mit dem heutigen Wert von $\pi_{\odot} = 8.794148''$ sehr gut überein. Weshalb die Venus-Transits des 18. und 19. Jahrhunderts dennoch immer wieder als Misserfolge beurteilt werden, liegt u.a. auch daran, dass die gestellten Anforderungen an die Genauigkeit des Wertes für die Sonnenparallaxe in jedem Jahrhundert stets höher waren als die Beobachtungs- und Auswerte-Methoden dies jeweils erlaubten. Aus wissenschafts-historischer Sicht müssen in diesem Kontext die Beobachtungs-Kampagnen und die daraus folgende Entwicklung der Auswerte-Methoden als voller Erfolg betrachtet werden.

Schlussfolgerungen

Durch die Beobachtungs-Kampagnen anlässlich der Venus-Transits von 1761 und 1769 wurden die Astronomen zum ersten Mal mit dem (nicht trivialen) Problem konfrontiert, wie eine grosse Zahl von Beobachtungen verarbeitet werden sollte und wie daraus gewisse Parameter bestimmt werden konnten. Die Verfahren von EULER und DUSÉJOUR wiesen in die richtige Richtung: Ihre Art der Parameter-Bestimmung kommt den modernen Methoden schon sehr nahe. Die Resultate von EULER und DUSÉJOUR sowie die Auswertung von NEWCOMB zeigen, dass die Venus-Transits des 18. Jahrhunderts hinsichtlich der durchgeführten Beobachtungen und der darauf folgenden Entwicklung adäquater Auswerte-Methoden *kein* Misserfolg waren. Insbesondere stellten die Anstrengungen zur Verarbeitung der Venus-Transit-Beobachtungen im 18. Jahrhundert einen ersten Schritt zur Entwicklung der modernen Methoden der Ausgleichung und der Parameter-Bestimmung dar.

DR. ANDREAS VERDUN

Astronomisches Institut Universität Bern
Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern

Fig. 29: Seite 329 aus der Abhandlung [2] von DUSÉJOUR mit den Resultaten für die Transits von 1761 und 1769. (Bild: gallica.bnf.fr)

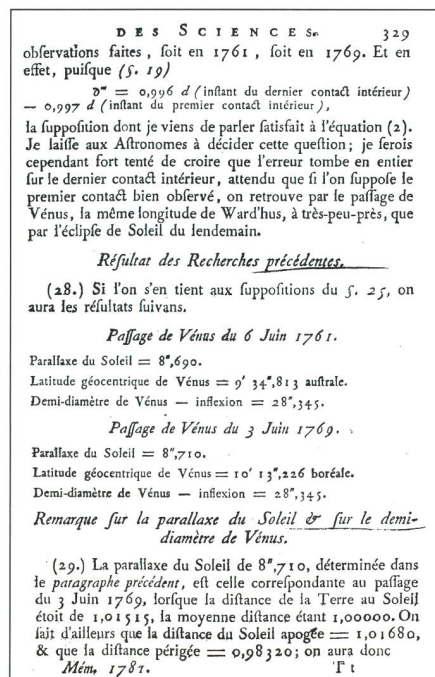
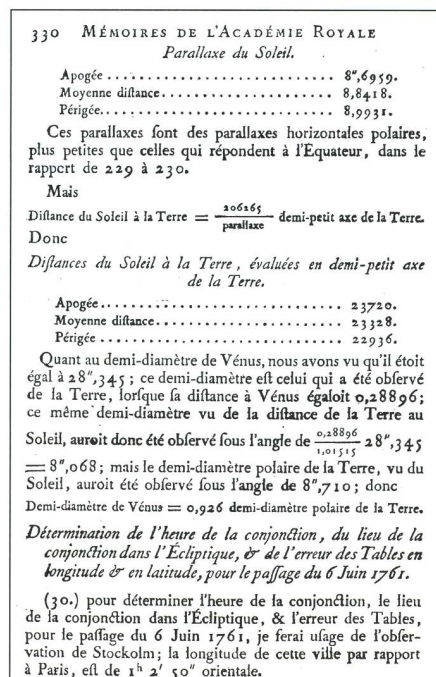


Fig. 30: Seite 330 aus der Abhandlung [2] von DUSÉJOUR mit dem End-Resultat für die mittlere Sonnenparallaxe. (Bild: gallica.bnf.fr)



Bibliographie

Abkürzungen:

H & M: Histoire de l'Académie Royale des Sciences avec les Mémoires de Mathématique et de Physique, Tirés des Registres de cette Académie
Phil. Tr.: Philosophical Transactions, giving some Account of the Present Undertakings, Studies and Labours, of the Ingenious, in many Considerable Parts of the World

- [1] DELAMBRE J. B. J.: Histoire de l'Astronomie au Dix-Huitième Siècle. Paris, Bachelier 1827.
- [2] DUSÉJOUR, A. P. DIONIS: Nouvelles Méthodes Analytiques pour résoudre différentes Questions Astronomiques, Dans lequel on applique à la détermination de la parallaxe du Soleil, les Formules analytiques démontrées dans les Mémoires précédens. *H & M* (Paris) 1781 (1784), p. 297-336.
- [3] DUSÉJOUR, A. P. DIONIS: Traité analytique des mouvemens apparens des corps célestes. Paris 1786 / 1789.
- [4] ENCKE, J. F.: Die Entfernung der Sonne von der Erde aus dem Venusdurchgange von 1761. Gotha, Becker 1822.
- [5] ENCKE, J. F.: Der Venusdurchgang von 1769 als Fortsetzung der Abhandlung über die Entfernung der Sonne von der Erde. Gotha, Becker 1822.
- [6] ENCKE, J. F.: Über den Venusdurchgang von 1769. *Abhandl. der Kgl. Akad. d. Wiss. Berlin*, Jahrg. 1835, p. 295-309. (Berlin, Dümmler 1837)
- [7] EULER, L.: Expositio methodorum, cum pro determinanda parallaxi solis ex observato transitu Veneris per Solem, tum pro inveniendis longitudinibus locorum super terra, ex observationibus eclipsium solis, una cum calculis et conclusionibus inde deductis. *Novi commentarii academiae scientiarum Petropolitanae*, 14/II (1767), 1770, p. 322-554. *Leonhardi Euleri Opera Omnia*, II 30 (1964), p. 153-231.
- [8] GREGORY, J.: Optica promota, seu abditia radiorum reflexorum et refractorum mysteria, geometricè enucleata; cui subnectitur appendix, subtilissimorum astronomiae problematon resolutionem exhibens. Londini, Excudebat J. Hayes, pro S. Thomson, 1663.
- [9] HALLEY, E.: Mercurii transitus sub soli disco, Octob. 28. Anno 1677, cum tentamine pro solis parallaxi. In: *Catalogus stellarum australium*. Londini, T. James 1679.
- [10] HALLEY, E.: De visibili conjunctione inferiorum planetarum cum Sole. *Phil. Tr.*, Vol. 17 (1693), London 1694.
- [11] HALLEY, E.: Methodus singularis quae Solis parallaxis, ope Veneris intra Solem conspiciendae, tuto determinari poterit. *Phil. Tr.* (London), Vol. 29 (1716), London 1717, p. 454-464.
- [12] HALLEY, E. / CHAPPE D'AUTEROCHE, J. / LALANDE, J. J. DE: Tables astronomiques de M. Hallei. Second édition. Paris, Durant / Pissot 1754 / 1759.
- [13] HANSEN, P. A.: Calculation of the Sun's parallax from the lunar theory. *Monthly Notices*, Vol. 24 (1863), p. 8-12.
- [14] HEVELIUS, J.: Mercurius in Sole visus Anno 1661. Gedani 1662.
- [15] HORNSBY, T.: A Discourse on the Parallax of the Sun. *Phil. Tr.* (London), 53 (1763), 1764, 467-495.
- [16] HORNSBY, T.: The Quantity of the Sun's Parallax, as deduced from the Observations of the Transit of Venus, on June 3, 1769. *Phil. Tr.* (London), 61 (1771), 1772, 574-579.
- [17] LACAILLE, N. L. DE: Tabulae solares Quas è novissimis suis Observationibus deduxit. Parisiis, Guerin / Delatour 1758.
- [18] LALANDE, J. J. DE: Astronomie. Troisième édition, revue et augmentée. Paris, Desaint 1792.
- [19] MÉCHAIN, P. F. A. / DELAMBRE, J. B. J.: Base du Système Métrique Décimal, ou Mesure de l'Arc du Méridien compris entre les Parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792 et Années suivantes. Paris, Baudouin & Garnery 1806/1807/1810.
- [20] NEWCOMB, S.: Discussion of Observations of the Transits of Venus in 1761 and 1769. *Astronomical Papers prepared for the Use of the American Ephemeris and Nautical Almanac*, Vol. II, Part 5. Washington, Bureau of Equipment, Navy Department 1891.
- [21] PINGRÉ, A. G.: Observations Astronomiques pour la Détermination de la Parallaxe du Soleil, faites en l'Isle Rodrigues. *H & M* (Paris), 1761 (1763), 413-486.
- [22] PINGRÉ, A. G.: Nouvelle Recherche Sur la détermination de la Parallaxe du Soleil par la Passage de Vénus du 6 Juin 1761. *H & M* (Paris), 1765 (1768), 1-34.
- [23] PINGRÉ, A. G.: Mémoire sur la Parallaxe du Soleil, Déduite des meilleures Observations de la durée du passage de Vénus sur son disque le 3 Juin 1769. *H & M* (Paris), 1772/II (1775), 398-420.
- [24] PLANMAN, A.: A Determination of the Solar Parallax attempted, by a peculiar Method, from the Observations of the last Transit of Venus (Parallaxis Solis ex Observationibus novissimi Transitus Veneris per discum Solarem, peculiari quadam methodo investigata). *Phil. Tr.* (London), 58 (1768), 1769, 107-127.
- [25] SHORT, J.: The Observations of the internal Contact of Venus with the Sun's Limb, in the late Transit, made in different Places of Europe, compared with the Time of the same Contact observed at the Cape of Good Hope, and the Parallax of the Sun from thence determined. *Phil. Tr.* (London), 52 / II (1762), 1762, 613-628.
- [26] SHORT, J.: Second Paper concerning the Parallax of the Sun determined from the Observations of the late Transit of Venus, in which this Subject is treated of more at length, and the Quantity of the Parallax more fully ascertained. *Phil. Tr.* (London), 53 (1763), 1764, 300-345.
- [27] STREETE, T.: Astronomia Carolina, A new Theory of the celestial motions. Londini 1661.
- [28] TATON, R.: Dionis du Séjour, Achille-Pierre. In: GILLISPIE, C. C.: *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. IV. New York, Charles Scribner's Sons 1971. p. 107-108.
- [29] VERDUN, A.: Leonhard Euler und die alte Sternwarte von St. Petersburg. *Orion* 319 (6 / 2003), p. 4-15.
- [30] WOOLF, H.: Transits of Venus. A Study of Eighteenth-Century Science. Princeton, Princeton University Press 1959.

SAG - Kolloquium 2004: Venustransit

Termin: Samstag 13. November 2004

Ort: Parktheater Grenchen – **Zeit:** 10 bis 16 Uhr

Kosten: Das Kolloquium wird inklusive Mittagessen und Pausenkaffee angeboten

Programmübersicht

– Das AVZ-Projekt «Venustransit 2004»

– *Geschichtliches – Die Beobachtung – Die Auswertung – Die Erkenntnisse*

Anmeldung:

Hugo Jost-Hediger, Lingeriz 89, 2540 Grenchen, Tel. 032 653 10 08, email: hugojost@bluewin.ch

Anmeldungen bitte bis spätestens 1. Oktober 2004.

L'Observatoire Astronomique de Strasbourg et son histoire multinationale

ANDRÉ HECK

Quatrième partie

Encore quelques grands hommes

Les trois premiers articles de cette série ont été successivement consacrés à la fondation de l'Observatoire Astronomique de Strasbourg et à l'évolution de ses bâtiments, à ses directeurs tant allemands que français (la région a en effet changé de nationalité à plusieurs reprises en trois quarts de siècle), ainsi qu'à ses grands instruments et à quelques projets remarquables qui y virent le jour ou qui y furent installés.

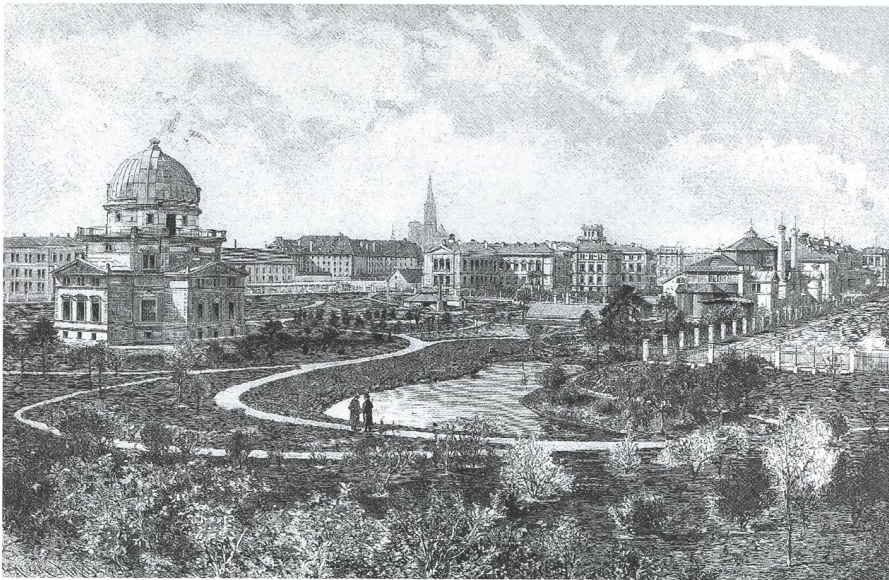


Fig. 1 – La Grande Coupole et le Jardin Botanique avant la première guerre mondiale (à comparer par exemple avec la Fig. 15). Le coin de grillage au bord droit de la gravure correspond à l'actuelle rue Goethe. (© Obs. Astron. Strasbourg)

Cette dernière partie présente quelques personnalités scientifiques qui furent associées à l'établissement. Il est évidemment hors de question de passer en revue ici tous les astronomes ayant contribué à la renommée de l'Observatoire de Strasbourg. Une liste aussi complète que possible du personnel scientifique sera publiée dans un ouvrage en cours de réalisation (Heck 2005).

La première époque allemande

Contrairement à ce que l'on a parfois tendance à croire de nos jours, les grandes sources de références bibliographiques ne sont pas nées avec les ordinateurs. Au-delà de quelques réalisations

spécifiques à partir de la fin du 17^e siècle, WALTER (FRIEDRICH) WISLICENUS (1859-1905) initia depuis Strasbourg une compilation exhaustive annuelle qui allait perdurer pendant un siècle.

De la vie et la carrière de WISLICENUS¹, retenons qu'après une naissance à Halberstadt (Saxe-Anhalt) et des écoles à Berlin et à Dresde, il attaqua les mathématiques et l'astronomie à l'Université de Leipzig. WISLICENUS devint *Assistent* à l'Observatoire de Strasbourg en 1884, puis *Privatdozent*² à l'université en 1889, et enfin *Aussenordentlicher Professor* en 1894.

Sous les auspices de l'Astronomische Gesellschaft, il va publier, à partir de 1899 et jusqu'à son décès, l'*Astrono-*



Fig. 2 – WALTER FRIEDRICH WISLICENUS (1859-1905). (© Astron. Gesellschaft)

mischer Jahresbericht, une synthèse bibliographique annuelle qui lui survécut. Le 68^e et dernier volume sous ce nom fut publié en 1969³ (littérature de l'année 1968) par l'Astronomisches Rechen-Institut de Heidelberg. Mais la série continua sous le titre «*Astronomy and Astrophysics Abstracts*» (A&AA) jusqu'en 2001 (littérature de l'année 2000) où elle cessa définitivement, ne pouvant rivaliser avec des ressources comme l'*Astrophysics Data System* (ADS) disponible sur Internet⁴.

Né à Krefeld (Rhénanie), CARL (WILHELM) WIRTZ (1876-1939) étudia à l'Observatoire de Bonn. Après un passage par Hambourg, il rejoignit l'Observatoire de Strasbourg en 1902. Il y observa essentiellement des nébuleuses et des étoiles doubles au Grand Réfracteur, mais sa mesure du diamètre de Neptune en 1903 resta une valeur de référence durant des décennies (SEITTER & DUERBECK 1999).

DUERBECK & SEITTER (2005) détaillent la vie et les recherches de WIRTZ, tandis que THEIS *et al.* (1999) analysent plutôt les événements de la période nationale-socialiste. WIRTZ fut certainement l'as-

¹ Pour plus de détails, voir la nécrologie de KOBOLD (1906) et l'article de DUERBECK (2005).

² On dirait aujourd'hui Lecteur ou Maître de Conférences, mais sans être formellement rétribué par l'université.

³ Cette année 1969 fut celle d'accords européens comme la création, avec le soutien financier de l'ESO, de la revue *Astronomy and Astrophysics* résultant de la fusion de plusieurs revues professionnelles européennes.

⁴ <http://adswww.harvard.edu/>

Astronomischer Jahresbericht

Mit Unterstützung der
Astronomischen Gesellschaft

herausgegeben von

Walter F. Wislicenus.

I. Band
enthaltend
die Litteratur des Jahres
1899.



Berlin.
Druck und Verlag von Georg Reimer.



Fig. 3 – Couverture du premier volume (1899) de l'*Astronomischer Jahresbericht* produit par WISLICENUS, marquée du tampon de l'Observatoire Impérial de Strasbourg. (© A. Heck)

tronomie strasbourgeois le plus actif et le plus prolifique de la période allemande. Son travail fut sérieusement perturbé par la première guerre mondiale et sa vie fut aussi fortement affectée par la montée du national-socialisme. Il décéda juste avant la seconde guerre mondiale.

WIRTZ quitta Strasbourg en septembre 1916, lorsqu'il fut affecté aux quartiers généraux de la guerre à Berlin. Il fut occupé à des tâches de géodésie, d'astronomie, de cartographie et de balistique, ainsi qu'à de l'enseignement. Il avait été nommé professeur à Strasbourg en 1909, époque à laquelle BECKER céda la direction de l'Observatoire à Bauschinger (voir la deuxième partie).

Quatre ans plus tôt, WIRTZ avait épousé HELENE BORCHARDT dont la sœur VERENA venait de se marier à HANS (OSWALD) ROSENBERG (1879-1940), originaire de Berlin, étudiant alors à Strasbourg et avec lequel WIRTZ partageait un fort intérêt pour la photométrie. Après quelques tribulations dues aux temps agités et un passage par l'Observatoire de Yerkes, Rosenberg devint professeur et directeur de l'Observatoire d'Istanbul où il décéda d'un coup de chaleur (Theis *et al.* 1999).

Après la première guerre mondiale, WIRTZ passa à l'Observatoire de Kiel dont le directeur était alors HARZER. S'y trouvaient également, non seulement



Fig. 4 – CARL WILHELM WIRTZ (1876-1939) vers 1903 (à gauche) et vers 1930 (à droite). (© Astron. Gesellschaft)

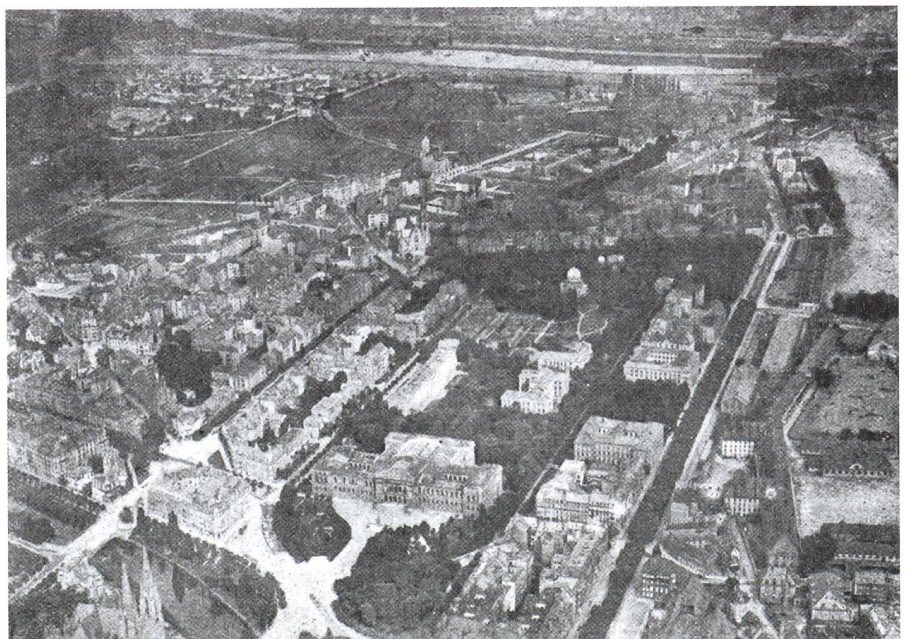
KOBOLD (autrefois à Strasbourg – voir la deuxième partie) qui assurait l'édition des *Astronomische Nachrichten*, mais aussi HELLERICH, alors assistant, qui allait être mis en charge de l'Observatoire de Strasbourg pendant la seconde guerre mondiale.

WIRTZ fut parfois appelé le *Hubble sans télescope* faisant allusion au manque de support et de moyens dont il souffrit à Kiel. Il étudia diverses relations entre les paramètres physiques

des «nébuleuses» (DUEBECK & SEITTER 2005), mais, comme de nombreux précurseurs en cosmologie de cette époque, il fut largement ignoré.

Eut-il l'occasion de lire avant sa mort *The Realm of Nebulae*, publié en 1936 par EDWIN HUBBLE (identifié de nos jours comme le père observationnel de l'expansion de l'univers)? Cet ouvrage, traduit en allemand (Hubble 1938) par KARL-OTTO KIEPENHEUER de l'Université de Göttingen, fait référence à ses travaux.

Fig. 5 – Vue générale des environs de l'Observatoire dans les années vingt (ESCLANGON 1926). Le Rhin (coulant de la droite vers la gauche) est visible au haut de l'image et l'Allemagne au-delà de celui-ci. La zone est aujourd'hui entièrement urbanisée, mais les espaces verts autour de la Grande Coupole (visible au centre droit de la photo) ont été largement conservés. (© Obs. Astron. Strasbourg)



A noter enfin que WIRTZ reçut en 1912 (et conjointement avec KOBOLD) le Prix Lalande de l'Académie (française) des Sciences⁵. D'après THEIS *et al.* (1999), WIRTZ aurait déclaré que l'entrée des troupes françaises à Strasbourg en 1919 fut le plus beau jour de sa vie. Tout cela expliquerait-il la dénonciation dont il souffrit de la part de KOBOLD quelques années plus tard sous le régime national-socialiste?

Les périodes françaises

En 1925, l'Observatoire de Strasbourg mit le pied à l'étrier d'un jeune brillant chimiste qui allait être associé pendant un demi-siècle aux développements dans le monde de l'optique astronomique de pointe.

Né à Alençon (Orne) et ingénieur diplômé en 1919 de l'Institut de Chimie de Paris, ANDRÉ COUDER (1897-1979) avait déjà construit sa première lunette astronomique à l'âge de 14 ans. Après deux ans passés dans l'industrie, il obtint un poste d'assistant auxiliaire à l'Institut de Chimie de Strasbourg sous la direction de LOUIS HACKSPILL. Mais si les jours étaient chimiques, les nuits étaient astronomiques à l'observatoire.

Fig. 6 – ANDRÉ COUDER (1897-1979).
(© Acad. Sciences Inst. France)



Fig. 7 – GILBERT ROUGIER (1886-1947).
(© Obs. Astron. Bordeaux)

Avec GILBERT ROUGIER⁶ (1886-1947), COUDER préparait les premières cellules photoélectriques dans le laboratoire de HACKSPILL. A l'observatoire, il se frottait notamment aux observations méridiennes. Il consacrait ses efforts aux conditions des déformations élastiques et thermiques qui font varier les constantes instrumentales et qui limitent la précision des mesures (FEHRENBACH 1979).

Couder fut nommé assistant stagiaire à l'observatoire en 1925, mais son séjour à Strasbourg fut bref puisqu'il passa à l'Observatoire de Paris dès 1926 où il se vit confier, avec le concours de DANJON et du Général FERRIÉ, la responsabilité du Laboratoire d'Optique. Dès lors

c'est l'optique sous tous ses aspects qui retint son attention et lui apporta une réputation mondiale lui valant des offres alléchantes de l'étranger⁷ qu'il déclina.

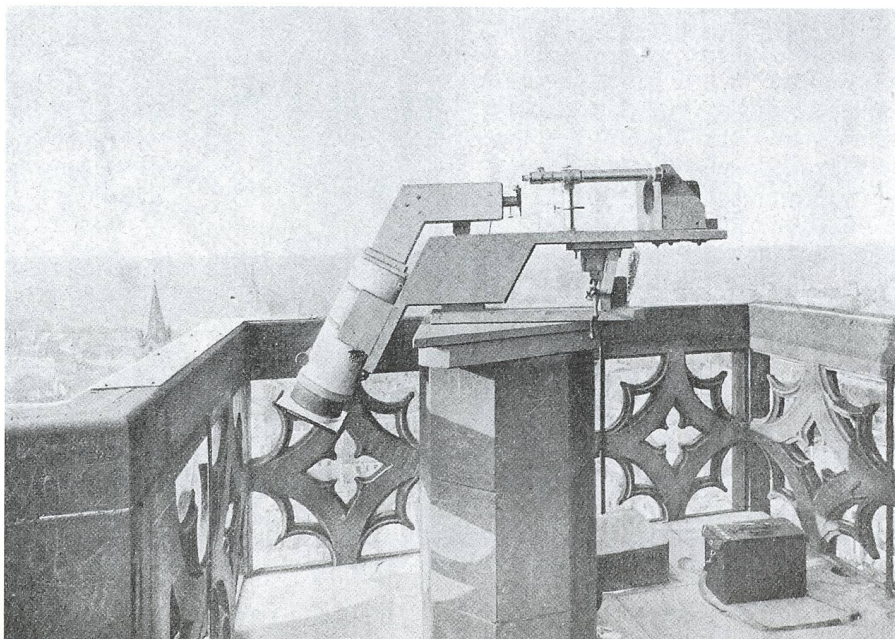
On a vu dans la troisième partie qu'il avait modifié les objectifs de l'équatorial double utilisé par le groupe strasbourgeois lors de l'expédition d'éclipse à Poulo Condore en 1929. En 1933, c'est à l'objectif du Grand Réfracteur de l'Observatoire de Strasbourg qu'il s'attaqua, améliorant considérablement son rendement (COUDER 1936).

L'ouvrage *Lunettes et Télescopes* (DANJON & COUDER 1935) fut mentionné dans la seconde partie. LEVY (2003) nous conte l'énerverment occasionnel de DANJON traitant COUDER de *coillard*, celui-ci ne rédigeant pas assez rapidement à son goût sa partie de l'ouvrage!

Originaire de la Côte d'Or, ANDRÉ LALLEMAND (1904-1978) fit ses études à l'Université de Strasbourg. Après une année passée dans l'enseignement secondaire, et malgré d'autres sollicitations, il accepta en 1928 un poste d'aide-astronome à l'Observatoire de Strasbourg qu'il connaissait déjà pour l'avoir fréquenté comme assistant de 1925 à 1927. Il fut promu astronome-adjoint en 1938 à Strasbourg toujours, puis passa à l'Observatoire de Paris en 1943.

Dès son intégration à l'Observatoire de Strasbourg, Lallemand prit une part active à la préparation de l'expédition d'éclipse totale de Soleil à Poulo Condore (voir la troisième partie). Il y obtint les premières photographies infrarouges de la couronne solaire. Ses mesures

Fig. 8 – Spectrographe pour étudier le rayon vert, installé sur la plate-forme de la Cathédrale de Strasbourg (DANJON & ROUGIER 1926). (© Obs. Astron. Strasbourg)



⁵ Voir C.R. Acad. Sciences Paris 155 (1912) 1302-1303.

⁶ Né en 1886 à La Mulatière (Rhône), ROUGIER rejoignit l'Observatoire de Strasbourg fin 1919 et devint directeur de l'Observatoire de Bordeaux en 1937. Il avait envisagé de poser sa candidature à la direction de l'Observatoire de Quito en Equateur. Pour plus de détails, voir DANJON (1947) et VÉRON (2004).

⁷ Notamment une offre d'OTTO STRUVE en 1934 pour tailler de grands miroirs américains. Voir aussi FEHRENBACH (1990) pour plus de détails sur la genèse du laboratoire d'optique parisien.



Fig. 9 – ANDRÉ LALLEMAND (1904-1978).
(© Acad. Sciences Inst. France)

microphotométriques confirmèrent l'existence de la couronne blanche qu'il décrit dès cette époque comme un plasma.

La *virtuosité instrumentale* (Danjon 1960) de Lallemand lui fera proposer dès 1933 une instrumentation basée sur l'effet photoélectrique et visant à raccourcir les temps d'exposition nécessités par les objets astronomiques de faible luminosité. La *caméra électronique*⁸, qui allait bientôt s'appeler caméra Lallemand, prenait forme.

Interrompus par la seconde guerre mondiale, les essais reprendront en 1949 et des photographies électroniques concluantes furent obtenues dans le courant des années cinquante, résultats reconnus et appréciés ensuite hors de France comme en témoigne l'élogieuse citation de RICHARD G. KRON (1959), lui-même inventeur de tubes amplificateurs largement employés: «L'utilisation d'un tube-image peut offrir trois avantages sur l'enregistrement direct sur une plaque photographique: (1) une plus grande vitesse, d'un facteur 50 à 100, (2) une indépendance relative par rapport au grain, (3) la linéarité entre le noircissement et l'intensité de la lumière. Tous

ces avantages ont été prouvés par A. LALLEMAND et ses collaborateurs travaillant avec le tube-image de LALLEMAND.»

PAUL MULLER (1910-2000) est la seule personne citée ici qui fut longuement à Strasbourg avant et après la seconde guerre mondiale. Né à Lorquin (Moselle), MULLER entra en 1931 à l'observatoire où DANJON lui demanda d'étudier les applications astronomiques de la biréfringence des prismes de quartz. Prisonnier durant toute la seconde guerre mondiale, MULLER dut attendre 1948 pour pouvoir présenter sa thèse sur un micromètre novateur à double image⁹.

Il se consacra alors essentiellement à l'étude des étoiles doubles où «son micromètre se montra d'une précision et d'une commodité d'emploi très supérieures à celles des micromètres à fil» (Bacchus 2005). MULLER quitta Strasbourg en 1956 pour l'Observatoire de Paris. Il utilisa pour ses observations les deux plus grands réfracteurs français (Meudon et Nice). Il s'attacha aussi au suivi des satellites artificiels dès les premiers lancements avec notamment les caméras installées à cet effet à l'Observatoire de Strasbourg (voir la troisième partie).

S'il n'a jamais été membre du personnel de l'Observatoire de Strasbourg, JEAN DELHAYE (1921-2001) mérite pourtant une mention de plein pied dans ces colonnes, tant a été grande son influence sur la vie récente de l'établissement.

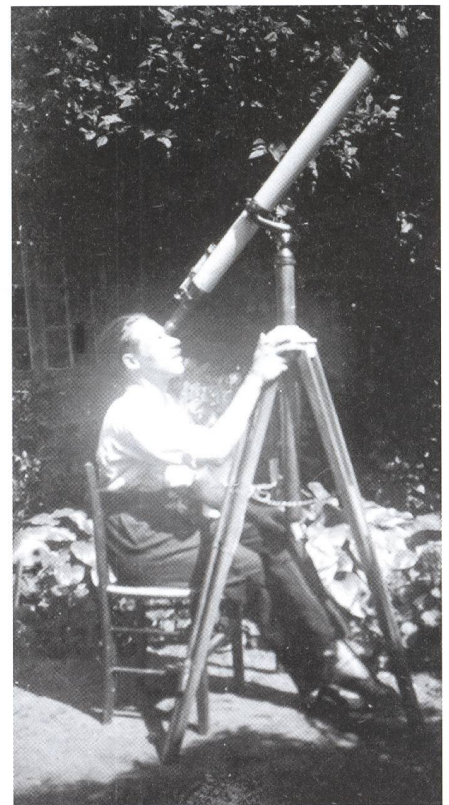
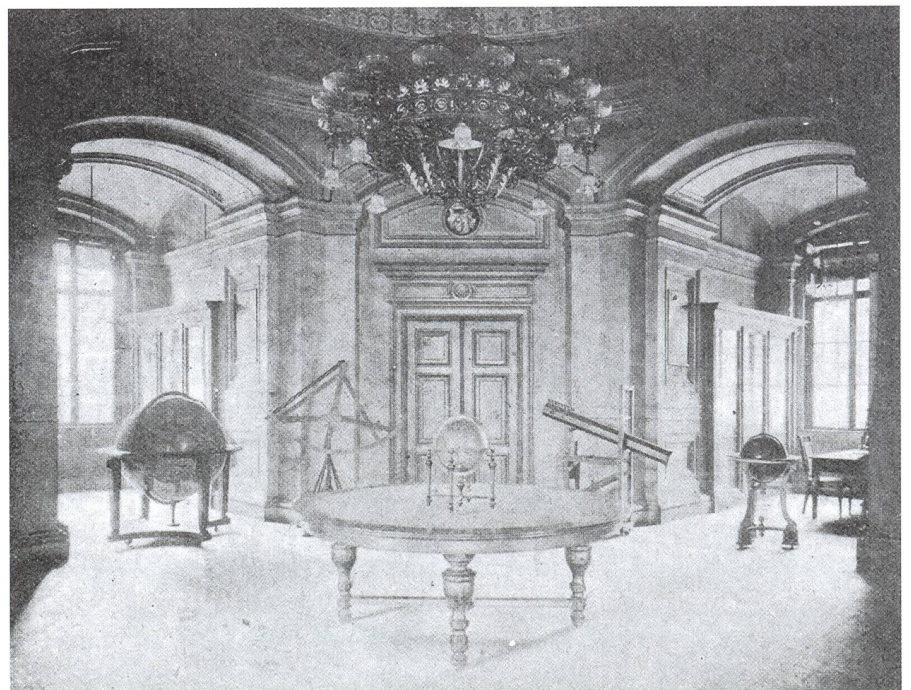


Fig. 11 – PAUL MULLER (1920-2000) à sa première lunette à l'âge de 17 ans.
(© CH. MULLER)

Directeur de l'Observatoire de Besançon de 1957 à 1964, de celui de Paris de 1968 à 1971, puis de l'*Institut National (français) d'Astronomie et de Géo-*

Fig. 10 – La rotonde (vestibule circulaire intérieur) de la Grande Coupole dans les années vingt (Esclangon 1926). On remarque à gauche le gros globe de VINCENZO CORONELLI (1650-1718), toujours à l'Observatoire, mais dans un état assez dégradé. (© Obs. Astron. Strasbourg)



⁸ On parlait alors de *télescope électronique* par comparaison au microscope électronique qui venait de faire ses preuves.

⁹ Ce micromètre peut donc être considéré comme le fruit des idées de DANJON sur le principe de la double image, un principe ancien (héliomètre) que DANJON a su exploiter après que COUDER eut attiré son attention sur lui (Levy 2003). La thèse fut présentée à Paris.



Fig. 12 – JEAN DELHAYE (1921-2001), en compagnie de CATHERINE TURON lors d'une réunion à l'Observatoire en 1995. (Cliché J. MARCOUT, © Obs. Astron. Strasbourg)

physique (INAG¹⁰), DELHAYE est le père spirituel du Centre de Données Stellaires (CDS) qu'il mit sur pied et qu'il installa à l'Observatoire de Strasbourg avec l'appui de collègues français et étrangers ayant perçu l'à-propos du projet.

On retrouve un échantillon de ceux-ci comme membres du premier Conseil du CDS: A. BJAOUI (Nice), A. BLAAUW (ESO), J. BOULON (Paris), G. CAYREL DE STROBEL (Meudon), CH. FEHRENBACH (Haute Provence), W. FRICKE (Heidelberg), B. HAUCK (Lausanne), C. JASCEK (La Plata), G. LARRSON-LEANDER (Lund) & C.A. MURRAY (Greenwich), en plus de DELHAYE lui-même et, *ex officio*, de J. JUNG comme premier Directeur du CDS.

La Fig. 12 montre DELHAYE en compagnie de CATHERINE TURON (Paris) qui joua elle-même un rôle important dans le succès de l'expérience Hipparcos (voir la troisième partie) et l'exploitation des

données correspondantes puisqu'elle dirigea le consortium INCA, l'une des deux structures chargées de la réduction des données collectées par le satellite.

Epilogue

Un champion national (français) d'athlétisme de juste avant la seconde guerre mondiale me contait récemment son histoire. Dans ce conflit, il a d'abord revêtu sur le front de l'est l'uniforme allemand des quelque 130 000 alsaciens et 30 000 mosellans enrôlés *malgré eux* et sous lequel il était considéré comme peu fiable par les nazis. Il fut fait prisonnier par l'Armée Rouge, puis fut libéré par tirage au sort après avoir connu les rigueurs du camp de concentration de Tambov¹¹. De l'uniforme soviétique, il passa sous l'uniforme britannique lors d'un transit à Téhéran, puis sous l'habit américain à Alger en rejoignant la 2^e DB du Maréchal Leclerc. Il fut enfin démobilisé sous l'uniforme français après la réduction du Nid d'Aigle d'ADOLF HILTER dans les Berchtesgadener Alpen. Un de ses amis passa par la Baltique et redescendit au travers du Benelux où il fut enrôlé comme interprète par les troupes britanniques qui avançaient vers Berlin. Ces itinéraires sont loin d'être des cas isolés.

Cette série d'articles a débuté par une description du contexte alsacien. Elle se termine sur cet exemple des déchirements¹² qu'a connus la région au cours de son histoire récente et dont certains sont encore bien sensibles de nos jours. A une époque où, depuis celle de CAROLUS MAGNUS, l'Europe se reforme et où les régions retrouvent une identité émergente, parfois au travers de frontiè-

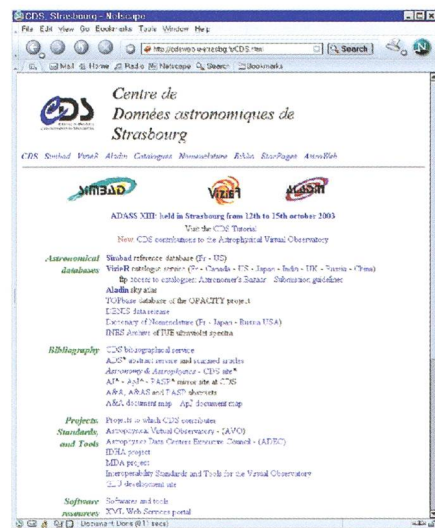
res nationales, Strasbourg (plutôt que l'Alsace) est aujourd'hui vue dans une perspective européenne. De multiples organismes internationaux y ont en effet leur siège.

Pour la période concernée par cette série de notes, on a vu que l'Observatoire de Strasbourg et son personnel scientifique étaient essentiellement non-alsaciens. Des études¹³ ont été consacrées au rôle nationaliste des institutions académiques dans cette région disputée entre deux pays, ainsi qu'à la position des enseignants et des étudiants par rapport à la société alsacienne locale. Pour l'Observatoire de Strasbourg, il faudrait probablement moduler de telles considérations par l'esprit d'ouverture, de tolérance et de pragmatisme dont font traditionnellement preuve la plupart des astronomes de par le caractère cosmique de leur science et de par les collaborations internationales, voire planétaires, qui la caractérisent.

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, les conditions politiques en Europe ont évolué de façon spectaculaire: processus d'intégration européenne démarré par le Traité de Rome de 1957, réconciliation franco-allemande sanctionnée par le Traité de l'Elysée de 1963, etc. Il en est de même des mentalités, influencées par les progrès de l'éducation, des télécommunications, des moyens de transport, etc., ainsi que par l'omniprésence des médias et les phénomènes de voyages de masse.

Les statuts régissant les institutions de recherche ont aussi fortement évolué au cours des dernières décennies. Les

Fig. 13 – Page web d'accueil du CDS.



¹⁰ Rebaptisé en 1985 Institut National des Sciences de l'Univers (INSU).

¹¹ Ce camp (n°188) est situé à environ 450km au sud-est de Moscou. On estime à 17 000 le nombre d'alsaciens et de mosellans morts dans les camps soviétiques.

¹² Une synthèse, certes romancée mais assez bien ciblée, peut être trouvée dans la série télévisuelle *Les Alsaciens* ou les *Deux Mathilde* (Arte/FR3 Vidéo 1996).

¹³ Voir par exemple l'ouvrage de CRAIG (1984) pour la période 1870-1939.



Fig. 14 – Outils d'aujourd'hui: une des salles d'ordinateurs et d'unités de transmissions informatiques de l'Observatoire. (© A. Heck)

Les illustrations des différentes parties de cette série sont toutes *copyrightées* et ne doivent donc pas être reproduites sans l'autorisation préalable des détenteurs de droits mentionnés.

ANDRÉ HECK

Observatoire astronomique
11, rue de L'Université
F-67000 Strasbourg

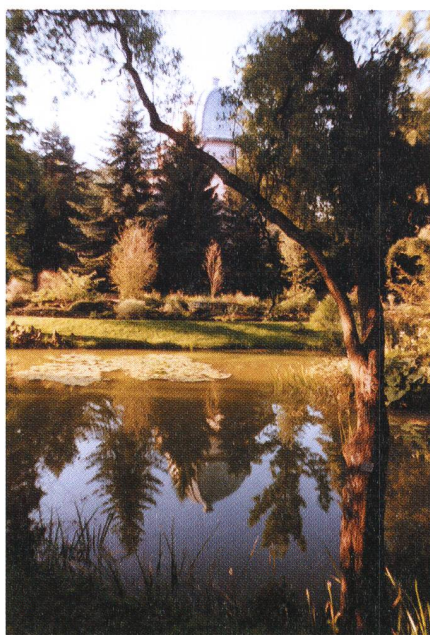
universités ont vu leur population étudiante exploser, générant d'énormes exigences d'enseignement drainant les ressources souvent au détriment des missions initiales de service, de recherche et de progrès des connaissances. Entités créées avec une identité spécifique, les observatoires français sont devenus des unités de recherche à statut dérogatoire (comprenez hybrides avec un lien direct vers le Ministère, l'autre vers l'université locale). Elles sont occasionnellement sous pression pour devenir des laboratoires soit purement associés au *Centre National (français) de la Recherche Scientifique (CNRS)*, soit intégrés dans des centres universitaires plus importants – ce qui signifierait, dans l'un et l'autre cas, la fin de leur existence propre.

De nos jours, l'organigramme de l'Observatoire de Strasbourg est assez complexe avec un personnel géré par diverses administrations : Comité National des Astronomes et Physiciens (CNAP), CNRS, Universités, sans oublier un certain nombre de personnes payées sur contrats (agences spatiales, projets européens, collaborations internationales, etc.). Le staff actuel est varié et cosmopolite, un signe des temps certes, mais aussi le reflet d'une institution qui a su se rendre attractive et atteindre un niveau d'excellence mondiale au cours de sa brève histoire.

Fig. 15 – La Grande Coupole actuelle se reflétant dans l'étang du Jardin Botanique voisin (à comparer avec la Fig. 1). (Cliché J. MARCOUT, © Obs. Astron. Strasbourg)

Remerciements

Nos remerciements s'adressent à toutes les personnes nous ayant assisté dans la rédaction de ces notes, et en particulier à M^{mes} et M^{rs} P. ABRAHAM, P. BACCHUS, CH. BRUNEAU, S. DÉBARBAT, W. DICK, P. DUBOIS, H.W. DUERBECK, A. FRESNEAU, M. HAMM, E. HØG, J. JUNG, TH. KELLER, J. KOVALEVSKY, J. KRAUTTER, D. KUUTE-PUERS, FR. & J. LACROUTE, S. LANGENBACHER, J. LEVY, L. MAISON, J. MARCOUT, CH. MULLER, C. SCHOHN, E. SCHWEITZER, W. SEGGEWISS, W.C. SEITZER, I. TOMDUS-MCLOTTE, B. TRAUT, C. TURON, M. & PH. VÉRON, PH. VONFLIE, F. WOELFEL, G. WOLFSCHMIDT, ainsi qu'aux archivistes de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.



Bibliographie

- BACCHUS, P. 2005, PAUL MULLER (1910-2000), in Heck (2005)
- COUDER, A. 1936, *L'Objectif du Grand Réfracteur de Strasbourg – Retouche et Nouvelle Etude – Compensation de la Biréfringence*, *Ann. Obs. Strasbourg* III, 113-134.
- CRAIG, J.E. 1984, *Scholarship and Nation Building – The Universities of Strasbourg and the Alsatian Society 1870-1939*, Univ. Chicago Press, xii + 516 pp. (ISBN 0-226-11670-0)
- DANJON, A. 1947, *Gilbert Rougier*, *Bull. Soc. Astron. France* 61, 143-145.
- DANJON, A. 1960, *Rapport sur les Titres de M. André Lallemand*, Archives Acad. Sciences, Paris.
- DANJON, A. & ROUGIER, G. 1926, *Le Rayon Vert – Etude Spectroscopique et Théorie*, *Ann. Obs. Strasbourg* I, 105-115.
- DUERBECK, H.W. 2005, *Walter F. Wislicenus and Modern Astronomical Bibliography*, in Heck (2005)
- DUERBECK, H.W. & SEITZER, W.C. 2005, *The Nebular Research of Carl Wirtz*, in Heck (2005)
- ESCLANGON, E. 1926, *La Nouvelle Organisation de l'Observatoire*, *Ann. Obs. Strasbourg* I, 1-44.
- FEHRENBACH, CH. 1979, *Notice Nécrologique sur André Couder*, *C.R. Acad. Sciences Paris* 289, 62-67.
- FEHRENBACH, CH. 1990, *Des Hommes, des Télescopes, des Etoiles*, Editions du CNRS, 528 pp. (ISBN 2-222-04459-6)
- HECK, A. (Ed.) 2005, *Strasbourg Astronomical Observatory: Its People and their Science over the Years*, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, en prép.
- HUBBLE, E. 1938, *Das Reich der Nebel*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, xii + 142 pp.
- KOBOLD, H. 1906, *Walter Wislicenus*, *Vierteljahrsschr. Astron. Ges.* 41, 13-21.
- KRON, G.E. 1959, *An Image-Tube Experiment at the Lick Observatory*, *Publ. Astron. Soc. Pacific* 71, 386-387.
- LALLEMAND, A. 1960, *Notice de Titres et Travaux Scientifiques*, Archives Acad. Sciences, Paris.
- LEVY, J. 2003, *Communication personnelle*.
- SEITZER, W.C. & DUERBECK, H.W. 1999, *CARL WILHELM WIRTZ – Pioneer in Cosmic Dimensions*, in *Harmonizing Cosmic Distance Scales in Post-Hipparcos Era*, Eds. D. Egret & A. Heck, *Astron. Soc. Pacific. Conf. Series* 167, 237-242.
- THEIS, CHR., DEITERS, ST., EINSEL, CHR. & HOHMANN, F. 1999, *Hans Rosenberg und Carl Wirtz – Zwei Kieler Astronomen in der NS-Zeit*, *Sterne u. Weltraum* 38, 127-129.
- VÉRON, PH. 2004, *ROUGIER, Gilbert (1886-1947)*, *Dictionnaire des Astronomes Français*, en prép.

L'Univers, dis-moi ce que c'est?

FABIO BARBLAN

Episode 22: La matière interstellaire, 3^e partie

4. Les gaz ionisés dans la matière interstellaire:



Fig. 1. Premier plan sur M42 et M43.



Fig. 2. La nébuleuse M42 vue par WILLIAM HERSCHEL.

particulier; en effet, ses étoiles sont responsables de l'ionisation du milieu. Cet amas est formé d'étoiles massives de type spectral O6/7, mais aussi d'étoiles de plus faible masse qui ne sont visibles que dans l'infrarouge et sur des images de très longue exposition.

Cet amas est parmi les plus jeunes amas connus⁴. Il est décrit pour la première fois, en tant qu'étoile triple par

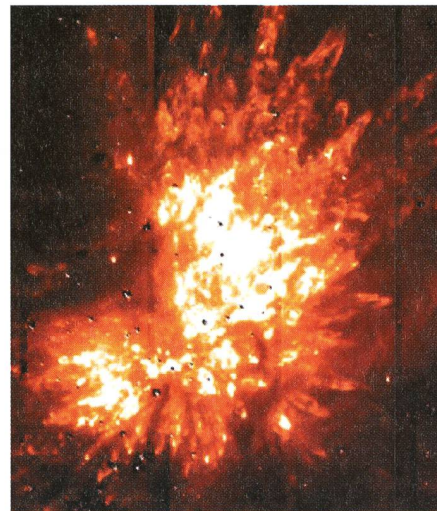


Fig. 4. La nébuleuse de Kleinmann-Low. Cette image, prise à la longueur d'onde de 2.12 m, rend visible l'hydrogène moléculaire chaud à une température de 2000°K. Au centre de cette région, se trouve une étoile, en formation, trente fois plus massive que le soleil. Un vent stellaire de plus de cent kilomètres par seconde est émis par cette protoétoile créant une «cavité» en forme de papillon qui permet à la lumière infrarouge de s'échapper. Les rayures verticales et les points blancs sont des artefacts dus au traitement de l'image. Cette photo a été prise par le télescope Subaru de 8.2 mètres de diamètre, au Mont Manua Kea en 1999. Son extension est de deux minutes d'arc.

2^e partie I: la nébuleuse d'Orion et la nébuleuse Trifide

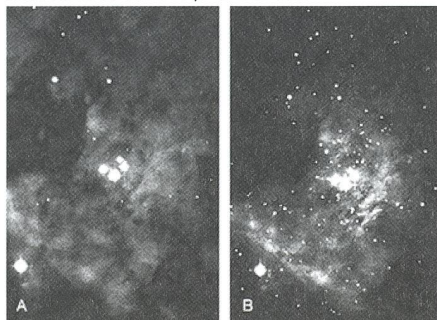
4.1. La nébuleuse d'Orion¹ (NGC 1976 ou M 42)

Située à une distance de seulement 1500 A.L.² (environ 460 pc), c'est la nébuleuse la plus proche de nous et donc la mieux étudiée. Son faible éloignement permet une observation très précise et dans les moindres détails. Malgré son diamètre total de 30 A.L. et sa partie centrale lumineuse étendue sur cinq à six années lumière, il est possible d'étudier d'une façon très méticuleuse sa structure à grande échelle (fig. 1). La découverte de la nébuleuse est attribuée à NICHOLAS PEIRESC en 1611. En 1618, elle est aussi citée par Cysatus, un jésuite suisse³. Les premiers dessins et descriptions sont l'œuvre de CHRISTIAN HUYGHENS en 1656. Il met, en particulier, l'accent sur la multiplicité de l'étoile Thêta. La carrière d'observateur de WILLIAM HERSCHEL débute en 1744 avec l'étude de la nébuleuse d'Orion (fig. 2). Son travail est complété et approfondi par son fils JOHN HERSCHEL qui commence en 1825 un programme d'observation de la nébuleuse. Sa description méticuleuse de cet objet est encore appréciée actuelle-

ment. La première photographie réussie date de 1880 et a été prise par HENRY DRAPER. Les observations spectroscopiques de la nébuleuse débutent en 1864 avec WILLIAM HUGGINS, qui déduit de ses observations que la nébuleuse doit être constituée de gaz raréfié et excité à luminescence. On mesure l'importance de cette affirmation si on pense, qu'à l'époque, la grande majorité des astronomes considéraient que ce type d'objet représentait en principe un amas stellaire non résolu.

La région H II possède une étendue globale d'environ dix minutes d'arc carré. Le noyau central (environ quatre minutes d'arc carré) est une région active de formation stellaire (fig. 3). L'environnement du jeune amas stellaire, l'amas du Trapèze (fig. 6b), présente un intérêt

Fig. 3. La partie centrale de M42, l'amas du Trapèze. L'image A est en lumière bleue par contre l'image B, en lumière infrarouge, fait apparaître une multitude d'étoiles jeunes non visibles dans le premier cas.



¹ La zone d'Orion est riche en nébuleuses: on y trouve la nébuleuse «Tête de Cheval» (B33), la nébuleuse NGC 1977, M43, M78, etc. Dans cet épisode, il est question de la «Grande nébuleuse d'Orion» M 42.

² Toutes les indications de distance, âge et dimension citées sont sujettes à caution. En effet, les différents auteurs ne sont pas toujours d'accord entre eux et ces données peuvent changer d'un document à un autre.

³ Il est étonnant de remarquer que Galilée, qui a porté une grande attention à la région d'Orion, n'a jamais cité cette nébuleuse.

⁴ Du point de vue de l'âge stellaire évidemment.

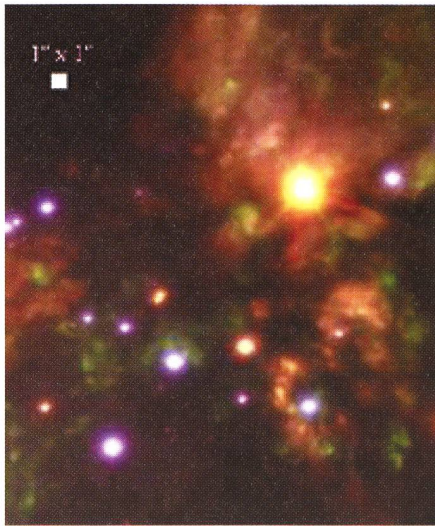
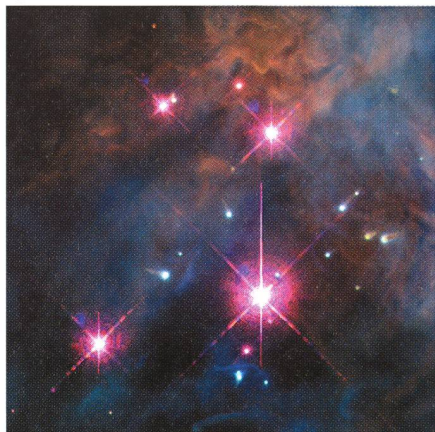


Fig. 5. Cette image a été prise avec le VLT muni de son optique adaptative NAOS. C'est la région de Kleinmann-Low autour de l'objet de Becklin-Neugebauer situé au voisinage immédiat des quatre étoiles du Trapèze. C'est une région très active du point de vue de la formation des étoiles. Elle contient un amas stellaire très jeune encore enrobé dans un nuage de gaz et de poussières. Le point le plus brillant de cette image est la source infrarouge Becklin-Neugebauer qui cache une protoétoile. Les sources les plus faibles sont des protoétoiles de faible masse.

Hodierna au milieu du XVII^e siècle (fig. 8). Sa quatrième composante (D), de cet amas, est découverte en 1684 par HUYGENS. La découverte de la cinquième revient à WILHELM STRUVE en 1826. JOHN HERSCHEL découvre la sixième composante le 13 février 1830 et en 1888 ALVAN CLARK et E. E. BARNARD, respectivement, découvrent les deux dernières compo-

Fig. 6a. Une magnifique photo de l'amas du Trapèze. Sont aussi visibles sur cette image les globules dont l'enveloppe est soufflée par le vent stellaire de étoile «centrale» de l'amas. A comparer avec le schéma de la figure 6b.



santes. A noter ici que la composante θ Ori A est une étoile double. C'est une binaire à éclipses de type Algol ayant une période de 65.43 jours. Le fait étrange est que cette découverte ne date que de 1973, comme quoi, même dans une région hyper-étudiée, on peut passer pendant des nombreuses années à côté d'un élément simple mais essentiel.

L'amas du Trapèze est né dans la partie antérieure du nuage moléculaire de KLEINMANN-LOW (1967)⁵ dont la structure filamenteuse a été mise en évidence en 1993 (fig. 4). Il est enrobé dans un complexe massif de gaz neutre, ionisé et moléculaire qui contient entre autres des binaires spectroscopiques, des sources masers et des sources infrarouges.

Des recherches récentes ont montré que la région H II est entourée d'une couche «interface» de gaz dense, entre le gaz ionisé et le gaz moléculaire. La chimie dans cette couche est entière-

ment conditionnée par le rayonnement ultraviolet. Ce fait est mis en évidence, entre autres, par la sous-abondance de deux molécules HC₃N et N₂H⁺ qui sont extrêmement sensibles aux rayons UV et facilement dissociées par ce dernier.

Un autre lieu de formation d'étoiles est probablement l'environnement de la source infrarouge de BECKLIN-NEUGEBAUER (1967) (fig. 5) située aussi sur la face antérieure du nuage moléculaire.

En 1979, LACQUES et VIDAL découvrent ce que l'on appelle maintenant les «nœuds LV» (fig. 6a,b). Ils en ont recen-

⁵ La partie la plus active du complexe de la nébuleuse d'Orion est appelée la «nébuleuse de Kleinmann-Low» d'après le nom des deux scientifiques qui l'ont étudiée en premier. Par extension, on parle de région de type Kleinmann-Low pour d'autres complexes analogues de formation d'étoiles.

Fig. 6b. Voici un schéma des étoiles de l'amas du Trapèze (ronds hachurés), des six nœuds de Laques-Vidal (LV1 à LV6) et des nœuds (les autres points noirs de 1 à 26), découverts lors d'une recherche effectuée au début des années quatre-vingt-dix représentant des sources radio compactes

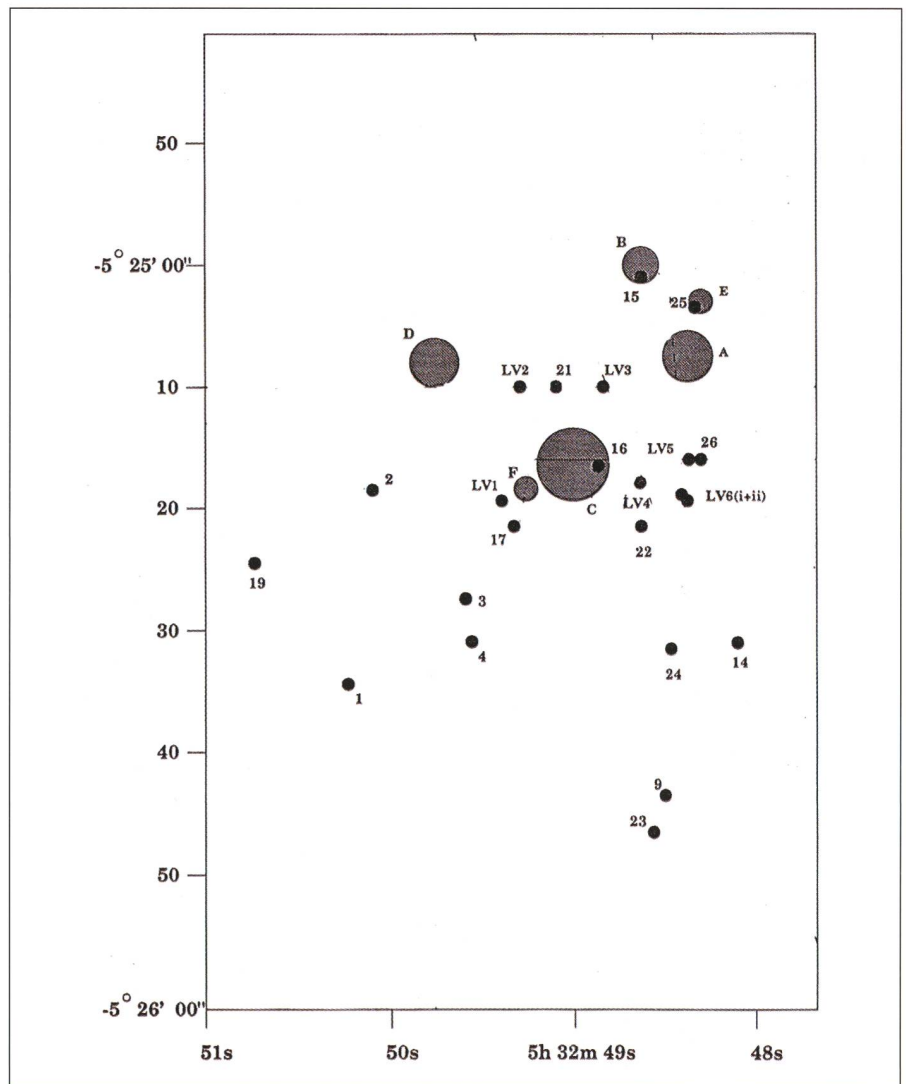




Fig. 7. Le 29 décembre 1993, Hubble réalise cette image de cinq jeunes étoiles dont quatre sont entourées d'un disque de gaz et de poussières. Ces disques peuvent éventuellement engendrer des planètes (disques proto-planétaires). Les proplyds qui sont proches des étoiles chaudes de l'amas sont vus comme lumineux, par contre celui qui se trouve loin de ces étoiles est vu comme un point noir. Le champ de cette image est de 0.14 AL.

se six en tout. Ce sont des régions denses et ionisées situées dans un rayon de neuf arc secondes autour de l'étoile θ^1 Ori C (fig. 6a,b).. C'est une binaire à éclipses ayant une période de 65.43 jours. Des objets stellaires ont été identifiés, en 1988, à l'intérieur de chacun de ces nœuds. Une étude dans la longueur d'onde de l'oxygène trois fois ionisé (5007 Å) permet de découvrir l'existence de jets de matière sortant de ces nœuds à des vitesses de l'ordre de 100 km/s. A la même époque, on découvre dans le domaine radio 32 sources compactes dont les nœuds LV. Une équipe utilisant le télescope spatial Hubble montre que certaines de ces radio-sources compactes sont des coquilles ionisées qui entourent des jeunes objets stellaires eux-même enrobés dans des disques de poussière souvent de forme allongée. Ils ont donné le nom de «proplyds» (fig. 7) à ces disques (de l'anglais proto planetary discs). On pense que le fort vent stellaire de θ^1 Ori C a nettoyé le gaz diffus ambiant mettant ainsi en évidence ces globules, lieux de formations d'étoiles de faible masse.

⁶ Les découvertes ont été faites indépendamment l'une de l'autre. HERBIG travaillait à Lick et Haro à Mexico. Ils identifièrent dans la nébuleuse d'Orion d'«étranges» objets qui, à l'époque, ne ressemblaient à rien de connu. Ces objets sont en fait le témoignage d'une phase cruciale de la formation stellaire. Le moment où la future étoile doit pour gagner le droit de vivre expulser une quantité phénoménale de matière. Les objets de Herbig-Haro sont la trace visible de l'onde de choc produite par des jets de matière expulsés à haute vitesse qui s'engouffrent dans le nuage moléculaire.

L'interprétation des flux localisés de gaz ionisé, dans le noyau de quatre minutes d'arc de la nébuleuse, est singulièrement compliquée par la présence de nombreux objets de type Herbig-Haro (~1951)⁶. L'origine de ces configurations semble être l'interaction entre la matière de l'environnement et des jets à haute vitesse de gaz moléculaire, jets liés à la formation des étoiles massives de la région Kleinmann-Low. On a identifié pas moins de cinq mécanismes produisant ces flux localisés de gaz ionisé à haute vitesse: a) jet bipolaire d'un jeune objet stellaire ionisé par le rayonnement UV de θ^1 Ori C, b) jet accéléré unidirectionnel de matériel globulaire évaporé par le vent subsonique de θ^1 Ori C, c) jet produit par une bulle en expansion, sous l'effet de la pression du vent stellaire de θ^1 Ori C, faisant évaporer du matériel globulaire, d) même situation que c) mais avec un front plus large qui va produire un arc de matière chaude évaporée autour du globule (dimension de cet arc environ sept secondes d'arc), e) des filaments moléculaires (doigts) issus de la source de Becklin-Neugebauer qui in-

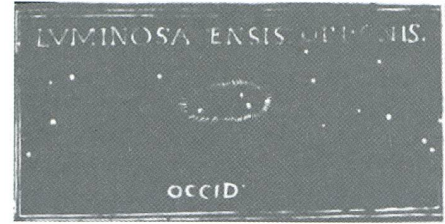


Fig. 8. Il y a 350 ans le premier dessin de l'amas du Trapèze a été créé par Hodierna.

teragissent avec le front d'ionisation. Tout cela donne une idée de la complexité dynamique d'une région de formation d'étoiles, mais aussi une idée de l'effort de réflexion et d'interprétation qui est demandé aux scientifiques.

Ceux-ci doivent à partir de données présentant une «image de la réalité» à deux dimensions reconstruire ces structures complexes en trois dimensions.

Nous avons dans cette description de la nébuleuse d'Orion tous les ingrédients des régions de formation active d'étoiles que nous allons retrouver dans les trois autres exemples évoqués ici: du gaz ion-

Fig. 9. La nébuleuse Trifide. Elle représente un excellent exemple de nébuleuse à émission et à réflexion. La partie rouge contient un amas d'étoiles brillantes bleues dont le flux ultraviolet ionise le gaz interstellaire. Plus loin, le rayonnement de ces mêmes étoiles, ayant perdu de l'intensité, n'arrive plus à ioniser le gaz et est réfléchi par ce dernier en donnant la coloration bleue.



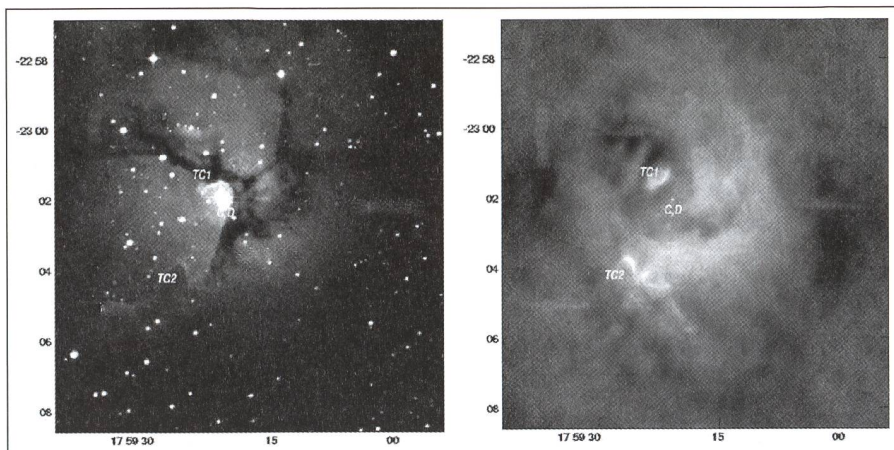


Fig. 10a et 10b. Deux images de la même région centrale de la nébuleuse. L'image a) est une image du Digital Sky Survey du Palomar, par contre l'image b) est prise à la longueur d'onde de 6 cm dans le fond continu radio. Sont également indiquées sur ces images les deux régions TC1 et TC2. On constate les différences marquées dans la structure de la nébuleuse entre ces deux images. Chaque «longueur d'onde» apporte sa contribution à la connaissance des mécanismes physiques qui sont sous-jacents à ces zones complexes de formation d'étoiles.

sé, du gaz moléculaire, un jeune amas stellaire d'étoiles massives, dont le rayonnement ultraviolet, ionise le milieu, des structures compliquées de jets de matière à haute vitesse et des noyaux denses contenant des étoiles de plus faible masse en voie de formation avec, cela n'est pas exclu, la création de planètes.

4.2. La nébuleuse Trifide (NGC 6514 ou M 20)

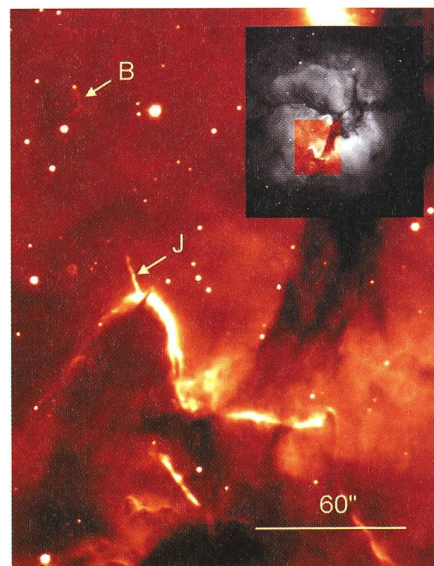
La nébuleuse Trifide, ainsi appelée parce qu'elle est constituée de trois régions brillantes séparées par des zones sombres, est une jeune région H II de notre galaxie située dans le bras du Sagittaire. On estime son âge entre 300 et 400 000 ans; cette nébuleuse est donc parmi une des plus jeunes régions H II connues. Située à une distance héliocentrique approximative de 1.7 kpc avec un diamètre apparent de six à dix minutes d'arc, elle possède une étendue réelle de trois à cinq parsecs (pc) (1 pc est égal à 3.26 années lumière).

Cette nébuleuse est intéressante à plus d'un point de vue. Non seulement, c'est une région H III, ce qui signifie, comme nous l'avons vu dans l'épisode précédent, que des jeunes étoiles photo-ionisent le gaz de la nébuleuse, mais elle contient aussi des zones de formations de proto-étoiles. La matière contenue dans cette nébuleuse a donc engendré une première génération d'étoiles. L'étoile centrale et ses quelques compagnons ionisent le gaz de la nébuleuse et le phénomène d'expansion de la nébuleuse engendré par cette ionisation induit actuellement la naissance d'autres étoiles. C'est une région de formation massive de jeunes étoiles, des proto-étoiles, dont l'activité violente se mani-

festes par des jets de matière mis en évidence par le télescope infrarouge ISO et le télescope spatial Hubble.

Les astrophysiciens qui étudient cette région parlent d'une situation pré-Orion. En effet, des études récentes ont montré que ces proto-étoiles sont enrobées dans de la matière interstellaire dense et froide dont les propriétés physiques sont semblables à celles observées dans les proto-étoiles de la nébuleuse d'Orion (proplyds). Seulement, dans la nébuleuse Trifide, on les observe à un

Fig. 11. Un zoom impressionnant sur la région de formation d'étoiles TC2 avec la mise en évidence d'un jet de matière J d'une longueur de 0.16 pc. Ce jet est associé à une protoétoile. La lettre B indique la région, à une distance de 0.65 pc, où le gaz du jet J entre en collision avec le milieu interstellaire en produisant une zone de choc.



stade plus jeune que dans le cas d'Orion qui est dix fois plus âgée. Ces sources proto-stellaires ont des masses variant entre 17 et 60 masses solaires. Deux régions étendues et ionisées, TC1 et TC2, sont associées avec des sources ponctuelles de poussières (détectables à la longueur d'onde de 1.3 mm). L'âge de ces deux régions est estimé à cent mille ans; elles sont donc postérieures à la formation de la région H II. Ces condensations sont des agglomérations localisées qui émergent de la nébuleuse en expansion par fragmentation de la couche moléculaire dense qui entoure le gaz ionisé.

Nous avons vu, dans le cadre de la nébuleuse d'Orion, qu'il existe entre la zone H II de gaz ionisé et le nuage moléculaire une couche de transition où le rayonnement ultraviolet est encore actif. Ce fait est magnifiquement illustré par le complexe du globule TC2. La figure 12 est une représentation schématique de ce globule et est à mettre en étroite relation avec les images 11 et 13. Une recherche récente (2002) effectuée avec le radiotélescope de 30 mètres de l'IRAM, le VLA (Very Large Array) et ISO (Infrared Space Observatory) a permis de donner les caractéristiques physiques des quatre zones évoquées dans le schéma de la figure 12. La température de l'étoile centrale HD 164492A est de 35 500 °K, la masse totale est estimée à 63 masses solaires et le rayon total est de l'ordre de 4×10^{12} kilomètres. Les poussières du nuage moléculaire froid (zone IV) ont une température de 22°K et sa masse totale est de l'ordre de 27 masses solaires. La région de photodissociation (zone 3) possède une épaisseur de 10^{12} kilomètres et une température de 46°K.

TC2 montre des signes évidents de formation stellaire. L'étoile «centrale», dont nous venons de parler, responsable de l'ionisation de la nébuleuse, fait partie d'un système comprenant sept étoiles du même type dans un rayon de vingt secondes d'arc. La perte de masse de cette étoile centrale est estimée à $2 \cdot 10^{-6}$ masses solaires par an et son vent stellaire atteint une vitesse de l'ordre de 1500 km/s. Des mesures dans le domaine radio semblent montrer que l'étoile centrale photo-ionise l'enveloppe des étoiles froides qui l'entourent. D'autre part, on a mis en évidence des régions sombres qui suggèrent l'existence de matière interstellaire froide et dense à l'intérieur de la zone H II, atténuant la radiation UV de l'étoile centrale. Des mesures radio indiquent aussi l'existence, sur une échelle, de dizaines de minutes d'arc, de résidus d'une supernova, ce qui laisse supposer qu'une ou des étoiles super massives ont déjà parcouru un cycle complet de la naissance à la mort.

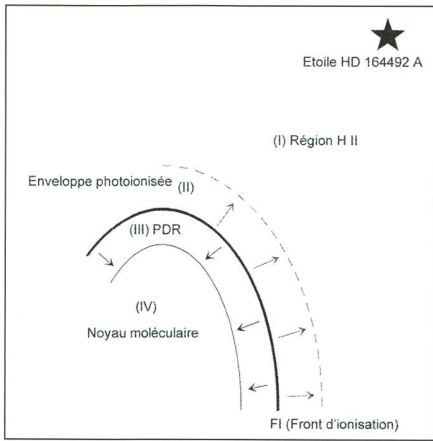


Fig. 12. Représentation schématique de la région TC2. I) La région ionisée entre l'étoile centrale HD 164492 A et le globule. II) Le front d'ionisation FI et l'enveloppe en expansion de gaz photo-ionisés autour du globule. III) Région où le rayonnement ultraviolet lointain produit une zone dominée par photodissociation. Un front de choc, engendré par la surpression sur la surface du front d'ionisation se propage à l'intérieur du noyau moléculaire.

La compréhension profonde de ce type de région passe par une étude complète, sur une étendue aussi large que possible, du spectre de la lumière. Le visible, l'infrarouge proche ou lointain, les rayons X et les ondes radio sont de puissants moyens pour l'investigation des mécanismes en jeu dans la formation des étoiles. Ainsi, par exemple, les rayons X permettent d'identifier les processus suivants:

- l'échauffement magnétique de la couronne d'étoiles du type précoce,
- l'échauffement magnétique, l'accrétion ou l'éjection de matière dans les protoétoiles,
- la collision de vents stellaires dans les binaires massives,
- l'échange de masse dans les binaires serrées de faible masse.

Une étude approfondie effectuée en 2003 à l'aide du satellite ROSAT a permis de découvrir une multitude de sources de rayons X, que les auteurs identifient, après analyse de données infrarouges, avec des protoétoiles. Dans le spectre de rayons X, ils détectent aussi une «composante» chaude⁷ qui laisse supposer que l'étoile centrale possède un compagnon⁸ ou que son vent stellaire intera-

⁷ Les rayons X de différente énergie sont associés avec des mécanismes de production différents.

⁸ Les vents stellaires de deux étoiles de type O peuvent interagir et échauffer le gaz jusqu'à des températures de l'ordre de 10 à 100 millions de degrés avec émission de rayons X.

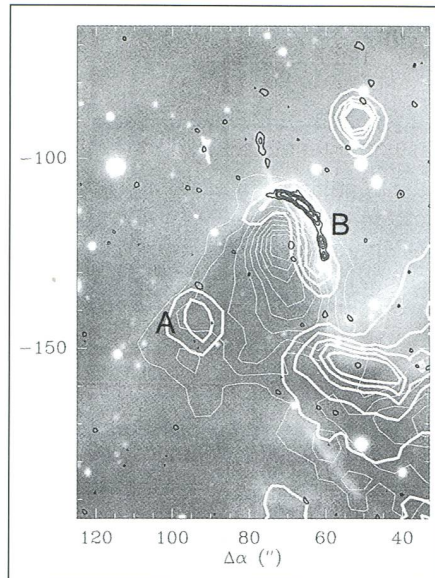


Fig. 13. Superposition, sur la région du globule, de trois séries de courbes de niveau. En blanc fin: l'émission thermique des poussières à la longueur d'onde de 1.25 mm, en blanc épais: l'émission infrarouge à 8-15 mm et en noir: l'émission à 3.6 cm.

git avec une zone dense du nuage moléculaire. Cette hypothèse est renforcée par les résultats obtenus en 2001 lors d'une exploration dans l'infrarouge proche, de cette même région, qui identifie dans le voisinage de HD 164492 trois sources qui peuvent être soit des étoiles soit des nœuds ionisés.

FABIO BARBLAN

Route de l'Etraz 6a, CH-1239 Collex/GE

Bibliographie

- MALIN D., *A view of the universe*, Cambridge University Press, 1993
- TENORIO-TAGLE G. éditeur, *Violent star formation*, Cambridge University Press, 1994
- Orion:**
- DOPITA M. A., *Photoelectric photometry of gaseous nebulae: the temperature and ionisation structure of the Orion nebula*, A&A, 29, 387, 1973
- MASSEY R. M. ET AL., *Extensive, high-speed gas around the Trapezium cluster of the Orion nebula (M42, NGC 1976)*, MNRAS, 262, L48, 1993
- QIAN Z. Y. ET AL., *A near-infrared photometric study of the young Orion nebula star cluster NGC 1976*, MNRAS, 266, 114, 1994
- MASSEY R. M. ET AL., *The high-speed phenomena of the Orion nebula -IV. Velocity imaging and spectroscopy*, MNRAS, 273, 615, 1995
- FUENTE A. ET AL., *Chemistry in the high density molecular interface surrounding the Orion nebula*, A&A, 312, 599, 1996
- SUBRAHMANYAN R. ET AL., *Radio continuum structure of the Orion nebula*, Astron. Journal, 121, 399, 2001
- Trifide:**
- LEFLOCH B. ET AL., *Massive star-formation in the Trifid nebula*, The universe as seen by ISO, 497, 1998
- KOHOUTEK L. ET AL., *Photometry and spectroscopy of the central star of the Trifid nebula*, A&A Supp. 134, 129, 1999
- YSEF-ZADEH F. ET AL., *Radio continuum emission from the central stars of M20, and the detection of a new supernova remnant near M20*, AJ, 540, 842, 2000
- LEFLOCH B. ET AL., *Pre-Orion cores in the Trifid nebula*, AJ, 545, 340, 2000
- RHO J. ET AL., *X-rays and protostars in the Trifid nebula*, AJ, 562, 446, 2001
- LEFLOCH B. ET AL., *Disks around hot stars in the Trifid nebula*, A&A, 368, L13, 2001
- LEFLOCH B. ET AL., *The photoionization of star-forming core in the Trifid nebula*, AJ, 581, 335, 2002

Calsky

"der umfangreichste astronomische Beobachtungskalender- und Informations-Rechner im Internet"

www.Calsky.com

Le nouveau règlement de maturité introduit en 1998 exige de chaque élève la rédaction d'un travail personnel et original comme condition de se présenter aux examens finals. Ce travail n'est pas noté, mais évalué selon les critères «très bon, bon, satisfaisant ou insuffisant». Une évaluation «insuffisante» est éliminatoire même si les notes obtenues aux examens sont bonnes.

Nous publions ici la première partie (à suivre) du travail de LOREN COQUILLE (voir *Orion 321*). LOREN se présente aux examens finaux de maturité en juin 2004

La rédaction

Mesures photométriques d'étoiles variables diverses

Développement théorique et premières interprétations

LOREN COQUILLE

Première partie - Travail de maturité

Direction: M. Daniel Cevey – Collège Rousseau – septembre 2003

Préface

En automne 2001, j'ai eu l'occasion de participer à la semaine scientifique «Du Big Bang au sourire» à l'observatoire François-Xavier Bagnoud (OFXB) de Saint-Luc. C'est au cours d'une discussion avec Daniel Cevey, Nicolas Waelchli et Gilles Carnal, que l'idée du sujet de ce travail de maturité s'est présentée, lors du vernissage de l'exposition qui faisait suite à cette semaine.

Le domaine des étoiles variables étant vaste, et mon but étant également de pouvoir remonter à l'OFXB dans le cadre de ce travail, j'ai été intéressée par la possibilité d'étudier plusieurs sortes de ces étoiles, et de pouvoir obtenir diverses grandeurs physiques à partir de mesures photométriques, réalisables à l'observatoire de Saint-Luc.

Par la suite, le sujet du travail étant plus ou moins déterminé, j'avais l'intention d'étudier principalement les binaires à éclipses et les variables pulsantes. Or il s'est trouvé que l'observatoire de Genève avait une liste d'étoiles présumées à transit planétaire, c'est-à-dire autour desquelles orbitent peut-être une ou plusieurs planètes¹, qui passeraient entre l'étoile et la Terre, faisant baisser périodiquement son éclat. J'ai tout de suite pensé qu'effectuer des mesures

sur de tels objets pouvait entrer dans le cadre de mon travail, dans le sens où on peut les considérer comme des variables binaires. De plus, cela me donnait la possibilité de rédiger un chapitre sur la quête des exoplanètes², un des importants challenges de l'astrophysique moderne, qui me passionne également. C'est ainsi que la trame générale de mon travail a peu à peu pris forme.

D'autre part, le choix d'interpréter des mesures plutôt que d'effectuer un travail purement théorique traduit mon intention de joindre les deux aspects de la physique (théorique et pratique), qui est une science expérimentale, ce qui me paraît important de ne pas oublier. Cependant, l'accent sera mis sur la partie théorique, astrophysique, et non sur les descriptions du fonctionnement des appareils utilisés, ou encore sur les incertitudes liées aux mesures, pour ne citer que quelques exemples. En effet, je pense que c'est l'informatique, et par extension la technique, qui doit être un outil de l'astrophysique et non pas l'astrophysique qui doit être prétexte à la technique.

Etre capable d'utiliser seule les appareils et instruments nécessaires, donc acquérir une certaine autonomie durant les prises de mesures, mais surtout comprendre et maîtriser la théorie qui permet de les interpréter, sont les principaux buts que j'aimerais atteindre en réalisant ce travail. En résumé: avoir un aperçu, à moindre échelle, du travail qu'effectue un astrophysicien, métier que je compte exercer à l'avenir.

Pour pouvoir y parvenir, seront entre autres nécessaires un certain nombre de stages à l'observatoire François-Xavier Bagnoud de St-Luc et plusieurs nuits de mesures à l'observatoire de Genève, dont les rapports seront mis en annexe. Un important investissement personnel ne sera pas négligé, vu l'intérêt que je porte au sujet.

D'autre part, n'ayant pas l'intention d'étudier des étoiles déjà connues, (à moins d'une pénurie majeure d'étoiles dont les courbes de magnitude sont à compléter!), le fait que les mesures effectuées soient utiles à l'Observatoire de Genève, en particulier à «l'équipe des planètes» pour les étoiles présumées à transit planétaire, et aux «variabilistes» professionnels, est une motivation non négligeable à la réalisation de ce travail. Cela me permet d'apporter, à mon âge déjà, mon humble contribution à l'avancée des connaissances en astrophysique.

Introduction générale sur les étoiles variables

Généralités

Définition et classification

Les étoiles variables sont des étoiles dont l'éclat³, sur un laps de temps relativement court, n'est pas constant. Plusieurs sortes de paramètres physiques peuvent engendrer cette variation photométrique. C'est pourquoi les variables peuvent être classées grossièrement en trois grands groupes, qui nécessitent néanmoins d'être affinés. Nous allons en étudier quelques cas.

Le premier point, qui comporte deux sections, sera consacré à des étoiles dont la variation d'éclat au cours du temps est due à des paramètres géométriques, c'est-à-dire respectivement à des éclipses successives de deux étoiles tournant l'une autour de l'autre, ou à un transit de planète devant une étoile; Les éclipses ou le transit provoquant à intervalle régulier une diminution de l'éclat du couple, la différence principale réside dans la baisse d'intensité lumineuse relative.

¹ Voir glossaire, sous n°20

² Voir glossaire, sous n°7

³ Voir glossaire, sous n°5

Le deuxième point, quant à lui, sera consacré à des étoiles variables pulsantes, dont l'éclat intrinsèque varie au cours du temps. Cette pulsation est due à la dualité de deux forces en présence: la pression exercée par le rayonnement, qui tend à faire gonfler l'étoile, et la gravitation, qui tend à la comprimer. La périodicité de la variation d'éclat est souvent très régulière.

Il existe également une troisième sorte d'étoiles que nous n'allons pas étudier, les variables éruptives, étoiles en fin de vie dont l'éclat s'accroît brutalement par suite d'une éruption qui affecte tout ou une partie de leur atmosphère. Il y a augmentation de température et par conséquent variations spectrales importantes. Après le maximum, l'éclat et la température de l'étoile diminuent.

Ces trois classes ne regroupent pas de manière exhaustive l'ensemble des étoiles variables. Il existe d'autres classes, d'une importance moindre, que j'aurai l'occasion d'évoquer au cours de ce travail.

Importance de l'observation des étoiles variables

L'étude des étoiles binaires à éclipses est d'une utilité non négligeable en astrophysique, puisqu'elles permettent de calculer les masses, ainsi que les rayons respectifs des composantes, en utilisant les lois de Newton. Ces paramètres sont importants à connaître, surtout dans l'optique de l'évolution stellaire. Il ne faut pas oublier que les étoiles vivent et meurent dans des laps de temps qui dépassent de loin l'échelle humaine. Nous sommes donc obligés d'observer des milliers d'étoiles qui sont à des périodes différentes de leur vie, pour ensuite pouvoir reconstituer leur évolution.

L'étude des étoiles à transit, et surtout plus généralement des étoiles autour desquelles orbitent des planètes, est un domaine de la recherche actuelle en pleine explosion, qui a pour but, à long terme, de répondre à la question de l'existence de la vie dans l'Univers. En commençant par chercher des planètes les plus petites possibles, de type terrestre, les scientifiques ont pour ambition de détecter la présence d'une éventuelle atmosphère entourant ces planètes, et le cas échéant d'y mesurer la quantité d'oxygène présent, qui est un outil précieux pour déterminer si oui ou non la vie existe ailleurs que sur Terre.

L'observation des étoiles variables, en particulier celle des variables pulsantes a été déterminante au cours de l'histoire de l'astronomie et reste importante de nos jours.

Comme nous le verrons par la suite, les céphéides sont des étoiles variables pulsantes qui possèdent une relation «période-luminosité» caractéristique. Mesurer leur période de pulsation permet d'obtenir leur magnitude absolue⁴, qui au moyen d'une formule la reliant à la magnitude apparente⁵, donne la distance de l'étoile.

A la fin du XVIII^e siècle, les objets célestes qui n'étaient ni des étoiles, ni des planètes, ni des comètes ont été nommés nébuleuses par William Herschel⁶. Voyant que la plupart d'entre eux se composent tout de même d'étoiles, deux explications ont été proposées, dont celle des «univers-îles» selon laquelle ces corps se trouvent au-delà de notre galaxie, théorie qui est encore contestée à l'époque et fait l'objet d'un grand débat. Vers 1900, on connaissait assez bien les distances des étoiles proches grâce aux mesures des parallaxes⁷, mais il fallait encore mesurer les distances des étoiles plus éloignées pour confirmer (ou infirmer) l'existence des «univers-îles». Par la suite, en 1912, Henrietta Leavitt établit la fameuse relation entre la période et la luminosité des Céphéides (voir point II.A.1) grâce à laquelle on a pu déduire la distance de ces étoiles. Ainsi, si on étudie une région lointaine où se trouvent des Céphéides, on peut estimer la distance moyenne de cette région. C'est en découvrant une céphéide dans la «nébuleuse d'Andromède» en 1924 qu'EDWIN HUBBLE⁸ permettra de trancher: cette «nébuleuse» se trouve en effet en dehors de notre galaxie, elle en est une à part entière, comme nombre de ces objets, ce qu'il prouvera par la suite. Les limites de l'Univers, jusque là conçues comme étant aux confins de la Voie Lactée, se trouvent repoussées à des distances gigantesques. Un peu plus tard, en 1929, Hubble établit une relation entre la distance d'une galaxie et sa vitesse d'éloignement (plus une galaxie est éloignée, plus elle s'éloigne vite de nous). Cette loi de Hubble, plus tard interprétée comme étant le résultat de l'expansion de l'Univers, a permis d'estimer la distance des galaxies lointaines, en mesurant les vitesses d'éloignement grâce aux décalages des spectres⁹ vers le rouge («red shift»). En guise de conclusion de cette petite parenthèse historique, nous pouvons dire que notre perception de la grandeur de l'Univers n'a cessé de s'accroître, au fur et à mesure que nos méthodes de mesures et d'observations se sont améliorées, et la découverte de la relation période-luminosité des Céphéides en est une étape déterminante.

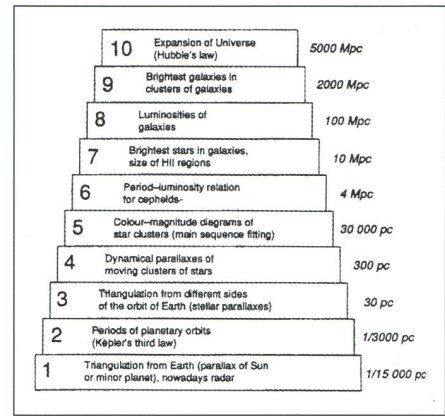


Figure 1

Aujourd'hui encore, les céphéides sont utilisées pour mesurer les distances dans l'Univers. Elles sont un moyen qui permet de repousser les limites de la méthode de la parallaxe annuelle (qui n'est plus utilisable à partir de 1000 pc au grand maximum) à des distances d'environ 5 Mpc. C'est donc un précieux outil de l'astrophysique.

Voici un tableau représentant les différents indicateurs de distance ainsi que leur portée. (Voir Fig. 1)

De plus, l'observation des variables pulsantes est d'une part un bon indicateur de populations stellaires, les céphéides classiques étant pour la plupart des étoiles relativement jeunes, appartenant à la population I, les RR Lyrae et les W Virginis étant de vieilles étoiles, appartenant à la population II (nous reviendrons sur cette classification par la suite), et d'autre part elle nous donne de précieuses informations sur l'évolution stellaire, en nous renseignant sur leur aspect et leur structure à différentes périodes caractéristiques de leur vie: à ce sujet, voir le paragraphe de cette section consacré à la place des étoiles variables dans l'évolution stellaire.

Nom des étoiles variables

Il peut être intéressant de se pencher sur le nom que l'on donne aux étoiles variables découvertes dans une constellation. Cela nous permettra de comprendre pourquoi l'on nomme certaines pulsantes des «RR Lyrae» ou des «W Virginis». La première classification d'étoiles varia-

⁴ Voir glossaire, sous n°16

⁵ Voir glossaire, sous n°15

⁶ Voir glossaire, sous n°11

⁷ Voir glossaire, sous n°18

⁸ Voir glossaire, sous n°12

⁹ Voir glossaire, sous n°24

bles dans une constellation donnée remonte à Argelander¹⁰. Il désignait la première variable découverte par R (suivi du nom latin de la constellation), la seconde par S et ainsi de suite jusqu'à la neuvième: Z. La dixième étoile découverte s'appelle RR, la onzième RS et ainsi de suite jusqu'à RZ, puis SS, ST, ..., SZ, TT, TU, ..., TZ, etc. jusqu'à la cinquante-quatrième ZZ. A partir de la cinquante-cinquième, on revient au début de l'alphabet en la désignant AA, puis AB, ..., AZ, BB, BC, ..., BZ, etc. jusqu'à QZ, la trois cent trente-quatrième. Le nombre restreint de variables découvertes à l'époque permettait une classification si limitée. C'est seulement à partir de la trois cent trente-cinquième que l'on commence à les appeler V335, V336, etc. ce qui enlève toute limitation et est bien pratique quand, par exemple dans le Sagittaire, on dépasse V 4000. (Il est à noter que les variables brillantes déjà désignées par la notation de Bayer (a, b, etc. suivi du nom latin de la constellation, n'ont pas reçu d'autre nom. Les variables d'amas globulaires n'ont qu'un numéro d'ordre de découverte précédé du nom de l'amas.) Ainsi, une étoile «RR Lyrae» est une étoile variable du même type que la dixième étoile découverte dans la constellation de la Lyre: RR Lyrae.

Instrument de mesure: la caméra CCD

Je fais ici une petite digression sur l'instrument de mesure que j'ai utilisé, car je pense nécessaire de comprendre (en gros) le mode de fonctionnement des appareils que l'on exploite. Les mesures effectuées dans le cadre de ce travail sont photométriques, c'est-à-dire qu'elles mesurent les variations de la quantité de lumière provenant de l'objet pointé. Elle ont en l'occurrence été réalisées avec une caméra CCD située au foyer du télescope de 60 cm de l'observatoire de St-Luc. La caméra CCD, développée à la fin du XX^e siècle, a révolutionné le monde de l'astronomie en succédant, pour la plupart des applications, aux plaques photographiques. Son rendement est de 90%, alors que celui des émulsions photographiques n'était que de 4%. Les sources très faibles sont ainsi accessibles à l'observation avec des temps de pose raisonnablement courts. Je vais ici résumer le principe de fonctionnement de cet instrument.

Une caméra CCD est une matrice de photo éléments. Par effet photoélectrique, un certain nombre des photons in-

cidents frappent une couche de Silicium et en arrachent les électrons. A chaque élément correspond une série d'électrodes (un puits de potentiel) où ces électrons sont piégés, donc stockés. Lorsque la pose est terminée on agit sur le potentiel des électrodes pour déplacer les charges jusque sur les bords du CCD (étage de lecture). D'où le nom de CCD qui est l'abréviation anglaise de Caméra à Transfert de Charges (Charge Coupled Device). L'étage de lecture envoie l'information vers la mémoire d'un ordinateur: les paquets de charges sont «sortis» un par un de la matrice. On mesure ensuite la tension de sortie de chaque pixel, qui est proportionnelle au nombre de charges contenues dans le puits de potentiel. Un convertisseur analogique-numérique permet ensuite de quantifier cette valeur.

Voici une représentation du signal reçu par la caméra CCD pour une étoile donnée (fonction d'Airy): *Fig. 2*.

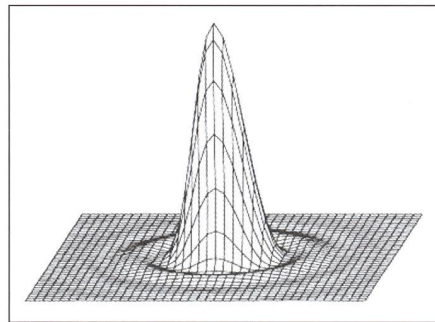
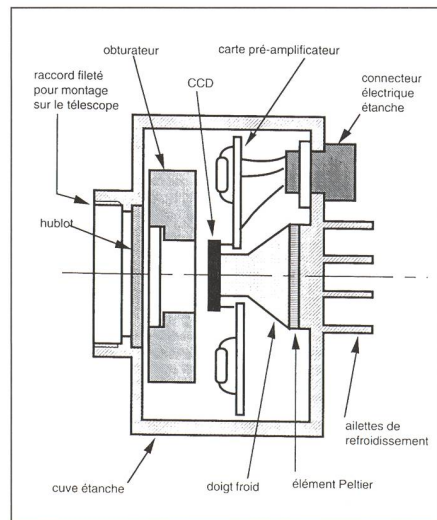


Figure 2

Et ici un exemple d'une tête de caméra CCD:

Figure 3



Le schéma ci-contre montre le fonctionnement d'une caméra CCD:

Il est nécessaire de procéder à une «calibration photométrique», c'est-à-dire à une série de corrections pour que l'intensité de chaque pixel soit proportionnelle au nombre de photons provenant de l'objet pointé. Pour cela, trois sortes de «poses techniques» doivent être réalisées: les «zéros», les «darks» et les «flats».

Les «zéros»

Tous les électrons ne proviennent pas forcément de l'impact des photons sur la plaque de Silicium. En effet, l'agitation thermique produit des électrons libres. Il faut donc quantifier cette production qui est variable d'un pixel à l'autre à cause des défauts de fabrication. On fait une série de poses de 0 secondes dans l'obscurité totale en gardant l'obturateur de la caméra fermé. La correction du bruit thermique se fait ensuite en retirant ce bruit prévu pour chaque image. (Le bruit étant aléatoire, on ne retire que la partie prévisible de ce bruit.)

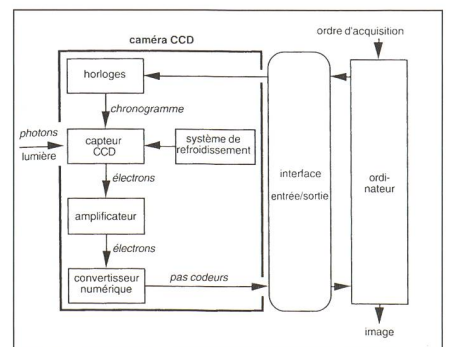
Les «darks»

En l'absence de tout «électron thermique», la caméra CCD produit toujours un signal de sortie non nul: c'est le bruit dû à son fonctionnement. Cette valeur est variable d'un pixel à l'autre. On fait une série de poses d'environ 30 secondes en gardant l'obturateur fermé pour quantifier ce bruit, que l'on retirera ensuite de chaque image.

Les «flats»

Le rendement quantique de chaque pixel – c'est la mesure du nombre de charges créés pour un photon d'une certaine énergie – n'est pas constant (il est fonction de la longueur d'onde). De plus, les photons sont passés à travers différentes optiques. Tout cela fait que le signal n'est pas uniforme. Il faut donc éclairer la caméra CCD avec une lumière uniforme (on utilise le fond du ciel durant le crépuscule) pour obtenir une série d'images qui serviront à uniformiser le signal. On fait une série d'une dizaine de poses dont on fait la moyenne. Pour la

Figure 4



¹⁰ Voir glossaire, sous n°3

correction d'une image, on divise chaque pixel de l'image par le pixel correspondant de l'image de la lumière uniforme (souvent appelée PLU pour Plage de Lumière Uniforme ou Flat Field en anglais). On voit donc que là où il y a beaucoup de signal, on divise par beaucoup, et où il y a peu de signal, on divise par peu (uniformisation). On obtient des valeurs comprises entre 0 et 1 que l'on multipliera par la valeur moyenne de la PLU pour chaque image. Le signal des objets que l'on veut mesurer sera uniformisé et correspondra réellement à la lumière qu'ils émettent. Il est nécessaire de réaliser une PLU par filtre utilisé et par nuit d'observation. En effet les conditions d'observation varient d'un jour à l'autre (température, poussières...).

En résumé, l'ordinateur obtiendra le signal de l'image finale en faisant les opérations ci-dessous, c'est ce que l'on appelle le prétraitement des images:

$$I(x, y) = (I_{\text{brute}}(x, y) - I_{\text{offset}}(x, y)) \cdot \frac{I_{\text{PLUmoy}}}{I_{\text{PLU}}(x, y)}$$

Le temps de pose devra être suffisant pour que le flux soit important (il faut que le rapport signal/bruit soit important). Il faut aussi veiller à ne pas saturer la caméra CCD (Fig. 5).

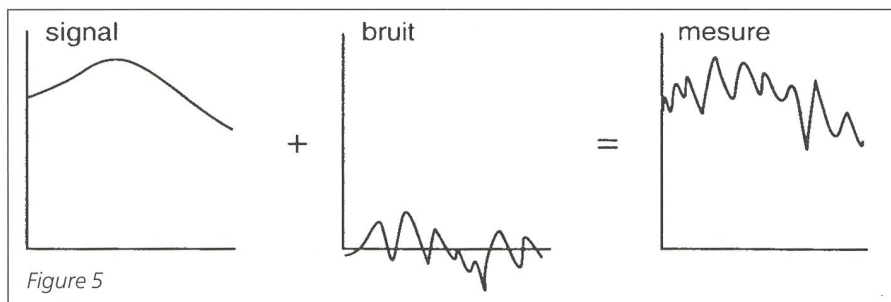


Figure 5

Après le prétraitement suit le traitement des images, voici la procédure lorsqu'il s'agit de mesures d'une étoile variable: toutes les images sont recalées les unes par rapport aux autres, puis une dizaine d'étoiles relativement brillantes du champ sont choisies comme étoiles de référence. Il s'agit de vérifier que leur éclat ne varie pas puisque c'est par rapport à ces étoiles choisies que la variation d'éclat de la variable sera calibrée. On obtient dans un premier temps une courbe de variation d'éclat, relativement aux étoiles de référence: c'est donc une courbe de magnitudes relatives. Ce n'est que dans un second temps que l'on peut obtenir la magnitude apparente de l'étoile en fonction du temps,

en opérant une seconde calibration, mais cette fois sur la magnitude d'une étoile de référence, trouvée dans un catalogue stellaire. La courbe de luminosité définitive comporte donc en abscisse le temps (souvent mesuré en fraction de la période) et en ordonnée la magnitude apparente visuelle (ou dans le rouge suivant le filtre utilisé).

Notions de base nécessaires à l'étude des étoiles variables

Les types spectraux et le diagramme HR

L'analyse spectrale, c'est-à-dire l'analyse de la lumière émise par l'étoile dans l'ensemble des longueurs d'ondes du spectre électromagnétique, est une composante très importante de l'astrophysique stellaire: elle donne en effet de multiples indications sur la composition chimique de l'étoile (raies d'absorption), sur ses mouvements (que ce soit de translation radiale ou de rotation, voir point I.B.1.a), sur les champs électriques et magnétiques, sur la température, mais aussi sur la structure et l'état d'évolution de l'étoile étudiée.

Cette analyse des spectres, a aboutit à une classification: la classification spectrale. La notion de type spectral, qui

tient compte de critères tels que l'absence ou la présence de certaines raies (d'absorption généralement), et de l'intensité relative de différentes raies, notamment, est importante dans le cadre de ce travail en particulier. En effet, les étoiles présentent une assez grande variété de couleurs, qui sont indicatrices de leur température superficielle. Le type spectral est donc caractéristique de cette température. On verra que certains sous-groupes d'étoiles variables sont déterminés à partir des types spectraux, ou si l'on prend d'autres critères pour former un sous-groupe, il peut arriver qu'un type spectral particulier apparaisse comme également caractéristique de ce sous-groupe.

Le tableau 1 ci-dessous indique la classification spectrale des étoiles.

Mais cette classification spectrale, selon la température, s'est révélée insuffisante. En effet, on s'est aperçu qu'une même classe spectrale pouvait contenir des étoiles très différentes les unes des autres, par exemple des naines rouges et des géantes, voire des supergéantes rouges. En 1911, les physiciens HERTZSPRUNG (1873-1967) et RUSSEL (1877-1957) ont indépendamment eu l'idée de placer les étoiles dans un diagramme logarithmique à deux dimensions – par exemple classe spectrale et magnitude absolue (mais on peut rajouter d'autres paramètres comme la luminosité¹¹ comparée au Soleil, la température, le rayon, etc.) – qui porte le nom de diagramme HR en leur honneur.

Ci-après, deux diagrammes HR classiques, l'un avec quelques noms d'étoiles représentatives, l'autre indiquant où se trouvent les étoiles variables (seules les Céphéides, W Virginis, RR Lyrae et Mira seront étudiées dans ce travail)

Tableau 1

- La présence ou l'absence de certaines raies n'est pas due à des différences de composition chimique, mais reflète seulement les différences de température des atmosphères.
- Les principaux types spectraux sont encore subdivisés de façon décimale pour affiner la classification. (exemples: B0, B1, ..., B9 mais aussi B0, B0.5, B1, etc.)

TYPE	TEMPERATURE	ELEMENTS PREDOMINANTS	COULEUR
O	30'000 K	Eléments très ionisés : He+, N++, Si+++	bleue
B	20'000 K	Raies de l'Hélium neutre, série de Balmer de l'Hydrogène	
A	9000 K	Intensité maximale des raies de H. Apparition des raies de Ca+, Mg+, Si+, Fe+	blanche
F	7000 K	Raies de Ca+ intenses. Affaiblissement des raies de H. Renforcement des raies de métaux ionisés.	
G	5500 K	Raies de Ca+ très intenses. Raies de Fe et d'autres métaux neutres. Apparition de bandes moléculaires CH et CN.	jaune
K	4000 K	Ca+; Métaux neutres; CH, CN, TiO	
M	3000 K	Métaux neutres et bandes TiO	rouge

¹¹ Voir glossaire, sous n°14

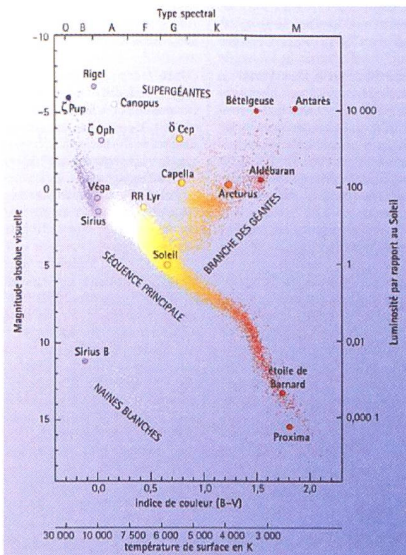


Figure 6

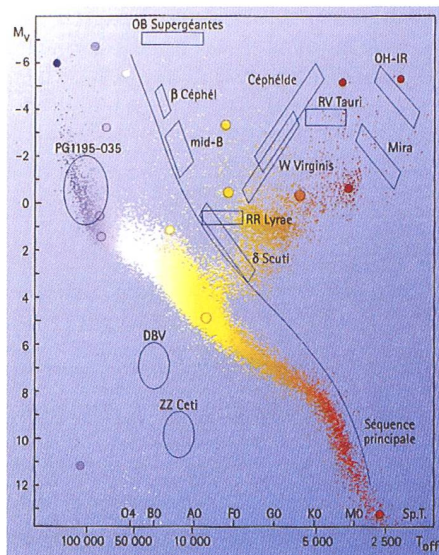


Figure 7

Les étoiles se répartissent en séquences relativement bien délimitées: on remarque un grand nombre d'étoiles sur la diagonale, qui est appelée «séquence principale»¹²; au dessus, la «branche horizontale»; regroupe des étoiles variables caractéristiques (les céphéides et les RR Lyrae, voir chapitre II). Tant que les étoiles évoluent sur la Séquence Principale leur luminosité est fonction de leur masse.

En plaçant une étoile dans ce diagramme, on a une indication sur son âge et évolutif ainsi que sur son âge. On remarquera que le nombre d'étoiles qui se trouvent dans chaque région du diagramme est proportionnel au temps que chaque étoile y passe au cours de sa vie ainsi qu'à la distribution initiale des masses. Ce diagramme permet donc l'élaboration ou la confirmation de modèles évolutifs: c'est l'outil de base de l'étude de l'évolution stellaire.

Un paramètre appelé classe de luminosité distingue les étoiles de même température, mais de densité différente: (Voir tableau 2 ci-contre)

Les populations stellaires

La notion de population stellaire a été introduite par Baade; elle exprime l'emplacement des étoiles dans la galaxie, mais aussi leur âge. On verra par la suite que cette notion est très importante pour l'étude des étoiles variables, puisqu'elles peuvent être influencées par leur position galactique.

On distingue deux sortes de populations:

La population I

Elle rassemble les étoiles brillantes, jeunes et bleues pauvres en éléments lourds. Elles sont localisées dans les bras spiraux (et dans le noyau des ga-

laxies). Elles sont associées aux nuages de gaz et de poussières où se forment les étoiles. La population I forme les amas compacts d'étoiles qui sont visibles dans le plan de la Voie Lactée, et de manière générale ces étoiles sont toujours très proche du plan moyen de la galaxie, c'est-à-dire que la population I forme un système plat.

La population II

Elle désigne les étoiles lumineuses plus froides, donc vieilles, rouges et oranges, riches en éléments lourds. Ces étoiles résident pour la plupart dans le halo¹³ qui entoure la Voie Lactée et les autres galaxies, dans la région centrale de la galaxie, et dans les amas globulaires (habituellement dans le halo). Ces étoiles peuvent être situés à des distances considérables du plan galactique: on

dit que la population II forme un système sphérique.

Ces deux classes sont subdivisées en Population I extrême, vieille Population I, Population du disque, Population II intermédiaire et Population II extrême du halo (Population III).

La place des étoiles variables dans l'évolution stellaire

La cohésion des étoiles est régie par la gravitation qui est compensée par la pression du gaz dont elles sont constituées, la pression de dégénérescence quantique, et la pression du rayonnement stellaire. Lors de ce «combat» entre pression et gravitation, certaines étoiles «trouvent» un équilibre parfait. Dans d'autres cas, l'équilibre n'est pas atteint: l'état d'ionisation de l'hydrogène et de l'hélium constituant l'étoile permet le développement d'instabilités. Des pulsations (caractérisées notamment par la variation du rayon de l'étoile) apparaissent, accompagnées de variations d'éclat.

En ce qui concerne les variables qui vont être étudiées dans la suite de ce travail, nous pouvons résumer leur place dans l'évolution stellaire de la manière suivante:

Céphéides classiques (Cδ):

Ce sont des étoiles riches en Hélium, elles sont situées dans le plan galactique et ont des vitesses faibles. Elles sont jeunes et appartiennent à la population I. L'influence de l'abondance en Hélium engendre des «excursions» en direction de la séquence principale, traduisant des pulsations dans le diagramme HR.

¹² Voir glossaire, sous n°23

¹³ Voir glossaire, sous n°10

Tableau 2

CLASSE	TYPE D'ETOILES	REMARQUES
IaO, Ia+	Hyper-supergéante	
Ia	Supergéante lumineuse	
Iab	Supergéante modérément lumineuse	
Ib	Supergéante peu lumineuse	
II	Géante brillante	Etoiles de grandes dimensions et peu denses
III	Géante normale	
IV	Sous-géante	
V	Séquence principale	Etoiles petites et denses
VI	Naines blanches	Etoiles très denses

Voici à titre d'exemple le cheminement dans le diagramme HR d'une étoile au comportement voisin de celui du Soleil.

W Virginis (CW):

Elles correspondent à la partie des céphéides les plus pauvres en Hélium. Ce sont des étoiles vieilles qui appartiennent à la population II.

RR Lyrae:

Ce sont des étoiles qui se trouvent dans les amas globulaires ou qui se déplacent perpendiculairement à la galaxie à une vitesse importante, elles sont vieilles et appartiennent à la population II. Elles sont assez chaudes tout en étant situées dans la zone des géantes. Elles correspondent alors aux étoiles de type solaire brûlant leur Hélium en couche.

Variables à longue période (VLP):

Elles correspondent à des étoiles dans un état de géante rouge en fin d'évolution, lorsque l'Hélium brûle en coquilles. L'énergie nucléaire ne peut être évacuée ainsi facilement, et les pulsations engendrées soulèvent les couches profondes de la matière pour les mélanger aux gaz de la surface riches en Hydrogène. Les éléments de l'atmosphère de l'étoile sont alors très divers. Le «flash» de la coquille d'Hélium signe ainsi la dernière étape de la vie de l'astre et transforme son cœur en Carbone et en Oxygène.

Voici un tableau rassemblant les caractéristiques importantes quant à l'évolution stellaire.

(à suivre)

LOREN COQUILLE
18, rue de Vermont, CH-1202 Genève

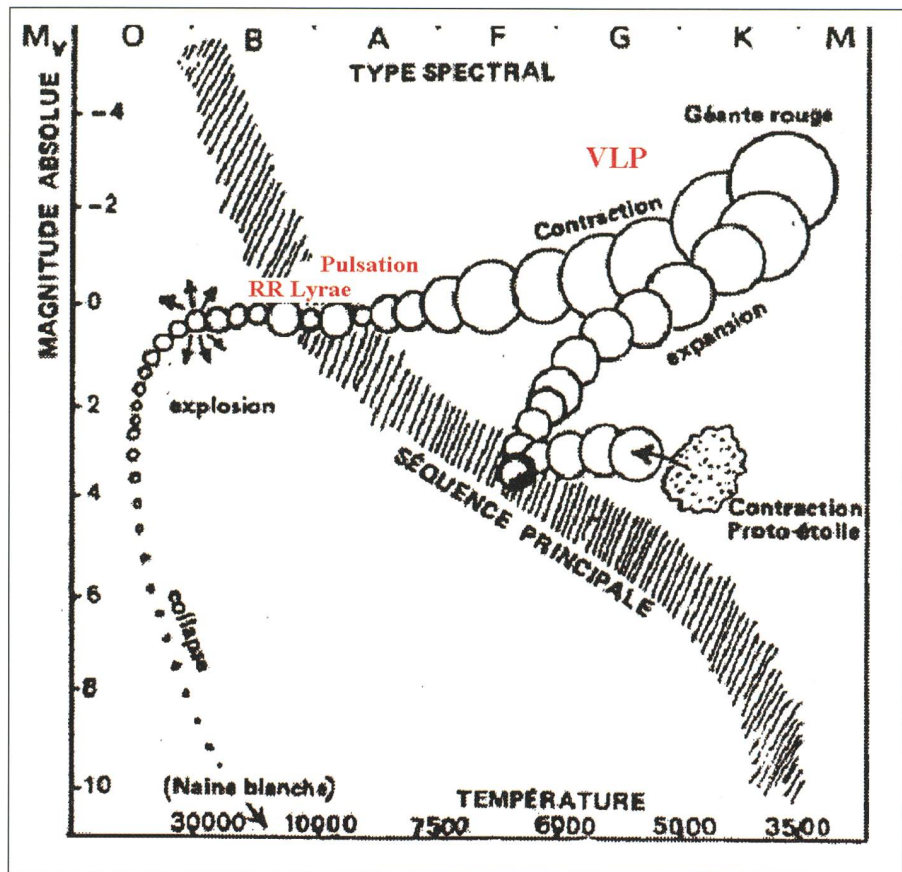


Figure 8

Classe	Période [jrs]	Type spectral	Masse [M _☉]	Position dans l'évolution
Céphéides classiques (Cδ)	1.5 à 50	F6 à K2	~3.7 à 14	supergéantes en fin de vie
W Virginis (CW)	5 à 40	F2 à G8	~1	combustion de l'He, présence de métaux
RR Lyrae	0.25 à 1	A2 à F2	1	combustion de l'He sur la branche des géantes du diagramme HR avec vents (=pertes de matière)
Variables à longue période (rouges) (VLP)	30 à 1000	M, R, N, S	≤ 8	géantes rouges en fin d'évolution

Les caractéristiques importantes de ces différentes classes d'étoiles variables seront reprises en détails par la suite.

SAG - Kolloquium 2004: Astronomie von blosser Auge

Termin: Samstag/Sonntag 12./13. Juni 2004
Zeit: Samstag 15 bis 18 Uhr, Sonntag 9.30 bis 12 Uhr
Ort: Schulungsraum Feriensternwarte Calina in Carona

Programmübersicht

- Geschichte der Astronomie von blosser Auge - Einfache Astronomie Beobachtungen und Phänomene
- Beobachtungen von blosser Auge - Fotografie mit «normaler» Kamera ohne Nachführung

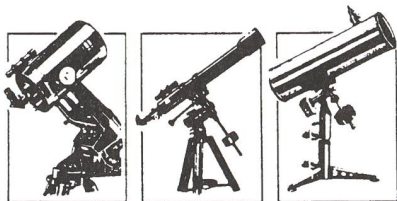
Anmeldung:

Hugo Jost-Hediger, Lingeriz 89, CH-2540 Grenchen, Tel. 032 653 10 08, email: hugojost@bluewin.ch
Anmeldungen bitte bis spätestens 1. Juni 2004.

Übernachtung in der Sternwarte Calina:

Anfragen bitte an Frau Susanne Brändli, Casella postale 8, CH-6914 Carona, Tel. 091 649 51 91

Ihr Partner für Teleskope und Zubehör



Grosse Auswahl
Zubehör, Okulare, Filter

Telrad-Sucher
Astro-CCD-Kameras
Astro-Software

Sternatlanten
Sternkarten
Astronomische Literatur

Beratung, Service
Günstige Preise

Ausstellungsraum

CELESTRON®

Tele Vue

 **Meade**

AOK

 **LEICA**

Kowa

 **FUJINON**

 **STARLIGHT EXPRESS**
ASTRONOMICAL AND INDUSTRIAL CCD CAMERAS

Alleinvertrieb für die Schweiz: PENTAX®

ANALOG



Tel. 031 311 21 13 Fax 031 312 27 14

Internet <http://www.zumstein-foto.ch>

e-mail: astro@zumstein-foto.ch

MEADE® AKTION



SONDERANGEBOT Gültig bis 31. August 2004

Meade LX200GPS Teleskope sind ein neuer Markstein in der Geschichte der Amateur-Astronomie. Nach einer 2-jährigen Entwicklungszeit im Hause Meade in Kalifornien, treten die neuen GPS-Modelle an und bieten Funktionen und Leistungsmerkmale, die bisher im Amateurbereich einfach nicht erhältlich waren. Dem Anfänger ermöglicht das LX200GPS die Beobachtung der Planeten und hunderter Deep-Sky-Objekte bereits in der allerersten Nacht, draussen unter dem gestirnten Himmel! Ein umständliches Suchen der Objekte per Sternkarte entfällt; genau wie in den grossen Observatorien der Welt können Sie irgendeines der gespeicherten Objekte aufrufen, und das LX200GPS fährt mit der unglaublichen Geschwindigkeit von 8 Grad pro Sekunde zum Objekt und zentriert es im Okular! Dies eröffnet dem Amateur das automatische Positionieren, die elektronische Koordinaten-Auslese, der SmartDrive in beiden Achsen und vieles mehr, unzählige praktische Möglichkeiten, an die er zuvor niemals gedacht hätte.

Schmidt Cassegrain-Optik (D=203mm /254mm; F=2000mm/2500mm, f/10), UHTC Ultra High Transmission-Vergrößerung auf beiden Seiten der Schmidt-Platte sowie auf beiden Spiegeln, motorischer Zero-Image-Shift Mikrofokussierer mit 4 Geschwindigkeiten, mikroprozessorgesteuerte DC-Servomotoren in RA und DEC mit multifunktionalem Power-Panel, GoTo-Positionierung, integrierte Objekte-Bibliothek mit über 145'000 fest gespeicherten Himmelsobjekten, GPS-Initialisierungs-System durch 16-Kanal GPS-Empfänger, Ganzmetall-Dreibeinstantiv, Super-Plössl Okular f=26mm, Zenitprisma 1.25" und 8x50 Geradesichtsucher.

Meade LX200GPS 10" CHF 5955.- statt CHF 6551.-

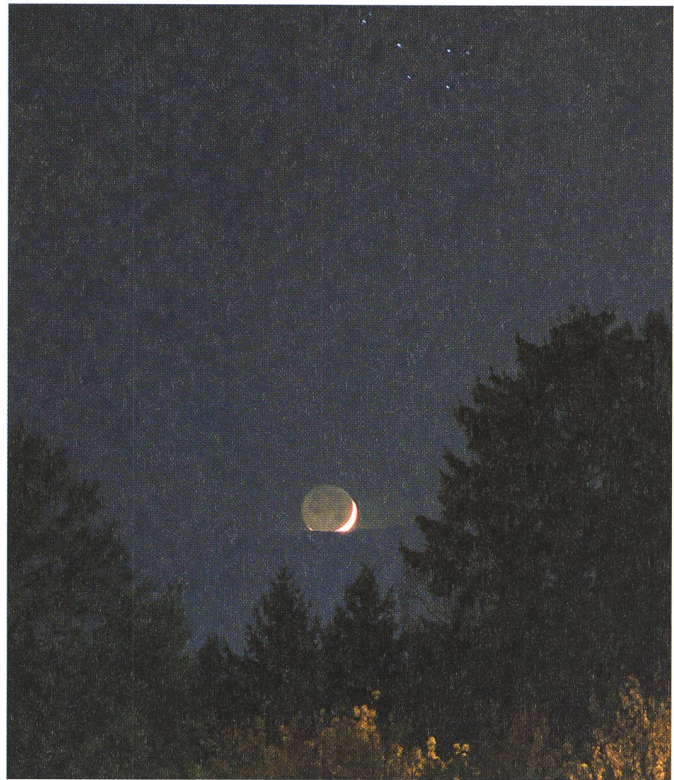
Meade LX200GPS 12" CHF 8040.- statt CHF 8935.-



Stützpunkthändler für die Schweiz



Vénus, les Pléiades et Mars le 30 mars 2004. Sony DSC-F707, 8 sec. de pose. (NOËL CRAMER)



Coucher de Lune sur le Jura avec les Pléiades, le 21 avril 2004. Sony DSC-F707, 8 sec. de pose. (NOËL CRAMER)

Venus und Mond im Orion, eine extreme Abweichung von der Ekliptik

CHRISTIAN SAUTER

Die Reflexion der Venus und des Mondes zusammen mit dem Abendhimmel und den übrigen Lichtquellen im Luganersee ergab ein einmaliges Farbenspiel (Figur 1). Der 48 Stunden alte Mond, die dunkle Seite vom Erdwiderschein erhellt, war im Begriff hinter dem Monte San Giorgio unterzugehen.

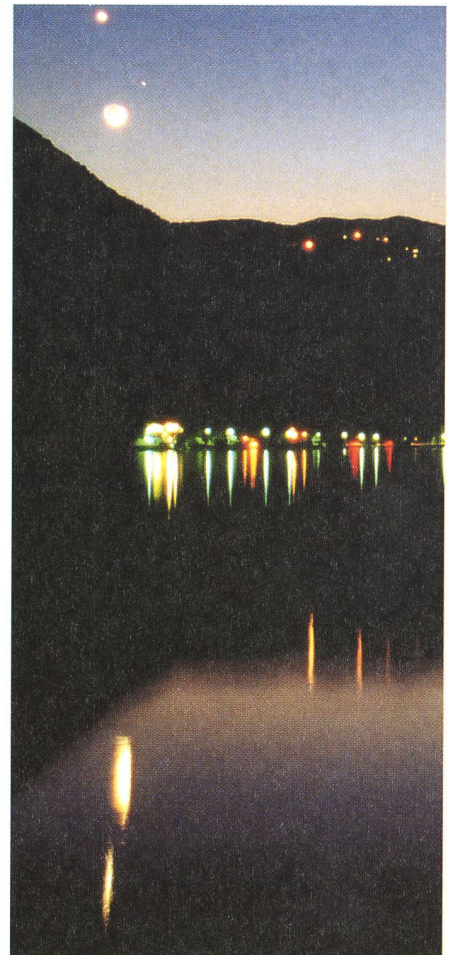
Venus und Mond befanden sich im Orion, eine selten beobachtete extreme Abweichung von der Ekliptik. In Figur 2 sieht man links vom Mond über der Silhouette des Monte San Giorgio die bläuliche Bellatrix (Gamma Orionis), rechts oberhalb des Mondes die gelbe Betelgeuze (Alpha Orionis). Rechts oberhalb der Venus befindet sich Prokyon (Alpha Canis minoris), in der oberen linken Ecke von Figur 2 die Zwillinge.

CHRISTIAN SAUTER
Ringstrasse 60, CH-8057 Zürich

Fig. 1: Venus und Mond über dem Monte San Giorgio und dem Luganersee, aufgenommen von Melano (45° 56' nördlicher Breite) Richtung West-Nordwesten, 14. Mai 2002, 21:20 Uhr. Ektachrom 200 Professional, Nikon F-301, 60 mm Objektiv.



Fig. 2: Venus und Mond im Orion (siehe Text). 14. Mai 2002, 21:25 Uhr. Ektachrom 200 Professional, Nikon F-301, 105 mm Objektiv.



NGC 5194 (M 51) Galaxie spirale des Chiens de Chasse

Cette images CCD a été réalisée au foyer Newton du télescope de 600 mm à F/D = 3.8. La caméra CCD est une Apogee AP47p avec un capteur Marconi 47-10 de 1024 x 1024 pixels.

Le prétraitement des images brutes avec les zéros, les noirs et les plages de lumière uniforme a été fait sous IRAF. Le traitement des images a été effectué sous Iris. Le capteur a comme dimension 13.3 mm x 13.3 mm ce qui donne un champ de 20' x 20' au foyer du télescope.

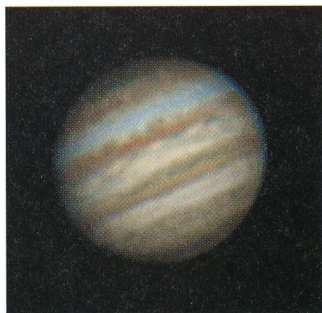
Les temps de poses sont: 70 min dans le bleu, 44 min dans le vert et 22 min dans le rouge.

NICOLAS WAELCHLI, YVES REVAZ

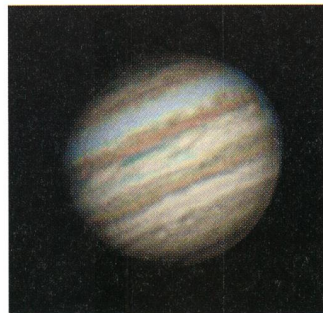


Ecco quattro immagini di Giove della sera del 21 aprile, dove è possibile osservare bene il movimento rotatorio.

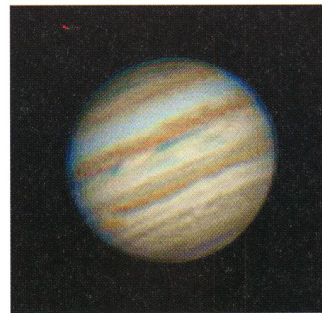
ALBERTO OSSOLA, CH-6933 Muzzano/TI



21 aprile 2004 - ore 20.50



21 aprile 2004 - ore 21.40



21 aprile 2004 - ore 22.20



21 aprile 2004 - ore 23.05



Telescopio Maksutov-Cassegrain 300/4800, fuoco diretto; Luogo: Muzzano/TI
Web Cam Philips ToUcam Pro; Media di 400 frames selezionate da filmato AVI di ca. 1500 frames, definiz. 640x480; Elaborazione RegiStax e Picture Windows; Pixel 455x316, 0,43 MB; 15-03-2004 / ore 21.00

ORION OPTICS Sky-Watcher Teleskope Sky-Watcher

www.skywatchertelescope.ch

		
Newton	Maksutov	Refraktor
200/1000 P EQ5	127/11500 EQ3-2	150/1200 HE05
Fr. 767.-	Fr. 839.-	Fr. 1549.-

Document non contractuel

CENTRE TELESCOPES & JUMELLES[®]
OPTIQUE PERRET
Rue du Perron 17 - 1204 Genf
Tél. 022 311 47 75 - Fax: 022 311 31 95
www.optique-perret.ch

KLEIN INSERATEN
PETITES ANNONCES

- Zu verkaufen:
Verkaufe in Topzustand meine komplette Astronomieausrüstung:
Fernrohr Zeiss APQ 100/640 mit Originalzubehör: Sucherfernrohr, Schiebetubus M 68, Zenitprisma 2", Okularklemme. Zeiss Abbe-Okularsatz 4, 6, 10, 16, 25, 34 mm. Weiteres Zubehör. Originaldokumente.
Astrophysics-Montierung CNC-400 komplett, Polsucherfernrohr, Sinus-II Steuerung. Weiteres Zubehör. Originaldokumente.
JÜRIG HUFSCHMID, Schulhausstrasse 7, 3800 Unterseen.
Tel. 033 822 88 84, abends 033 823 20 40
Mail: juerg.hufschmid@bluewin.ch

Planeten am Abendhimmel ziehen sich zurück

THOMAS BAER

Nach seinem gut beobachtbaren Gastspiel am Abendhimmel im April 2004 bleibt **Merkur** während den Sommermonaten nicht zu beobachten. Weder nach Sonnenuntergang, noch vor Sonnenaufgang kann man den sonnennahen Planeten beobachten. Obwohl er im Juli 2004 der Sonne im Tierkreis davonweilt und seinen östlichen Winkelabstand langsam auf $27^{\circ}07'$ vergrössert, reicht es dennoch nicht für eine Abend-sichtbarkeit. Grund dafür ist, dass Merkur in Deklination rund 10° südlicher steht als die Sonne. Geht diese im Nordwesten unter, ist auch der Planet längst von unserem Firmament verschwunden. Weiter südlich, also in den Gegenden um das Mittelmeer, reicht es Ende Juli noch knapp für eine bescheidene Abendsichtbarkeit, weil sich hier die Ekliptik etwas steiler über den Horizont schwingt.

Auch **Venus** hat sich mit ihrem seltenen «Rendez-vous» mit der Sonne am 8. Juni 2004 gänzlich vom Abendhimmel zurückgezogen. Da sie aber in der Folge

westlich des Tagesgestirns zu finden ist, wird der Winkelabstand rasch grösser, und wir können unseren inneren Nachbarplaneten schon recht bald in der Rolle als «Morgenstern» vor Sonnenaufgang bewundern. Schon am 15. Juli 2004 strahlt Venus -4.5 mag hell im «Grössten Glanz» und ist damit neben Sonne und Mond das auffälligste Gestirn am Himmel. Die Aufgänge der Venus verlagern sich von 03:43 Uhr MESZ am 1. Juli 2004 auf 02:37 Uhr MESZ am 31.. Interessant wird zu beobachten sein, wie Venus am Stier-Auge Aldebaran eine sogenannte Umkehrschleife vollführt. Im Teleskop erscheint der «Morgenstern» zu Beginn des Hochsommers als schlanke Lichtsichel mit einem scheinbaren Durchmesser von $47''$. Im Laufe des Juli und August 2004 nimmt die Lichtphase dann immer mehr zu, während die Planeten-grösse auf $29''$ zurückgeht.

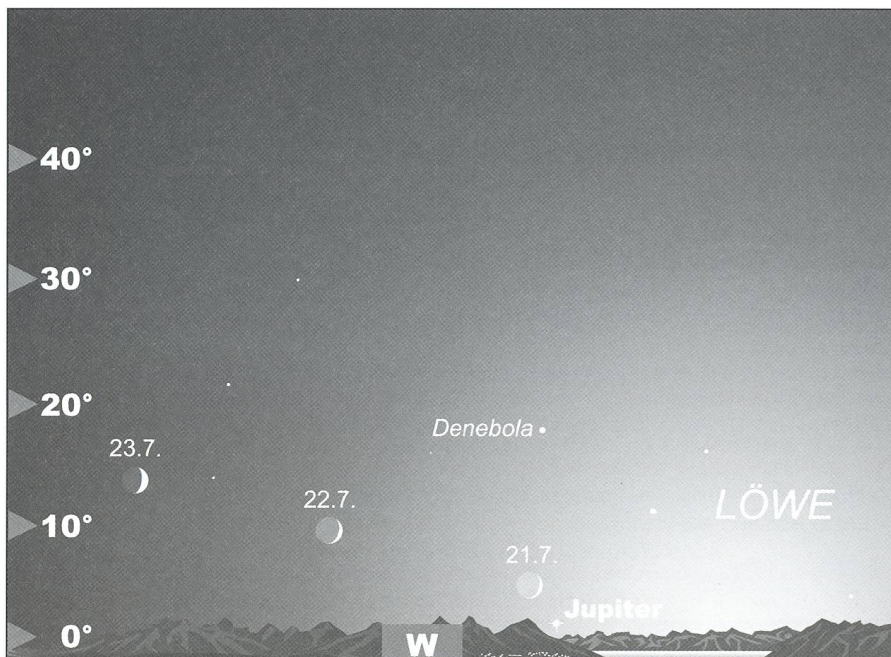
Saturn und **Mars**, die im Frühjahr noch gemeinsam mit Venus und Jupiter den abendlichen Himmel dominierten, haben sich schon im Laufe des Juni 2004

vom Abendhimmel zurückgezogen. Die Sonne rückt allmählich in die höchsten Bereiche ihrer jährlichen Bahn auf und beginnt die traditionellen Wintersternbilder mit ihrem Glanz zu überstrahlen.

Am längsten harrt **Jupiter** im Sternbild des Löwen aus! Der Gasriese begleitet uns noch bis in die ersten Augusttage hinein als einziger Abendplanet und «rettet» somit die langen Dämmerungsphasen. Seine Bewegung verläuft zwar rechtläufig, doch auch ihm kommt die Sonne Tag für Tag näher. Somit erfolgen seine Untergänge im Westen stetig früher. Geht Jupiter am 1. Juli 2004 noch um 00:20 Uhr MESZ unter, so verschwindet er am Monatsletzten bereits gegen 22:30 Uhr MESZ, wenn die Abenddämmerung gerade zu Ende ist.

THOMAS BAER
Astronomische Gesellschaft
Zürcher Unterland
CH-8424 Embrach

Figur 1: Im Juli 2004 bleibt bloss noch Jupiter am Abendhimmel übrig. Alle anderen Planeten haben sich zurückgezogen und tauchen im Laufe des Sommers bereits wieder am Morgenhimmel in Erscheinung. Vom 21. bis 23. Juli 2004 durchquert der zunehmende Sichelmond den Löwen und die Jungfrau. Jupiter steht noch dicht über dem westlichen Horizont, doch schon bald geht auch er unter. Die Horizontansicht ist für den 21. Juli 2004, gegen 23:00 Uhr MESZ gezeichnet. (Grafik: THOMAS BAER)



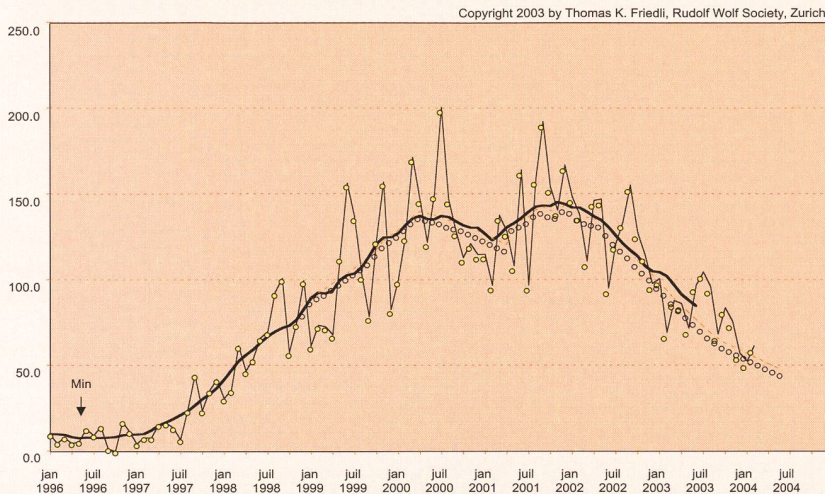
Komet NEAT – eher bescheiden

■ Lange Zeit schienen sich die Kometen LINEAR und NEAT zu mehr oder minder spektakulären Erscheinungen zu entwickeln. Mindestens liessen das die Prognosen vermuten. Doch schon wenige Tage vor seinem Erscheinen wurde für den Kometen NEAT nur noch eine Maximalhelligkeit von ca. 3 mag vorausgesagt. Die wolkenverhangenen Tage nach der totalen Mondfinsternis verunmöglichten erste Blicke auf den eisigen Boten aus dem All. So war in der Sternwarte Bülach erst am Abend des 10. Mai 2004 eine Sichtung möglich. NEAT zeigte eine recht ausgeprägte Koma, aber nur einen geringen Schweifansatz. Von blossem Auge konnte man ihn in der Woche ab dem 10. Mai 2004 erahnen, wenn man wusste, wo er stand. Für die Besucherinnen und Besucher der Sternwarte war er sicher ein schönes Feldstecher- und Teleskopobjekt, wer aber einen Hale-Bopp oder Hyakutake erwartete, wurde sichtlich enttäuscht!

THOMAS BAER
Astronomische Gesellschaft
Zürcher Unterland
CH-8424 Embrach

Swiss Wolf Numbers 2004

MARCEL BISSEGGER, Gasse 52, CH-2553 Safnern



Januar 2004

Mittel: 55.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
49	72	62	68	70	66	78	55	41	48	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
47	47	46	44	50	66	49	63	70	100	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
96	84	76	59	23	13	0	0	25	31	34

Februar 2004

Mittel: 63.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
52	73	101	80	92	65	51	72	68	64	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
58	52	54	49	65	40	38	33	23	30	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
45	49	89	66	78		85	85	68		

VERANSTALTUNGSKALENDER CALENDRIER DES ACTIVITÉS

Juni 2004

● **4. bis 6. Juni 2004**
SAG-Generalversammlung; Generalversammlung der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft, Vorträge, Besichtigung der Observatoriums François-Xavier Bagnoud, Saint-Luc.
Ort: Hochschule Wallis (HEVs), Rue du Rawyl 47, Sitten, Schweiz. Veranstalter: Schweizerische Astronomische Gesellschaft SAG, Société d'Astronomie du Valais Romand SAVAR.

● **8. Juni 2004**
ab 7:00 Uhr: Sonderführung aus Anlass des Venus-Transits. WWW: buelach.astronomie.ch. Ort: Sternwarte Bülach, Eschenmosen bei Bülach. Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland (AGZU).

● **12./13. Juni 2004**
SAG-Kolloquium: Astronomie von blossen Auge. Geschichte der Astronomie von blossen Auge; einfache Beobachtungen und Phänomene; Fotografie mit Kamera ohne Nachführung. Kontakt, Anmeldungen: Hugo Jost-Hediger, Lingeriz 89, CH-2540 Grenchen. Anfragen zu Übernachtungen in der Sternwarte Calina: Susanne Brändli, Casella postale 8, CH-6914 Carona.
Ort: Schulungsraum Feriensternwarte Calina, Carona (TI), Schweiz. Veranstalter: Schweizerische Astronomische Gesellschaft (SAG).

August 2004

● **17. August 2004**
19:30 Uhr: «Mars: Eine unendliche Geschichte» Vortrag von Men Schmidt.
Ort: Hörsaal 101, Hauptgebäude Ost 1. OG, Universität Bern, Hochschulstr. 4, 3012 Bern. Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Bern (AGBE).

September 2004

● **9. September 2004**
19:30 Uhr: «Kleine Galaxien und das grosse Problem der Dunklen Materie» Vortrag von Dr. B. Binggeli, Uni Basel.
Ort: Hörsaal 101, Hauptgebäude Ost 1. OG, Universität Bern, Hochschulstr. 4, 3012 Bern. Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Bern (AGBE).

● **16.-19. September 2004:**
3. Amateurlentelektreffen «mirasteilas». Am Samstag 18. September findet im Kulturzentrum 'La Fermata' ab 10 Uhr ein astronomischer Flohmarkt statt und um 16 Uhr hält Bruno Stanek einen Vortrag zum Thema *Renaissance der Planetenforschung*. WWW: www.mirasteilas.net.
Ort: Falera/GR, Bündnerland, Schweiz. Veranstalter: José De Queiroz, Manuel Tönz/Astronomische Gesellschaft Graubünden.

Oktober 2004

● **15. bis 17. Oktober 2004**
Amateurlentelektreffen «RAN» Rencontres d'Astronomie Neuchâteloises.
WWW: myweb.vector.ch/obs-ntl/ran.html.
Ort: Tête-de-ran/NE. Veranstalter: Union Romande des sociétés d'astronomie (URSA).

● **19. Oktober 2004**
19:30 Uhr: «Meteorite mit Ursprung Mars, Mond und 4 Vesta» Vortrag von Dr. O. Eugster.
Ort: Hörsaal 101, Hauptgebäude Ost 1. OG, Universität Bern, Hochschulstr. 4, 3012 Bern. Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Bern (AGBE).

November 2004

● **13. November 2004:**
SAG-Kolloquium: Venustransit. Das Projekt Venustransit 2004; Geschichtliches; Kinematik, Beobachtung; Auswertung; Erkenntnisse. Kontakt, Anmeldungen: Hugo Jost-Hediger, Lingeriz 89, 2540 Grenchen.
Ort: Parktheater Grenchen (SO), Schweiz. Veranstalter: Schweizerische Astronomische Gesellschaft SAG

astro!Info-Veranstaltungskalender
Hans Martin Senn - Tel. 01/312 37 75
astro!Info-Homepage: <http://www.astroinfo.ch/>
E-Mail: senn@astroinfo.ch



MATERIALZENTRALE

P.O.Box 715
CH-8212 Neuhausen a/Rhf
+41(0)52-672 38 69
email: astroswiss@hotmail.com

Ihr Spezialist für Selbstbau und Astronomie

- **Spiegelschleifgarnituren**, z.B. alles für einen 15 cm-Spiegel für Fr. 278. — netto. Schleifpulver, Polierpech, usw.
- **Astro-Mechanik** wie Fangspiegelzellen, Stunden-, Dekli-nationskreise, Okularschlitten, -auszüge, Suchervisier, usw.
- **Qualitäts-Astro-Optik** wie Spectros-Schweiz und andere Marken: Helioskop, Achromate, Okulare, Filter, Fangspiegel, Sucher, Zenitprisma, Parabolspiegel \varnothing bis 30 cm, Schmidt-Cassegrain, Newton-Teleskope, Refraktoren usw.
- **Astro-Medien** wie exklusive Diaserien, Videos, Software.
- **MEADE-Händler**: Alle Produkte aus dem MEADE-Katalog.

Alles Weitere im SAG Rabatt-Katalog «Saturn»

4 internationale Antwortscheine (Post) oder CHF 4.50 in Briefmarken zuzusenden.

Attraktiver SAG-Barzahlungs-Rabatt

Schweizerische Astronomische Gesellschaft

2^e Festival d'astronomie
du 20 au 24 juillet 2004 (à l'aurore) à St-Luc



Semaine d'initiation à l'astronomie

- L'Observatoire François-Xavier Bagnoud de St-Luc vous offre la possibilité de vous familiariser avec l'astronomie grâce à une semaine d'initiation. Ce sera aussi l'occasion de faire connaissance avec les merveilles de la nature environnante lors d'une randonnée.
- Les organisateurs mettront tout en œuvre pour faire de ces quelques jours un tremplin idéal vers la connaissance du Ciel et de ses mystères. L'accent sera aussi mis sur les aspects humains, sur la convivialité.
- Chaque matin, nous observerons le Soleil (coronographe, cœlostat) et la nuit des observations astronomiques seront organisées (lunette de 200mm, télescope de 600mm). Le reste de la nuit sera consacré à l'astrophotographie (CCD, webcam, argentique). Les participants auront la possibilité d'utiliser notre nouvelle caméra CCD (Apogee AP47p).
- L'après-midi nous proposons des ateliers en petits groupes: cadran solaire, télescope, carte céleste et spectroscopie. En début de soirée, quatre conférences seront présentées par des astronomes professionnels.

Renseignements et inscriptions:

Observatoire François-Xavier Bagnoud • 3961 St-Luc

+41 27 475 58 08 • info@ofxb.ch • <http://www.ofxb.ch/>

**Astro-Optik
von Bergen**



www.astrooptik.ch

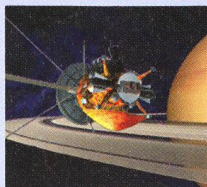
Télescopes, Okulaires, Filter, Zubehör,
Bücher + Software. Wir beraten Sie gerne.



Eduard von Bergen dipl. Ing. FH / CH-6060 Sarnen / ++41 (0)41 661 12 34

Am Himmel

News und Monatsübersichten



Monatlich stellen wir für Sie das Wichtigste zur Himmelsbeobachtung zusammen.

Hier finden Sie z.B. die Planetenübersicht, Mondkalender, einen Spaziergang am Sternenhimmel und ein aktuelles Schwerpunktthema. Hier finden Sie natürlich auch Schlagzeilen aus Astronomie und Raumfahrt.

Astrollexikon

Astronomie in Stichworten

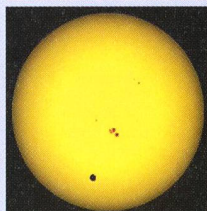


Unser online-Astronomie-Lexikon umfasst Hunderte von Stichwörtern und zahlreiche Schwerpunktartikelsätze.

Sie finden hier zu fast allen Themenbereichen der Astronomie Hintergrundwissen. A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O - P - Q - R - S - T - U - V - W - X - Y - Z. Auch Java-Applets und vielen mehr...

Finsternisse

Alles über Finsternisse und Transits



Der Venustransit in allen Facetten, Berichterstattung zu Finsternissen

Finsternisse sind ein Schwerpunkt von astroInfo - deshalb haben wir Hunderte von Karten und Fotos erstellt um Ihnen die Erlebnisse eines Finsternisses und Transit möglichst nahe zu bringen. Sie finden aber auch Details über veränderliche Sterne und Schattenwürfe der Jupitermonde.

Sternbilder

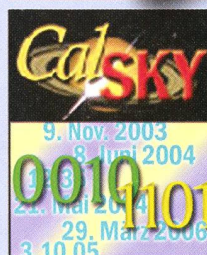
Diamanten am Nachthimmel



Der Sternenhimmel ist ein wunderschönes Deep-Sky-Objekt - finden Sie hier die Beschreibung von einer Fülle von Deep-Sky-Objekten. Natürlich ist jedes einzelne der 88 Sternbilder dargestellt.

Planetarium

Unsere Online Planetariums-Software: Alles inklusive!



Planen Sie Ihre Beobachtungsnacht mit unserem Astroprogramm CalSKY.com

Ob Sie Iridium-Flares oder irgendwelche exotischen Satelliten sehen möchten, Sternbedeckungen durch den Mond Ihr Ziel ist, neu entdeckte Asteroiden verfolgen oder Ihre nächste grosse Sonnenfinsternis-Reise planen - um unser CalSKY kommen Sie nicht herum.

3. Amateur-Teleskoptreffen «mirasteilas»

16.-19. September 2004

Falera - Graubünden - Schweiz

Samstag, 18 September
im la Fermata - Falera

Ab 10.00: Astronomischer Flohmarkt

16.00 Uhr: Vortrag mit Dr. Bruno L. Staneck Renaissance der Planetenforschung

Für die folgenden Teleskoptreffen haben wir einen wunderschönen neuen Beobachtungsplatz gefunden. Er befindet sich ca. 10 Gehminuten nördlich des Dorfcentrums. Dieser Platz ist umgeben von der reinen Natur, ohne jegliches Fremdlicht. Und somit bieten wir allen diesjährigen Teilnehmern beste Bedingungen für erfolgreiche Beobachtungen.

Auf dem Gelände ist es möglich zu campieren bzw. sich zu verpflegen. Wasser, Strom und Sanitäre Anlagen stehen vor Ort zur Verfügung. Gleichzeitig werden frische Produkte aus unserem Dorf feilgeboten (Käse, frische Milch, Bauernwurst etc.). Auch werden warme Speisen und Getränke serviert.

Infos unter:
<http://www.mirasteilas.net>

Für Die Astronomischen Gesellschaft Graubünden Jose De Queiroz, Organisator

ASTRO-LESEMAPPE DER SAG

Die Lesemappe der Schweizerischen astronomischen Gesellschaft ist die ideale Ergänzung zum ORION. Sie finden darin die bedeutendsten international anerkannten

Fachzeitschriften:

Sterne und Weltraum

Astronomie heute

Ciel et Espace

Spektrum der Wissenschaft

Forschung SNF

Der Sternbote

Kostenbeitrag: nur 30 Franken im Jahr!

Rufen Sie an: 071/841 84 41

HANS WITWER, Seeblick 6, 9327 Tübach

CANNAT, GUILLAUME: *Le Guide du Ciel 2004 - 2005*, 10^e édition, Nathan, 2004, 288 pp., environ 300 photographies, cartes et schémas, Broché, ISBN 2-09-261066-X, Euro 21.95. Contact presse: Véronique Delisle-Guijarro, vdelisle@nathan.fr

GUILLAUME CANNAT, anciennement de l'équipe de rédaction de la revue *Ciel & Espace*, édite ce guide depuis dix ans. Il conserve et mérite sa réputation de «professionnel» de la présentation du ciel nocturne tant au grand public qu'à l'amateur avisé. Un des principaux attraits de son guide annuel demeure la qualité et la pertinence des illustrations. La partie almanach se distingue des autres publications similaires par le fait que sa présentation ne s'arrête pas le 31 décembre de l'année en cours mais se décale de 6 mois, complétant ainsi intelligemment les autres publications de même nature dont la parution parfois trop «juste» donne un aperçu tardif des phénomènes de l'année à venir. Relevons encore la richesse des informations données «au jour le jour» au cours de chaque mois. Ces rubriques mensuelles sont accompagnées de propositions de randonnées célestes ainsi que de développements contextuels tels que «Le transit de Vénus du 8 juin 2004», ou «L'éclipse totale de Lune du 28 octobre 2004», sans oublier, par exemple, «Quelques chiffres importants de notre environnement astronomique» ou «Les prochaines éclipses centrales de So-

leil». Le dernier tiers du Guide contient une foule de renseignements utiles: Instruments (quelque 400 sont cités et décrits!) – choisir une lunette ou un télescope – jumelles astronomiques; L'art d'observer; Renseignements pratiques et tables de conversion, etc.; Index; Clubs astronomiques francophones; logiciels astronomiques; sites Internet conseillés. Nous persistons à recommander sans réserve cette nouvelle parution du Guide qui ne cesse de s'améliorer d'année en année. Comme nous l'avions déjà exprimé à maintes reprises: celui qui l'aura acheté n'éprouvera pas le besoin de se procurer d'autre guide si ce n'est l'édition de l'année prochaine...

NOËL CRAMER

INGLIS, MIKE: *Astronomy of the Milky Way. Parts 1 and 2*. Springer-Verlag, 2004, Part 1: *Observer's Guide of the Northern Sky*, 308 figs, 242 pp, Softcover, ISBN 1-85233-709-5, EUR 34.95, sFR 64.00. Part 2: *Observer's Guide of the Southern Sky*, 254 figs, 236 pp, Softcover, ISBN 1-85233-742-7, EUR 34.95, sFR 64.00.

This work is not an «all sky» star guide. Neither is it a work that may be simply separated into two parts according to the hemisphere the observer is working in. It is restricted to the constellations encountered along the path of the Milky Way. Not all of these

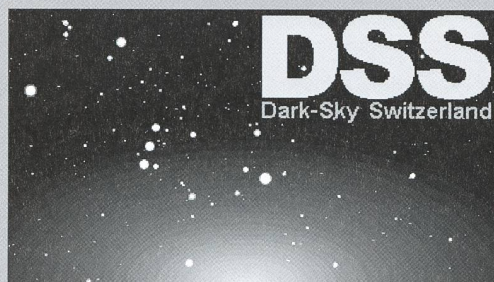
are predominantly in the «North» or in the «South». For instance, Sagittarius is covered in Part 1 (North). So, it is highly recommended that the serious observer should get both volumes. The only advantage of separating the work into two parts is that each volume thus becomes more manageable if used «in the field».

These books contain a great amount of information regarding the objects observable in the Milky Way: stars, double and multiple stars, emission nebulae, planetary nebulae, dark nebulae, supernova remnants, open and globular clusters, galaxies. The discussion of these objects by the author is thorough and competent. Most of them are illustrated by professional- or amateur photographs; some in colour.

The presentation of the Milky Way follows the seasons. Part 1 (Northern sky) first covers July-August, then September-October and November-December. Part 2 presents the three remaining pairs of months.

We strongly recommend these two books. Our only issue concerns the quality of the star charts. Object labels are very small and they tend to be «pixellated» as though made by screen-printing, and require rather good, if not outstanding, eyesight of the reader.

NOËL CRAMER



Dark-Sky Switzerland

Gruppe für eine effiziente Aussenbeleuchtung
Fachgruppe der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Mitglied der International Dark-Sky Association

www.darksky.ch

info@darksky.ch

Wir brauchen Ihre Unterstützung, denn wir wollen

- ⇒ die Bevölkerung über Lichtverschmutzung aufklären
- ⇒ Behörden und Planer bei Beleuchtungskonzepten beraten
- ⇒ neue Gesetzestexte schaffen



Dazu brauchen wir finanzielle Mittel* und sind auf Ihren Beitrag angewiesen. Ihr Beitrag zählt und ist eine Investition in die Qualität des Nachthimmels. Direkt auf PC 85-190167-2 oder über www.darksky.ch

DSS Dark-Sky Switzerland - Postfach - 8712 Stäfa - PC 85-190167-2

* z.B. für Pressedokumentation, Material, Porto, Telefon

BUCHBESPRECHUNGEN BIBLIOGRAPHIES

T. D. WABEL (Hg.). *Im Anfang war (K)ein Gott*. Patmos Verlag GmbH. Düsseldorf, 2004. ISBN 3-491-72477-5. SFr. 43.70.

Ein weiteres Buch, das naturwissenschaftliche und theologische Fragen zu kombinieren versucht. Macht uns das nicht skeptisch? Der Verleger schreibt auf dem Umschlag: «Wir fragen uns, wie all die unwahrscheinlichen Bedingungen eingetreten sind, die die Entstehung des Alls und das Leben auf der Erde ermöglichten. Ist die Entstehung des Lebens der eigentliche Zweck der Entstehung des Alls? Begegnet am Anfang ein Gott? Oder ist die Annahme seiner Existenz nicht notwendig? Wie nehmen sich die Ergebnisse moderner Kosmologie und Physik aus religiöser Perspektive aus?» Der Leser darf nicht erwarten, dass diese Fragen mit ja/nein beantwortet werden. Aber sie geben zweifellos Anlass zu interessanten Diskussionen und Überlegungen.

23 bekannte Naturwissenschaftler, Philosophen und Theologen schreiben über die Rolle von Gott im Universum, in der Evolution, im Bewusstsein und in den Naturwissenschaften. Nur eine Auswahl dieser Autoren soll hier genannt werden: M. REES, F.J. TIPLER, R. SHELDRAKE, R. DAWKINS, C.F. VON WEIZSÄCKER, H. KÜNG.

Die Stärke des Buches liegt sicher in der Vielfalt der Betrachtungsweisen, mit denen an die Thematik herangegangen wird. Indifferente Aussagen kontrastieren mit pointierten Stellungnahmen, wie z.B. derjenigen des bekannten Physikers F.J. TIPLER: «Wir leben in einem Universum, das von GOTT geplant und erschaffen wurde.»

Die Erläuterungen über die Entstehung und Geschichte unseres Universums basieren auf den Erkenntnissen der modernen Kosmologie; der Leser, der damit vertraut ist, hat einen Vorteil. Dass in diesem Zusammenhang auch das anthropische Prinzip zur Sprache kommt, versteht sich von selbst.

In den Kapiteln über Evolution und Bewusstsein steht natürlich der Darwinismus zur Diskussion. Originell ist der Beitrag von R. SHELDRAKE (Theorie der morphogenetischen Felder); theologisch fundiert finde ich die Überlegungen von G. THEISSEN und – wie erwartet – den Artikel von H. KÜNG. Die einzelnen Kapitel werden die verschiedenen Leser auch in unterschiedlicher Weise ansprechen. Wer mit der richtigen Erwartungshaltung an das Buch herangeht, kann daraus viel lernen, und in diesem Sinn kann es auch empfohlen werden. Der Leser sollte sich aber immer der Tatsache bewusst sein, dass Naturwissenschaft und Religion verschiedene Fragen stellen: Die Naturwissenschaft fragt nach dem Faktischen, die Theologie nach dem Sinn und dem Wert.

HEINZ STRÜBIN

Impressum Orion

Leitende Redaktoren/Rédacteurs en chef:

DR. NOËL CRAMER, Observatoire de Genève, Ch. des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny
Tél. 022 755 26 11
e-mail: noel.cramer@obs.unige.ch
<http://obswww.unige.ch/~cramer>

DR. ANDREAS VERDUN, Astronomisches Institut, Universität Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern
Tél. 031 631 85 95
e-mail: andreas.verdun@aiub.unibe.ch
<http://www.aiub.unibe.ch>

Manuskripte, Illustrationen und Berichte sind an obenstehende Adressen zu senden. Die Verantwortung für die in dieser Zeitschrift publizierten Artikel tragen die Autoren. *Les manuscrits, illustrations et rapports doivent être envoyés aux adresses ci-dessus. Les auteurs sont responsables des articles publiés dans cette revue.*

Auflage/Tirage:

2800 Exemplare, 2800 exemplaires.
Erscheint 6 x im Jahr in den Monaten Februar, April, Juni, August, Oktober und Dezember.
Paraît 6 fois par année, en février, avril, juin, août, octobre et décembre.

Copyright/Copyright:

SAG. Alle Rechte vorbehalten.
SAS. Tous droits réservés.

Druck/Impression:

Imprimerie du Sud SA, CP 352, CH-1630 Bulle 1
e-mail: michel.sessa@imprimerie-du-sud.ch

Anfragen, Anmeldungen, Adressänderungen sowie Austritte und Kündigungen des Abonnements auf ORION (letzteres nur auf Jahresende) sind zu richten an: Für Sektionsmitglieder an die Sektionen. Für Einzelmitglieder an das Zentralsekretariat der SAG:

Informations, demandes d'admission, changements d'adresse et démissions (ces dernières seulement pour la fin de l'année) sont à adresser: à leur section, pour les membres des sections; au secrétariat central, pour les membres individuels.

SUE KERNEN, Gristenbühl 13, CH-9315 Neukirch.
Tél. 071 477 17 43, E-mail: sag.orion@bluewin.ch

Abonnementspreise

Schweiz: SFr. 60.–, Ausland: € 50.–.
Jungmitglieder (nur in der Schweiz): SFr. 30.–
Mitgliederbeiträge sind erst nach Rechnungsstellung zu begleichen.

Abonnement

Suisse: Frs. 60.–, étranger: € 50.–.
Membres juniors (uniquement en Suisse): Frs. 30.–.
Le versement de la cotisation n'est à effectuer qu'après réception de la facture.

Zentralkassier/Trésorier central:

URS STAMPFLI, Däleweidweg 11, (Bramberg)
CH-3176 Neuenegg,
Postcheck-Konto SAG: 82-158 Schaffhausen.

Einzelhefte sind für SFr.10.– zuzüglich Porto und Verpackung beim Zentralsekretär erhältlich.

Des numéros isolés peuvent être obtenus auprès du secrétariat central pour le prix de Frs.10.– plus port et emballage.

Aktivitäten der SAG/Activités de la SAS:

<http://www.astroinfo.ch>

Ständige Redaktionsmitarbeiter/ Collaborateurs permanents de la rédaction

THOMAS BAER, Bankstrasse 22,
CH-8424 Embrach
e-mail: thomas.baer@wtinet.ch

DR. FABIO BARBLAN, 6A, route de l'Etraz,
CH-1239 Collex/GE
e-mail: fabio.barblan@obs.unige.ch

ARMIN BEHREND, Vy Perroud 242b
CH-2126 Les Verrières/NE
e-mail: omg-ab@bluewin.ch

JEAN-GABRIEL BOSCH,
90, allée des Résidences du Salève,
F-74160 Collonges S/Salève

HUGO JOST-HEDIGER, Lingeriz 89,
CH-2540 Grenchen
e-mail: hugo.jost@infrasys.ascom.ch

STEFAN MEISTER, Steig 20,
CH-8193 Eglisau
e-mail: stefan.meister@astroinfo.ch

HANS MARTIN SENN, Püntstrasse 12,
CH-8173 Riedt-Neerach
e-mail: senn@astroinfo.ch

Übersetzungen/Traductions:

DR. H. R. MÜLLER,
Oescherstrasse 12,
CH-8702 Zollikon

Korrektor/Correcteur:

DR. ANDREAS VERDUN,
Astronomisches Institut, Universität Bern,
Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern
e-mail: verdun@aiub.unibe.ch

Inserate/Annonces:

Das Amt des Orion-Kassiers ist z.Z. vakant. Bitte wenden Sie sich an die leitenden Redaktoren.

Le poste de caissier Orion est momentanément vacant. Veuillez vous adresser aux rédacteurs en chef.

Redaktion ORION-Zirkular/ Rédaction de la circulaire ORION

MICHAEL KOHL,
Strickel 701, CH-8637 Laupen
e-mail: mike.kohl@gmx.ch

Astro-Lesemappe der SAG:

HANS WITTWER,
Seeblick 6,
CH-9372 Tübach

ISSN 0030-557 X

Inserenten / Annonceurs

- **ASTROINFO**, Seite/page 31,45; • **ASTRO-LESEMAPPE**, Seite/page 45; • **ASTRO-MATERIAL**, Seite/page 43;
- **ASTRO-OPTIK VON BERGEN**, Sarnen, Seite/page 44; • **DARK-SKY SWITZERLAND**, Stäfa, Seite/page 9;
- **GALILEO**, Morges, Seite/page 47; • **MEADE INSTRUMENTS EUROPE**, D-Gräfelfing, Seite/page 2;
- **MIRASTEILAS-FALERA**, Seite/page 45; • **OBSERVATOIRE FRANÇOIS-XAVIER BAGNOUD**, St-Luc, Seite/page 44;
- **OPTIQUE-PERRET**, Genève, Seite/page 40; • **SAG-KOLLOQUIUM**, Seite/page 20,37; • **WYSS FOTO**, Zürich, Seite/page 48; • **ZUMSTEIN-FOTO-VIDEO**, Bern, Seite/page 38.

CORONADO

Coronado Filters

Die Sonne im H alpha-Spektrum für nur Fr. 990.-- Exklusiv bei GALILEO.

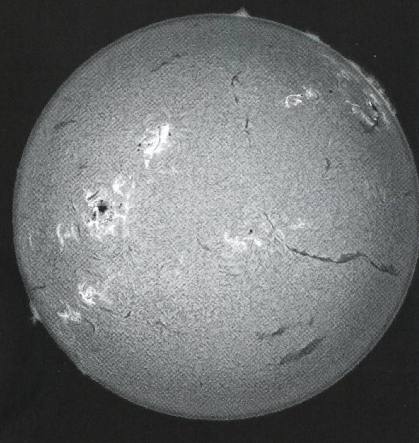
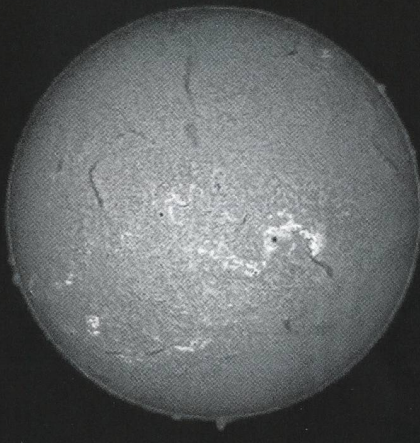
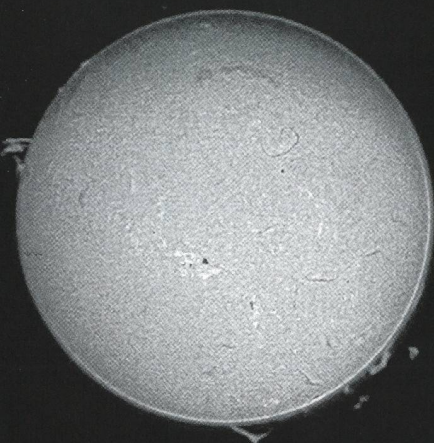
Das PST von CORONADO ist ein astronomischer Refraktor (mit Filter) für Sonnenbeobachtungen im H(a)-Band. Der 40mm-Durchmesser sowie eine Bandbreite von weniger als 1Å erlauben visuelle sowie fotografische Beobachtungen von Protuberanzen auf der Sonnenoberfläche und äusseren Rand. Das PST ist bei uns ab sofort für nur Fr. 990.-- im Angebot - eine Sensation unter den sehr beliebten und äusserst leistungsstarken H(a)-Instrumenten.



SolarMax 40

SolarMax 60

SolarMax 90



Die Filter von CORONADO passen auf alle gängigen Teleskope. Ihre Bandbreite ist kleiner als 0.7 Å. Für Instrumente mit einer Brennweite bis 500 mm wird der BF5 verwendet, für Brennweiten bis 1000 mm der BF10, für Brennweiten bis 1500 mm der BF15 und für der BF30 für Brennweiten bis 3000 mm.

SolarMax 40, BF05, Tmax : 2027 CHF

SolarMax 40, BF10, Tmax : 2673 CHF

SolarMax 40, BF15, Tmax : 3180 CHF

Zusätzlicher Solar Max 40 für eine Bandbreite unter 0.5 Å : 1834 CHF

SolarMax 60, BF10, Tmax : 4775 CHF

SolarMax 60, BF15, Tmax : 5281 CHF

SolarMax 60, BF30, Tmax : 6617 CHF

Zusätzlicher Solar Max 60 für eine Bandbreite unter 0.5 Å : 3963 CHF

SolarMax 90, BF10, Tmax : 9300 CHF

SolarMax 90, BF15, Tmax : 9809 CHF

SolarMax 90, BF30, Tmax : 11144 CHF

Zusätzlicher Solar Max 90 für eine Bandbreite unter 0.5 Å : 8527 CHF

MEADE

TeleVue

CORONADO

SCOPETRONIX

SOLARSCOPE

ORION OPTICS

CELESTRON

LOSMANDY

William Optics Co.

Thousand Oaks Optical

Sky-Watcher

StarWay

TAKAHASHI

Vixen

SBIG

MIYAUCHI

PARALUX

LUNARCON

INTES

INTES MICRO

STARLIGHT EXPRESS

RC SYSTEMS

Optical Guidance Systems Research Telescopes

FUJIFILM



Wir stehen gerne für eine persönliche Beratung zu Ihrer Verfügung :
Pour un conseil personnalisé et professionnel, n'hésitez pas à nous contacter :

www.galileo.cc

GALILEO · Grand-Rue 68 · CH-1110 Morges · e-mail : info@galileo.cc

Tél : +41 (0) 21 803 30 75 · Fax : +41 (0) 21 803 71 20

Advanced GT

M O N T I E R U N G

Advanced GT
9 1/4 SC

Advanced GT
6 N

Advanced GT
8 N

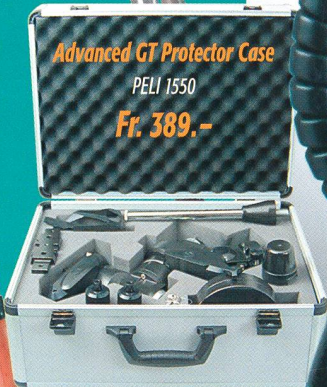
Advanced GT
6 R

Advanced GT
10 N

Advanced GT
5 SC

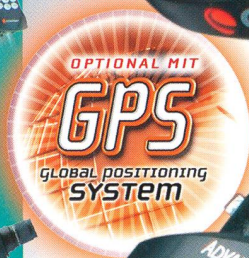
Advanced GT
8 SC

Wer's noch
stabiler
haben möchte,
nimmt das
BAADER
Hart-
holzstativ



Advanced GT Protector Case
PELI 1550
Fr. 389.-

Symbolbild



GOTO-Montierung Advanced GT mit optischen Encodern, Servo-Motoren, kugelgelagerten Antriebs-schnecken in beiden Achsen, mit der bewährten NexStar Computersteuerung, inkl. superstabilem Stativ mit V2A-Stahlrohren.

Advanced-GT Montierung

mit Edelstahlstativ
Best.-Nr. 919118

Fr. 1790.-

Optional sogar mit GPS-Modul

Noch nie gab es so viel Gegenwert in diese „Gewichtsklasse“. Die Advanced GT trägt visuelle Instrumente bis ca. 10 kg Tubusgewicht. Durch das V2A Stahlrohr-Stativ ist sie Montierungen mit Aluminiumstativen schwingungstechnisch deutlich überlegen. Wer noch mehr Stabilität wünscht, der wählt das Baader Hartholzstativ (Metall leitet Schwingungen / Hartholz dämpft Schwingungen) Preis im Austausch Fr. 598.-

Technische Daten zur Advanced GT Montierung:

Montierungsart: deutsche parallaktische Montierung mit Rutschkupplungen / Achsklemmungen und Teilkreisen in beiden Achsen!

Konstruktion: alle tragenden Teile aus dickwandigem Aluminium Druckguss (kein Plastik!).

Antriebs-schnecken in beiden Achsen kugelgelagert.

Klemmvorrichtung für alle gängigen Schwalbenschwanzschienen am Montierungskopf, passend für Celestron, Vixen GP/GPD, Skywatcher, Synta, Baader u.v.m. Die Gegengewichtsstange dreht sich mit dem Fernrohr mit; dadurch fototauglich!

Stundenachse vorbereitet zur Aufnahme eines optionalen Polsucher-Fernrohrs (Best.-Nr. 919563)

Handkontrollgerät: inkl. NexStar Planetariums-Software mit 40.000 Objekten im Sofortspeicher, 400 eigene Objekte u.a. Kometen speicherbar – fernsteuerbar (vom Wohnzimmer) mit Celestron NexRemote Software (optional – roteuchende Tastatur und Anzeigefeld (d.h. keine Störung der Dunkeladaptation des Auges)) – PC-Schnittstellen: 1x RS 232 (2x RS 232 mit optionalem Y-Kabel)

Inkl. CD-ROM Celestron Software Suite inkl. „NexStar Observer List“.

Stromversorgung:	12V Gleichstrom
Tragkraft:	10 kg visuell, 8 kg photographisch (geräteabhängig ggf. höher)
Gewicht:	Advanced-GT Achsenkreuz 6,5 kg (ohne Gegengewichte)
V2A Stahlrohr-Stativ:	8,0 kg
Baader Hartholzstativ:	12 kg
Höhe:	V2A Stahlrohrstativ: min. 74 cm, max. 130 cm Hartholzstativ: min. 90 cm max. 150 cm
Optional:	Advanced GT Travel Case

CELESTRON Teleskope der Schweizer Generalvertretung mit Garantie und Service.

proastro
P. WYSS PHOTO-VIDEO EN GROS

Dufourstrasse 124 · 8008 Zürich
Tel. 044 383 01 08 · Fax 044 383 00 94
E-Mail: info@wyssphotovideo.ch

Preise inkl. MwSt. – Änderungen vorbehalten/technische Änderungen vorbehalten