

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 63 (2005)  
**Heft:** 328

**Heft**

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

328

3 2005

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

ORION

The logo for SAGS (Societas Astronomarum Germaniarum) is located in the bottom right corner. It features the letters 'S', 'A', 'G', and 'S' stacked vertically in a bold, yellow, sans-serif font. To the right of the letters is a stylized globe of the Earth, showing continents and oceans in shades of blue and green.

# 8" LX 90 LNT

**Die unglaublich gut gelungene Vereinigung von großer Öffnung, modernster Technik, denkbar einfachster Bedienung und niedrigem Preis!**

## Neu: Das Meade LX90LNT

Jetzt ist die Beobachtung des gestirnten Himmels noch einfacher: Das neue Meade LX90LNT erfordert keinerlei Himmelskenntnisse und keine besondere Aufstellung der Montierung: Einfach aufbauen und loslegen! Der eingebaute elektronische Kompass und der Ausrichtungssensor machen die Bedienung des LX90LNT ganz einfach, und der neue Reflexpunktsucher verhindert, dass Sie die Übersicht verlieren. Alles, was Sie noch tun müssen: Einen vom LX90LNT vorgeschlagenen und vorpositionierten Referenzstern bestätigen! Das LX90LNT arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie die großen Profisternwarten und enthält bereits über 30.000 Himmelsobjekte inklusive Kometen, Asteroiden und Erdsatelliten in der mitgelieferten AutoStar Handbox. Alle diese Objekte werden vom LX90LNT schnell, punktgenau, leise und zuverlässig positioniert.

Die computeroptimierte Montierung des LX90LNT (Doppelgabel!) zeichnet sich dabei durch sehr hohe Stabilität in jeder Tubuslage und dennoch extrem geringem Gewicht aus. Das bewährte, höhenverstellbare Meade Felddreibein sorgt für nahezu erschütterungsfreie Aufstellung – ein wichtiger Aspekt, der zur Gesamtleistung des Systems erheblich beiträgt!

## Das kann das LX90LNT

- Aufstellung wahlweise azimutal oder parallaktisch
- GoTo Funktion zu allen gespeicherten 30.223 Objekten plus 200 frei programmierbaren Zielen
- Positioniergeschwindigkeit maximal 6,5°/Sekunde in beiden Achsen gleichzeitig
- Frei programmierbare Positioniergeschwindigkeiten: 6,5°/sec, 3°/sec, 1,5°/sec, 128x, 64x, 16x, 8x, 2x und 1x Sternengeschwindigkeit
- 125mm Ø Schneckengetriebe in beiden Achsen für präzise Nachführung aller Objekte, auch bei der Langzeit-Astrofotografie!
- Die AutoStar Handbox kann jederzeit aus dem Internet mit der neuesten Software versehen werden! Auch die Datenbanken für Kometen, Asteroiden, Erdsatelliten, etc. stehen auf der Meade Homepage zum Download bereit. Damit ist jederzeit die Aktualität der Koordinaten gesichert und das LX90LNT ist immer auf dem neuesten Stand.
- PC-Anbindung inklusive. Die mitgelieferte Autostar Suite ermöglicht die Steuerung des LX90LNT über einen externen Computer.
- Autoguiding-Anschluß optional.
- Betrieb über 12V-Batterien, über Autobatterie oder über Netzkonverter
- Legendäre 8" SC-Optik mit vergrößertem Hauptspiegel für bessere Bildausleuchtung, kontrastverstärkendem Blendensystem und beidseitig asphärischer und multi-hartvergüteter Korrekionsplatte

## Lieferumfang – 8" LX90LNT:

Schmidt-Cassegrain Optik 8" f/10 (D=203mm, F=2000mm, Auflösung=0,56"), Sterne sichtbar bis 14,0mag mit UHTC-Beschichtung; stabile Gabel-Montierung mit 125mm Schneckengetriebe in beiden Achsen; höhenverstellbares Dreibeinstativ; AutoStar Handbox; LNT-Modul; integriertes Batteriefach; motorische Feinbewegungen in beiden Achsen; neun Geschwindigkeiten in beiden Achsen; GoTo-Funktion mit 30.223 wählbaren Himmelsobjekten (13.235 Deep-Sky-Objekte – die kompletten Messier-, Caldwell, IC- und NGC-Kataloge, 16.888 Sterne, sortiert nach Namen und SAO Nummer, 8 Planeten, Mond, 26 Asteroiden, 15 Kometen und 50 Erdsatelliten) plus 200 frei belegbare Positionen (z.B. Landobjekte oder persönliche Lieblingsobjekte); 8x50mm Sucherfernrohr; 1 1/4" Zenitprisma; Super Plössl Okular 26mm (1 1/4") der Serie 4000; Meade LPI mit Autostar Suite; deutsche Bedienungsanleitung

**Jetzt NEU:  
Inklusive**

**LNT** LEVEL NORTH  
TECHNOLOGY



**Inkl.  
AutoStar  
Suite  
Software**

8" LX90 LNT 3.198,— sFr.\*  
mit Stativ und Autostar,  
wie abgebildet.

\* Unverbindliche Preisempfehlung

Die "Ultra-High Transmission Coating"  
Vergütung ergibt rund 20% mehr  
Eichtausbeute



**Aktueller Meade  
Astro-Live Katalog**

**Fordern Sie noch heute  
per E-Mail, Fax, Brief oder  
telefonisch Ihr kostenloses  
Exemplar an.**

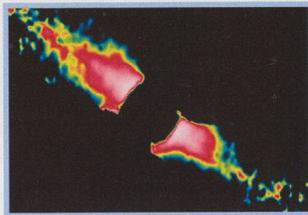


**MEADE**  
ADVANCED PRODUCTS DIVISION

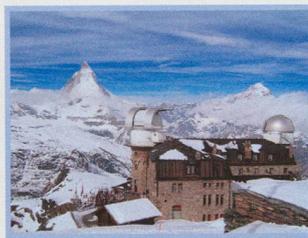
D-46325 Borken/Westf. ¥ Siemensstraße 6  
Tel. 0049 28 61 93 17 50 ¥ Fax 0049 28 61 22 94  
Internet: www.meade.de ¥ E-mail: info.apd@meade.de



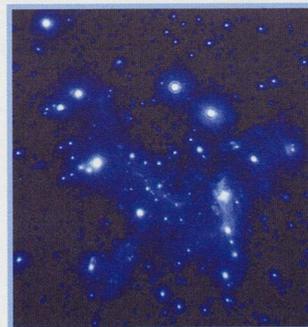
Aspects of Geneva Photometry - 4



Univers, dis-moi ce que c'est? - 13



ETH Zürich entwickelt bahnbrechendes, digitales FFT-Radiospektrometer - 21



Un gros trou noir au centre de notre galaxie - 23

## Grundlagen - Notions fondamentales

- Aspects of Geneva Photometry - Part 5 - Questions of magnitude** NOËL CRAMER 4
- L'Univers, dis-moi ce que c'est?**
- Episode 23: Les poussières interstellaires, 2<sup>e</sup> partie* - FABIO BARBLAN 13
- Les occultations des étoiles par les astéroïdes** - STEFANO SPOSETTI 18
- Questa sera puoi scoprire un asteroide** - STEFANO SPOSETTI 20

## Instrumententechnik - Techniques instrumentales

- ETH Zürich entwickelt bahnbrechendes, digitales FFT-Radiospektrometer** CHRISTIAN MONSTEIN 21

## Neues aus der Forschung - Nouvelles scientifiques

- Un gros trou noir au centre de notre galaxie** - GASTON FISCHER 23
- Ein grosses schwarzes Loch im Zentrum unserer Galaxie** - GASTON FISCHER 25

## Geschichte der Astronomie - Histoire de l'astronomie

- Le transit de Vénus et la quête de la parallaxe solaire** Quatrième partie - Travail de maturité - DORAN DELUZ 27

## Beobachtungen - Observations

- La comète C/2004Q2 Machholz** - STEFANO SPOSETTI 31
- La comète (P2004V5 A et B) LINEAR-Hill** - STEFANO SPOSETTI 31
- La sonde Rosetta** - STEFANO SPOSETTI 32

## Sektionsberichte - Communications des sections

- Drittes Teleskoptreffen «mirasteilas» in Falera, Graubünden** - IGNAZ CATHOMEN 33
- Zum dritten Mal volles Haus im Planetarium des Verkehrshauses Luzern** - HUGO JOST-HEDIGER 33

## Diversa - Divers

- Les Potins d'Uranie - Le catalogue d'Hipparque retrouvé?** - AL NATH 35
- Les Potins d'Uranie - La paupière du ciel** - AL NATH 37

## Weitere Rubriken - Autres rubriques

- Veranstaltungskalender - Calendrier des activités** 36
- Buchbesprechungen / Bibliographies** 39
- Impressum Orion** 42
- Inserenten / Annonceurs** 42

### 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

#### Ums Zentrum der Milchstrasse

Aufgenommen am 08. Juli 2004 in Namibia mit einer Canon 10 D Kamera Piggybacked auf's Teleskop, Set-up auf einer DX Montierung.

Foto: STEPHAN GLUTZ, Ziegelhüttenweg, CH-4469 Anwil

**Redaktionsschluss / Délai rédactionnel** N° 329 - 13.6.2005 • N° 330 - 12.8.2005

# Aspects of Geneva Photometry<sup>1</sup>

## Part 5 – Questions of magnitude

NOËL CRAMER

In this fifth part of the article, we look at the multicolour photometric calibration of stellar intrinsic luminosity habitually given as the absolute magnitude  $M_v$ . The estimate of the latter quantity is in the majority of cases the only way to assess the space distribution of young stellar populations and, as a consequence, that of interstellar dust. Stars, however, tend to form binary or multiple systems and are subject to a number of physical peculiarities. Such characteristics introduce a significant and unavoidable amount of dispersion regarding the  $M_v$  estimate.

### 5.2.2.2. The absolute magnitude problem. The use of intrinsic colours

We have seen in Part 4 that trigonometric parallaxes measured for nearby stars initially served to establish the first step of the cosmic distance scale. Open clusters then allowed its further extension by associating high mass (i.e. high luminosity) stars, not present in the immediate solar neighbourhood, with the cluster distances and accordingly enabling a determination of their absolute magnitudes.

However, the situation was not satisfactory. Only the absolute magnitudes of the least luminous stars were well determined. Very few stars of mass greater than solar had well established intrinsic luminosities (see Fig 48, part 4). The absolute magnitudes of the latter depended on extrapolations. On a larger scale, however, it is those most luminous stars that act as the basic distance indicators. An M-type dwarf such as Proxima Centauri would have a very well defined absolute magnitude but, at only 100 pc, we would need a very large telescope to be able to obtain accurate photometry of that star which would be of apparent magnitude  $m_v = 20$  (see Fig 55). Even our sun which shines so brightly in our sky (Fig 54) would be a 10<sup>th</sup> magnitude star at that modest distance of 326 light years.

### Hipparcos

It was understood in the 1960s that positional measurements with accuracy greater than 0.01 second of arc were virtually impossible to achieve from ground-based observations; mainly because of variable atmospheric refraction as well as gravitational and thermal

tivistic effects such as the «stellar aberration» due to the satellite's orbital motion around the Earth, or the gravitational lensing along each line of sight due to the mass of the Sun.

The satellite was launched on August 8, 1989 into what should have been a geostationary orbit. Unfortunately, the latter was not achieved due to the malfunction of a «five penny worth» safety device designed to lock the ignition of the apogee motor until it was required, and the satellite was left in its highly elliptic transfer orbit. This had two important consequences: the data flow



Fig. 54. The Sun, our closest stellar neighbour, observed from the Jungfrauoch Scientific Station. Although its visual absolute magnitude of  $M_v = 4.83$  makes it a star of modest luminosity, its proximity at only  $1.58 \cdot 10^{-5}$  light years gives it an apparent magnitude  $m_v = -26.72$  which renders it visible in full daylight!

influences on the instrumentation. To progress further, it became necessary to do such observations from space. The first suggestions to that effect were made by P. LACROUTE in 1966, but the concept was abandoned in 1970 as it was judged to be technically unfeasible at the time. The idea survived, however, and the HIPPARCOS satellite mission was accepted in 1980 within ESA's scientific programme. The mission name honours the Greek astronomer HIPPARCHUS who established one of the earliest known stellar catalogues in the first century BC. It is also the acronym of «High Precision Parallax Collecting Satellite». The mean errors of the satellite's parallax and annual proper motion measurements were to be of about 0.001 arcsec (1 milliarcsecond, or «mas»). But measuring at that level of accuracy raises a number of difficulties – not only technical – involving, for example, rela-

from the satellite could not be constant and was significantly reduced; the passage through the VAN ALLEN radiation belts during each orbit continually degraded the electronics and the optical characteristics of the instrumentation. The mission was nevertheless saved at the cost of much effort and pursued within specifications with observations ceasing in March 1993. The catalogue containing the astrometric and photometric data for some 120000 stars was finally made public in June 1997.

Apart from the valuable increase of stellar proper motion data, the HIPPARCOS satellite also extended the measurement of trigonometric parallaxes out to the regions where a significant number of the more luminous, but less frequent A- and B-type stars are encountered (Fig 57).

The accuracy of the positional measurement is, nevertheless, still not as good as would be expected for the

<sup>1</sup> Adapted from *Archs Sci. Genève, Vol. 56, Fasc. 1, pp. 11-38, Juillet 2003*. Based on data acquired at the La Silla (ESO, Chile), Jungfrauoch and Gornergrat (HFSJG International Foundation, Switzerland), and Haute-Provence (OHP, France) observatories.

detailed analysis of those more distant stellar populations. But the situation will decisively improve if the proposed European GAIA mission is implemented by ESA. The positional accuracy will then be some 1000 times better than HIPPARCOS thus opening up the field of microarcsecond astrometry extending to almost one third of the Galaxy. The coverage of the sky will also be systematically expanded to the 20<sup>th</sup> magnitude with 25000 stars per square degree instead of just 3 as is the case for HIPPARCOS.

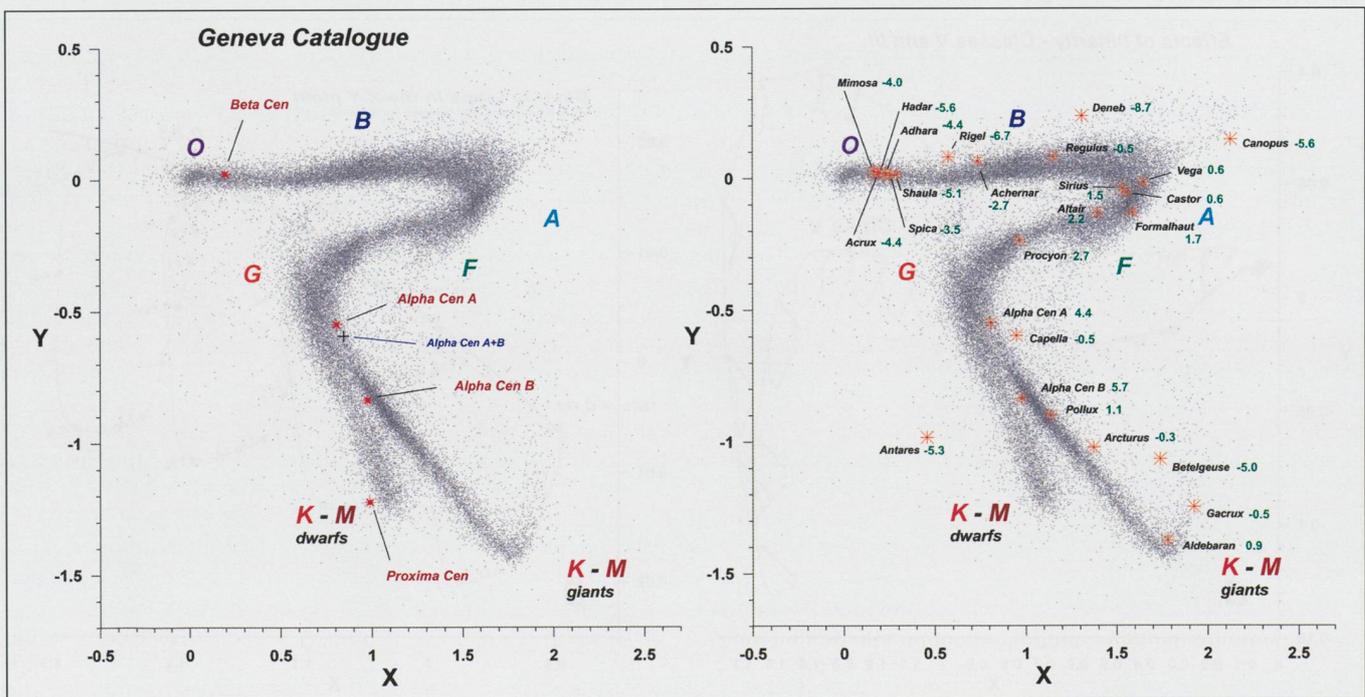
### 5.2.2.3 Calibrating $M_v$

Given a sufficiently large sample of good distance measurements, and a reliable procedure for de-reddening the relevant photometric data to derive the corresponding absolute magnitudes, it would then appear to be a relatively straightforward process to establish a



Fig. 56. The colorimetric effects of the great disparity of luminosities of the stars considered in Fig 55 are shown in the X,Y diagram of Figure 56a, left. We have also chosen to show the positions of the 25 brightest stars of our night sky in the same X,Y diagram of Figure 56b, left. The distribution of absolute magnitudes (in green) shows the important role of mass, but also of evolutionary stage (dwarf or giant) as well as the effects of multiplicity. Those with well known distance, and for which the absolute magnitude is calculated on the basis of the apparent magnitude, are too bright for their colours if they happen to be multiple systems (Hadar (Beta Cen), Capella, etc.). Undetected multiplicity is a major source of uncertainty in photometric absolute magnitude calibrations based on colours.

Fig. 55. The Alpha Centauri system (below) and Beta Centauri (above), a familiar but instructive image serving to illustrate the range of stellar luminosities and the complexity of reality. The triple system formed by Alpha Cen A & B and Proxima Cen (enlarged in inset) are at distances of 1.348 and 1.295 pc (4.39 and 4.22 ly) respectively. Their visual magnitudes  $m_v$  are -0.003, 1.332 and 11.084. That means that their absolute magnitudes are 4.36, 5.68 and 15.52. So, Alpha Cen A is 29100 times brighter than Proxima Cen. The almost equally bright ( $m_v = 0.596$ ) Beta Cen lies much further away. Its HIPPARCOS parallax of  $6.21 \cdot 10^{-3}$  arc seconds places it at 525 ly from us, though with a standard deviation of 9% on the parallax measurement. If we take into account the [B-V] colour excess of 0.057 that de-reddens its apparent visual magnitude to  $m_{v0} = 0.439$  (see part 4), we get an absolute magnitude of -5.596. Beta Cen is therefore 9600 times more luminous than Alpha Cen, i.e.  $2.8 \cdot 10^8$  times more luminous than Proxima. We thus see that the range of luminosities among «normal» stars is of the order of one billion to one. Actually, Beta Cen is also a triple system. It consists of two B1 giants, each of about 15 solar masses orbiting at a distance of 3 AU and joined by a less luminous B dwarf of some  $5M_{\odot}$  at about 210 AU. So, its absolute magnitude is actually that of the whole system. This straightforward example shows us that the interpretation of photometry is not «simple» and systematically requires a critical outlook.



photometric calibration. That is true in principle – but up to a point. Reality is not that simple.

**Inevitable noise**

Maybe the most ubiquitous source of uncertainty in photometrically derived quantities is undetected stellar multiplicity. Various estimates of the frequency of binaries among B stars encountered in the literature lie within the range of 40% to 60%, i.e. one half to 80% the whole population of *individual* stars of that type are

presumably members of a system (see Fig 55). If in a binary system a secondary is detected and the relative contributions of the components can be estimated, standard calibrations can be applied after the corresponding corrections have been made to the observed colours. Otherwise, and actually in the majority of cases, the results derived by photometric calibrations will be affected by unseen companion stars. Indeed, the establishment of a calibration itself may be governed by two different points of view.

The first is to assume that it is impossible to put together a perfectly «clean» sample of single reference stars large enough to carry out a «pure» calibration. In any case, when applied blindly and on a large scale to the real population of stars, such a calibration would systematically be biased since we would not know in advance which of these would actually be a binary or multiple system. So, for statistical investigations, a calibration based on a non-selective sample of data is undoubtedly most suitable.

Fig. 57. The HIPPARCOS satellite measured a consistent sample of stellar categories as shown by the intersection of the HIPPARCOS data with the Geneva catalogue (yellow = also in HIPPARCOS catalogue. Blue = no HIPPARCOS data), to the left. The situation changes, however, if we select according to the quality of the parallax measurement: 20% error at centre and 10% error to the right. This is due to the greater distances of the relatively less abundant massive and luminous stars which lie beyond the range of the satellite. If our object is to establish an absolute magnitude calibration for B-type stars – as is our case – we must accept to use data which can have standard deviations reaching 20% or more so as to have a large enough calibration sample.

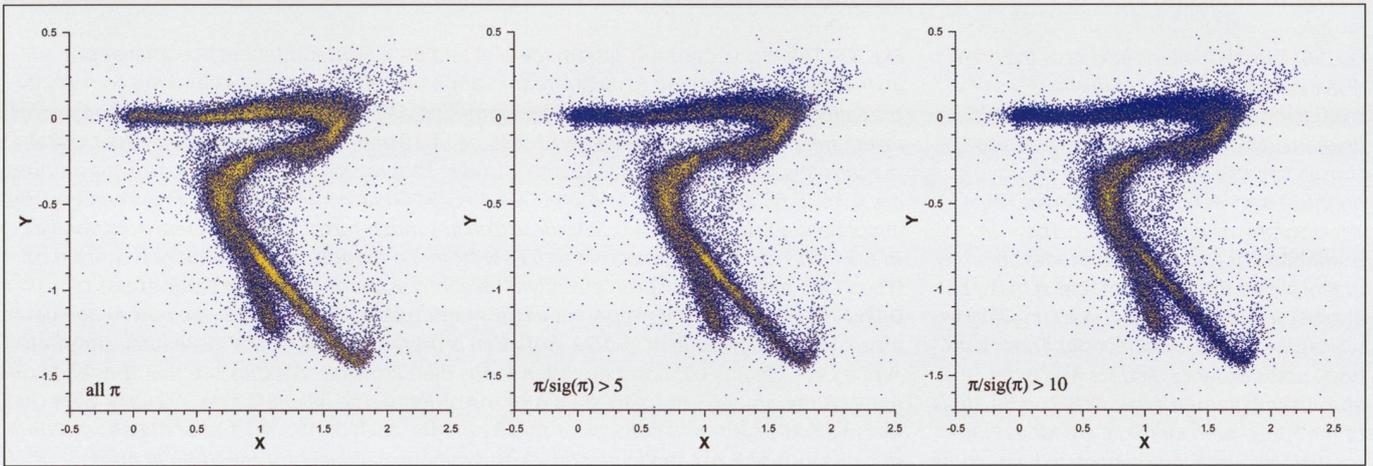


Fig. 58. Binariness loops in the X,Y plane. These are constructed by associating the fluxes of a series of less luminous companions to a set of stars of classes V and III distributed in the plane. Fig 58b is an enlarged portion of 58a, where the magnitude differences of the companion stars are given relatively to the primary. If the companion is identical to the primary, there will be no colour variation but the composite will have an absolute magnitude 0.753 smaller ( $-2.5 \log_{10} 2$ ).

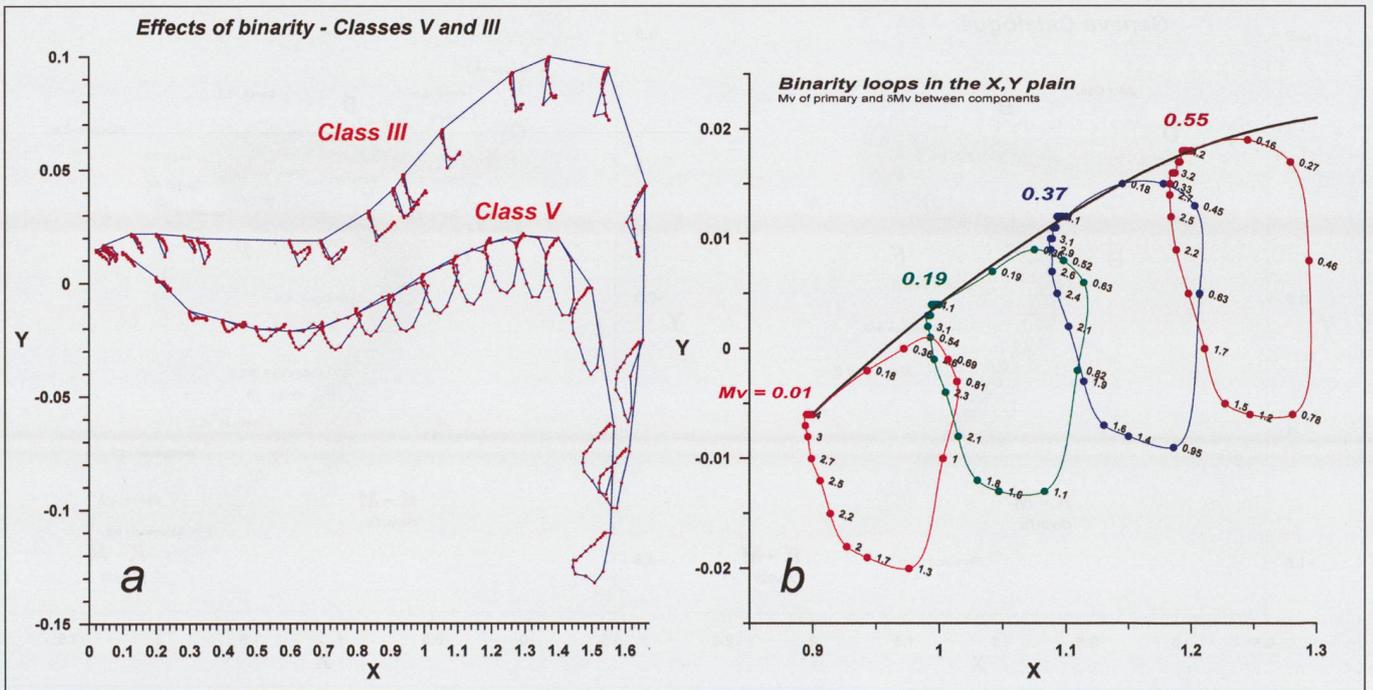
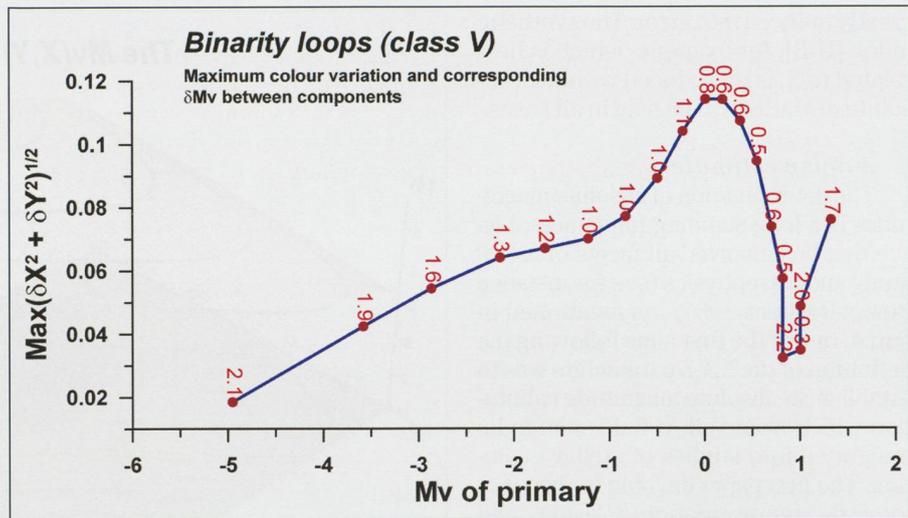


Fig. 59. Effect on colours due to the presence of a companion star. The maximum colour deviation, expressed as a distance in the X,Y plane, is shown as a function of the brightness of the primary (class V). The difference in magnitudes  $\delta M_V$  between components at maximum colour deviation is given for each point. This illustrates the complex behaviour of «noise» created by undetected binaries in a colour-based photometric calibration.



The second approach is to strive, nevertheless, to establish a calibration that is as pure as possible. The major difficulty lies in the choice of the data, some of which will also have to be corrected for multiplicity. Empirical calibrations voluntarily biased in favour of single stars will have to be used carefully in statistical studies. They are, however, best suited for comparisons with synthetic predictions or for the interpretation of theoretical models which most often concern single stars.

In practice, things are not so simple and neither of these two objectives is fully attained. For the advocates of the first, the temptation to repress obviously peculiar data during the calibration process is difficult to resist. For the second, the sheer volume of potentially valuable data that have to be discarded causes a painful dilemma. So, *whatever* may be the character of a given calibration, multiplicity is a major source of noise, and the accurate assessment of its incidences difficult to evaluate.

Here, we illustrate the effects of binarity by their incidence in the X,Y parameter diagram. They are shown with the help of the «binarity loops» of Fig 58a distributed along the standard sequences of class V and III stars. The basis of the class V sequence is a set of 34 points of an empirical zero age main sequence (ZAMS) made with the help of cluster sequences and harmonised over the six normalised indices with the aid of the colour excess ratios of Table 3 in Part 4 (BURKI, CRAMER, MERMILLIOD; unpublished). Each loop is computed at each step of the ZAMS by adding the fainter portion of the same sequence to the primary, one-by-one. The same operation is carried out along the class III sequence, but with primaries having  $M_V$  estimated by a calibration of the X,Y plane and with intrinsic normalised indices computed by the relations given in Part 4. The less luminous ZAMS stars are then added as before. The figure shows that the behaviour is quite complex and that the effects are not negligible even in this

case of «simple» binarity. The shapes of the loops in photometric diagrams always reflect the general shape of the less luminous part of the sequence. The more contorted is the lower part of the sequence, the more so are the loops.

A portion of the figure is enlarged in Fig 58b, so as to better show the effect of the magnitude difference  $\delta M_V$  between the two components. We see that the maximum deviation occurs at different  $\delta M_V$  for different  $M_V$  of the primary. This is best illustrated in fig 59 where the maximum colour deviation expressed as «Euclidian distance» (square root of the sum of the squares of the deviations) is plotted as a function of the  $M_V$  of the primary (the two cases at  $M_V = 0.82$  and  $1.00$  are bimodal).

Determinations of photometric sensitivity of this kind can be of some use within the context of colour-dependant bias estimation in the selection of «pure» calibration samples. Spectroscopic detection of binaries becomes more difficult when  $\delta M_V$  exceeds one magnitude, just where photometry is locally most sensitive regarding binarity for the most luminous stars – i.e. the greater is the  $\delta M$  at maximum photometric distance – the more vulnerable the calibration data become to multiplicity that is undetected by other methods.

Regarding the incidence of binarity on the determination of colour excesses, it is clear that in a two-colour representation, such as the U,B,V diagram, nothing can be done for unknown binaries. The effect will quite generally be to overestimate the excess (up to a few  $10^{-2}$  mag) as the presumed zero-point will be taken by default at the standard sequence which is bluer. The consequence is to overestimate total absorption  $A_V$  by up to almost 0.1 mag for late B binaries. But, since

binarity affects the X,Y parameters in the sense of the composite, one expects the intrinsic colours that are estimated by these parameters to follow – up to a point – the effects operating on the true indices. This is indeed partially realised as shown in CRAMER (1999) and colour excesses derived by that method are therefore closer to their true values.

Rotation, which is an important feature particularly among early-type stars, is also a significant cause of dispersion in photometric diagrams. Rapid rotation tends to deform a star, reducing its polar diameter and increasing its equatorial size. Recent observations done with the ESO VLT telescope have shown, for example, that the fast rotating star Achernar has an equatorial radius 60% greater than its polar one. Surface gravity and temperature decrease at the equator and increase at the poles. A star's colours are modified and depend on its inclination relative to the line of sight. The relative effects of rotation are difficult to assess observationally with current techniques, and are best estimated with the help of theoretical atmosphere models. An early study giving Geneva synthetic colours of these effects was made by MAEDER and PEYTRMANN (1970) for a variety of masses, rotation velocities and apparent inclinations. One model ( $5M_{\odot}$ ) lies within the validity region of our calibrations and has been used in earlier publications (CRAMER and MAEDER 1979; CRAMER 1984, 1994). The general effect, all inclinations considered, is to displace the colours in the sense of decreasing gravity and temperature with increasing rotation velocity. The greatest displacement is in the X parameter with a maximum deviation  $\delta X = 0.231$  mag. The intrinsic colour estimators are, however, not

greatly induced into error. The synthetic index [U-B], for example, which is best related to X, is reproduced within an absolute deviation < 0.06 mag in all cases.

**A noisy estimate**

The determination of absolute magnitudes is a long standing fundamental issue that has involved all facets of astronomy and astrophysics (see for instance ROWAN-ROBINSON 1985). As mentioned in Part 4, one of the first aims following the definition of the X,Y,Z parameters was to establish an absolute magnitude calibration which would allow field stars to be integrated into studies of stellar evolution. The first paper devoted to that photometric representation (CRAMER and MAEDER 1979) thus also discussed an absolute magnitude calibration based on the X,Y parameters. Virtually no primary measurements of distance were available for B stars at that time, and the calibration relied essentially on cluster distance modulus determinations published in the literature. The calibration consisted of a succession of segments along X for which specific quadratic relations were fitted locally. The reference data were voluntarily biased against binarity, when possible, and included a few bright giants and supergiants. The global standard deviation over the residuals amounted to 0.38 mag for the calibration sample of 199 stars.

Subsequently, several (unpublished) calibrations were made with the object of improving the estimate and expanding the range of validity. The last of those was published in the appendix of RABOUD et al. (1997) and was based on the study of 30 solar composition clusters done by MEYNET et al. (1993). A third degree polynomial form in X and Y similar to those of the intrinsic colour estimators discussed above was used. There too, the biasing toward single stars was carried out by an iterative process. The brightness of binaries is systematically underestimated in an absolute magnitude versus colour relation, shifting those belonging to clusters apparently into the foreground. Such stars were removed from the basic sample until the distributions around the mean estimated distances became symmetrical. For that calibration also, the standard deviation over the residuals was found to be 0.40 mag over the remaining 483 reference stars.

The following polynomial form, of fourth degree in X and quadratic in Y, defines the latest  $M_V(X,Y)$  relation:

$$M_V(X, Y) = a_0 + a_1Y + a_2Y^2 + a_3X + a_4XY + a_5XY^2 + a_6X^2 + a_7X^2Y + a_8X^2Y^2 + a_9X^3 + a_{10}X^3Y + a_{11}X^4 \text{ with}$$

| $a_0$   | $a_1$    | $a_2$     | $a_3$  | $a_4$   | $a_5$    | $a_6$   | $a_7$   | $a_8$    | $a_9$  | $a_{10}$ | $a_{11}$ |
|---------|----------|-----------|--------|---------|----------|---------|---------|----------|--------|----------|----------|
| -3.7528 | -21.0189 | -161.4130 | 5.2076 | -2.5839 | 138.1530 | -2.8463 | 13.2480 | -29.8913 | 2.9365 | -4.0510  | -1.2997  |

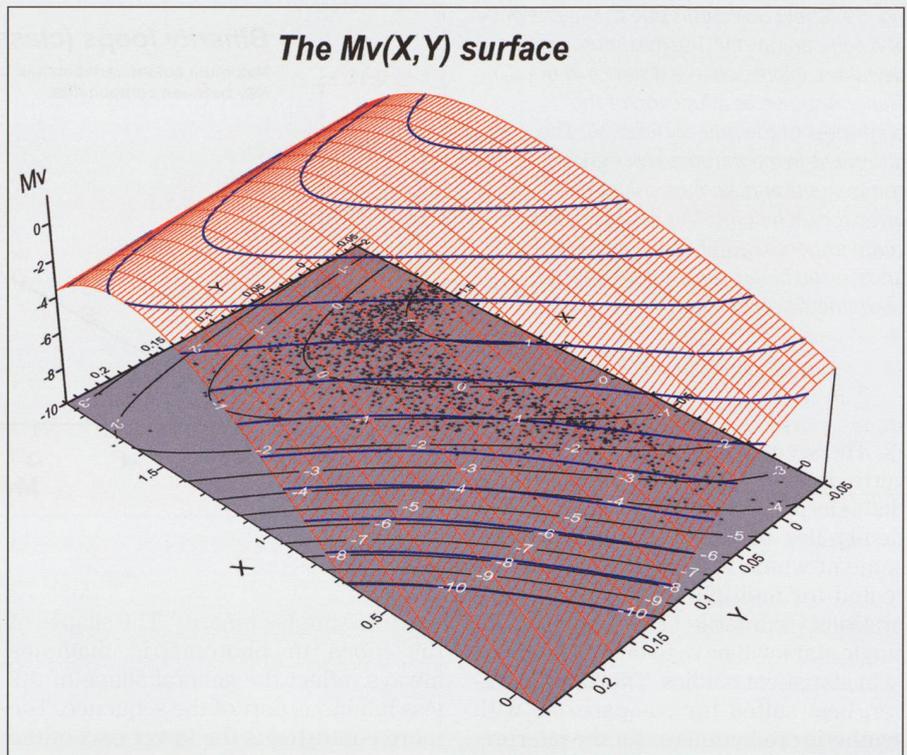
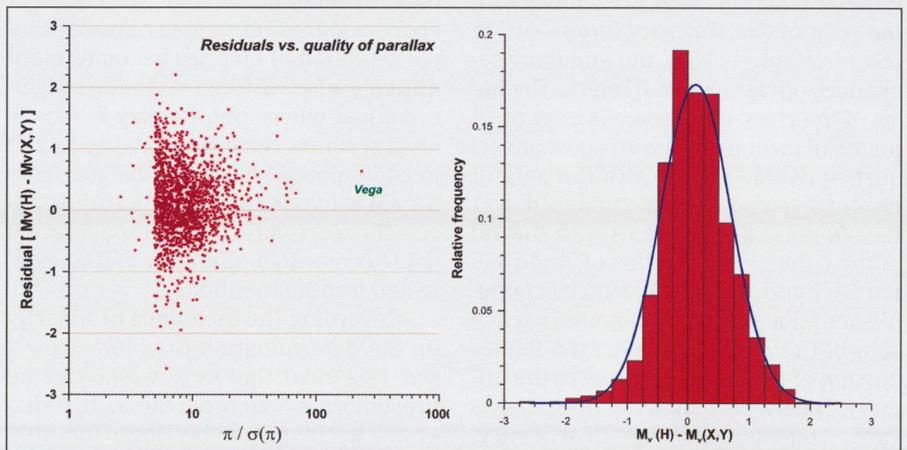


Fig. 60. 3-dimensional representation of the absolute magnitude calibration obtained with the HIPPARCOS satellite parallax data. The calibration data points are projected on the horizontal plain with the relation's contours.

As mentioned above, the most objective and precise distance data were finally provided for early-type stars in the solar neighbourhood by the HIPPARCOS satellite late in 1996 (having submitted a program for the Input Catalogue, we had access to the related data 6 months

before they were made publicly available in June 1997). This enabled a totally independent calibration to be made on the basis of 6044 field B- to A stars and 134 members of the Scorpio-Centaurus association. After selection over well defined parallaxes ( $\pi/\sigma(\pi) \geq 5$ , see Fig

Fig. 61. The residual dispersion relative to the calibration as a function of the quality of the Hipparcos parallax measurement (left). The distribution of the residual dispersion is shown on the right.



57), their location in the X,Y diagram ( $Y \geq -0.06$ ) and discrimination against known binaries (including those detected by HIPPARCOS), 1580 stars of classes V to III remained for the calibration. These were then de-reddened by means of the intrinsic colour estimators, thus providing the reference sample of  $M_v$ . The resulting calibration is shown in Fig 60 as a 3-dimensional representation. A more detailed discussion of the calibration is given by CRAMER (1997).

(See table on page 8 - Bottom)

The residual dispersion of the  $M_v$  estimate relative to the absolute magnitude derived from the HIPPARCOS parallax after correcting for reddening is shown in Fig 61.

Here too, the standard deviation over the residuals (after subtraction of the component inherent to HIPPARCOS) amounts to 0.44 mag, and is comparable to those of the earlier calibrations. Translated into terms of distance, we observe the mean dispersion of 60 pc (hwhm) shown in Fig 62 (which includes the HIPPARCOS uncertainty) within the approximately 300 pc range of the calibration data.

A sizeable part of these ubiquitous four tenths of a magnitude of uncertainty arises from the gradient of the calibration acting on the uncertainties over the parameters themselves. The mean internal standard deviation of  $M_v(X,Y)$  may be estimated by the standard deviations of the X and Y parameters weighted by the total differential of the calibration function. The resulting error function is mapped into the X,Y diagram of Fig 63 with the Geneva catalogue stars as a background, and shows that an uncertainty of the order of 0.20 mag is unavoidable for purely metrological reasons. The probable internal error over the colour excess estimate can be derived in a similar manner. For  $E_{[B-V]}(X,Y)$ , it varies between 0.004 and 0.010 mag.

Among the underlying astrophysical causes of dispersion, rotation can be expected to contribute to dispersion by about 0.1 mag in the average (see CRAMER and MAEDER 1979). However, binarity still remains the major perturbing agent of an  $M_v$  calibration. The importance, and complexity of the binarity loops for this calibration are given in Fig 64 for main sequence stars with indication of the  $\delta M_v$  of the components. As already mentioned, the effects of binarity in a photometric diagram depend on the shape of the related sequence. For stars of types later than B8V ( $X \geq 1.1$ ), the variation of colour due to a bend in the lower sequence generates an error on the estimate that may even exceed

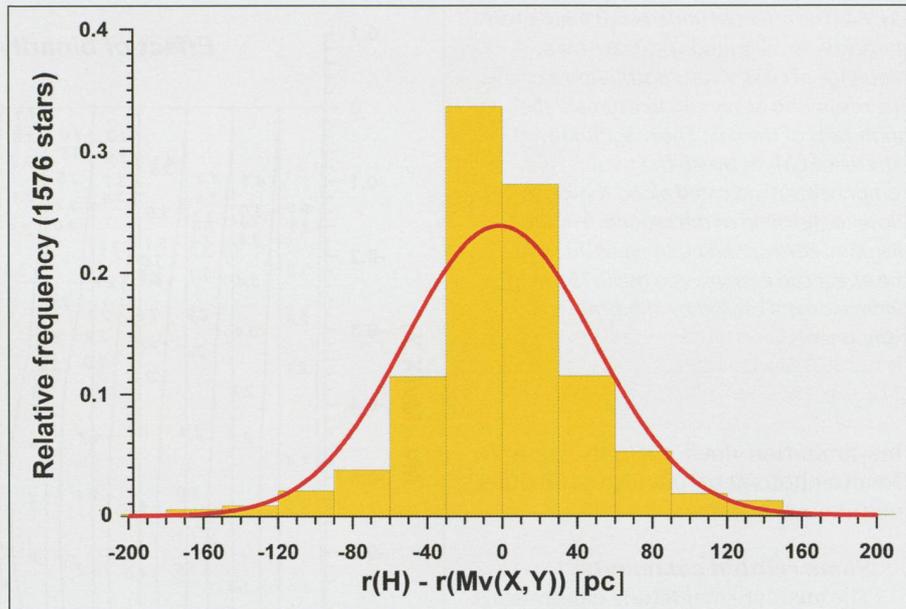


Fig. 62. Histogram of the residuals over the calibration data in terms of distance. The fitted distribution has a hwhm of 60 pc for the sample extending out to about 300 pc.

the 0.753 mag that would be caused by an identical twin. Hence, the dispersion of the residuals amounting to some 0.40 mag for the various attempts to calibra-

te  $M_v$  should not be considered as a cause of surprise, but rather as an inevitable limitation of the photometric method. Finally, we may add here that

Fig. 63. Mean internal standard deviation of the  $M_v(X,Y)$  calibration in the X,Y diagram, all weights considered, with 12800 stars plotted in the background. An error ranging from 0.1 mag to about 0.4 mag, depending on the local declivity of the relation, can be expected for metrological reasons alone. Uncertainties of that order are common to all ground based photometric estimates of  $M_v$ .

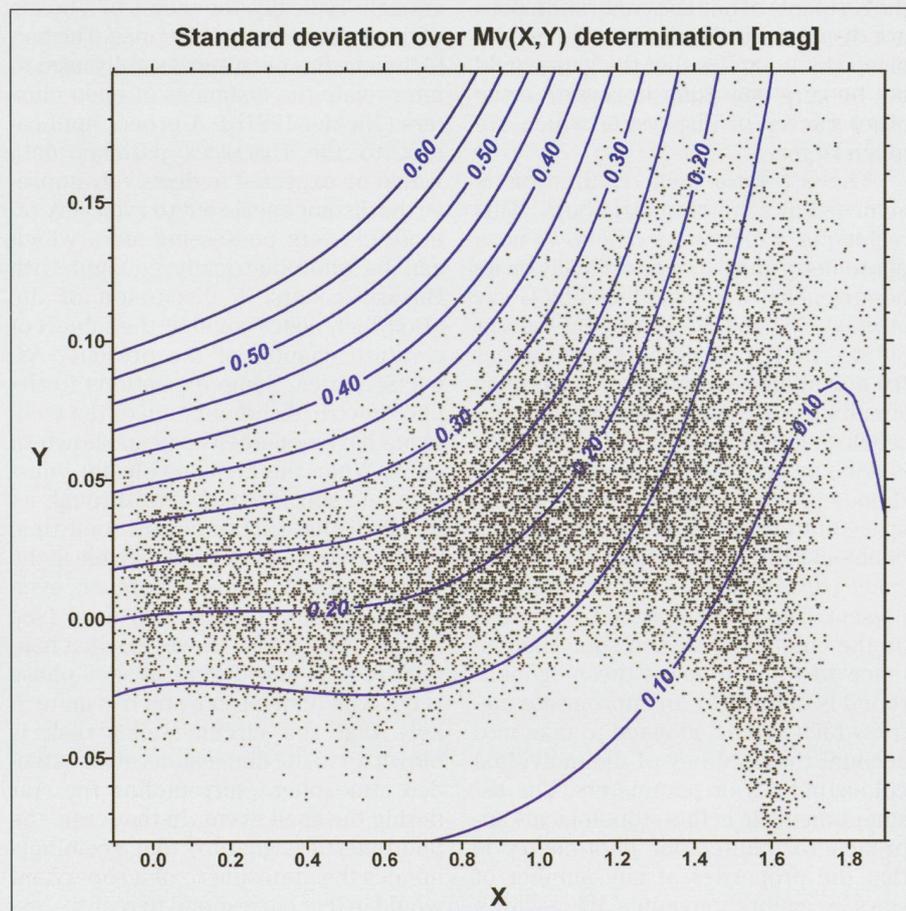


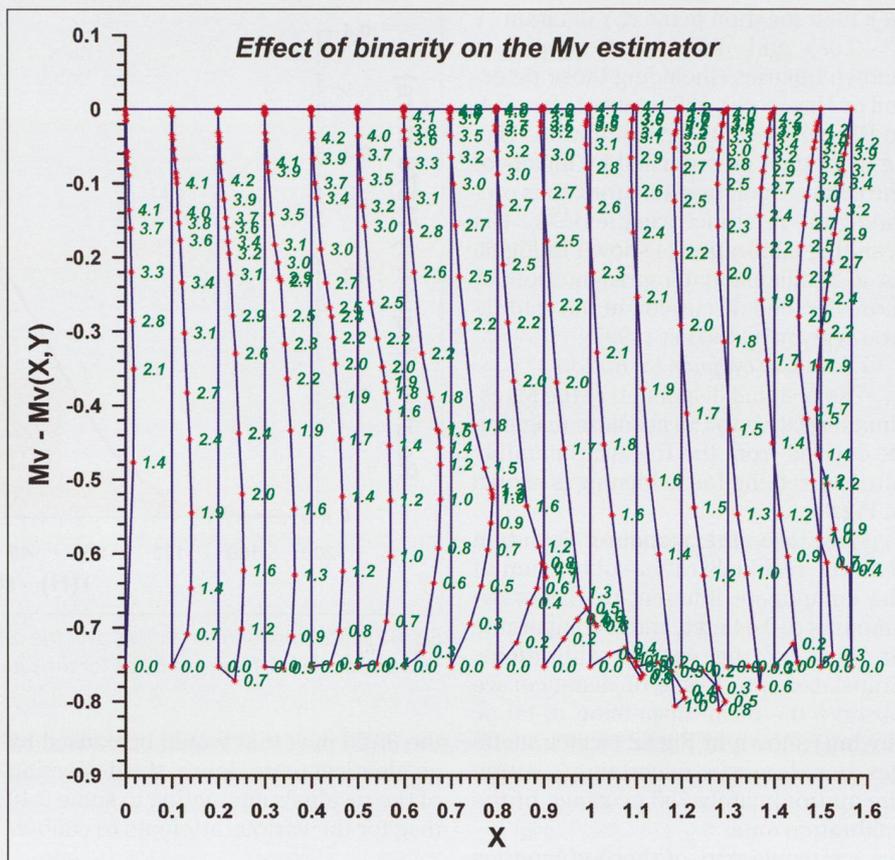
Fig. 64. The effect of undetected binarity on the absolute magnitude estimate for a sequence of class V stars distributed along X. The result is to always underestimate the brightness of the pair. The magnitude difference  $\delta M_V$  between the two components is indicated along the loops. Close to the bend of the sequence in the X,Y diagram, the effect can even exceed the 0.753 mag underestimate caused by identical components.

this limitation does not only apply to Geneva photometry but also to all other multicolour systems.

### Some related comments

The absolute magnitude calibrations used above, particularly the polynomial forms, are global relations which cannot promise to perfectly account for the true physical connection with  $M_V$  at all points of the validity range. Separate calibrations adjusted over smaller ranges where the colour variation gradient is more important, or where interference due to overlapping sequences can occur, may reduce the overall zero-point error (O – B1 stars, see for example appendix of RABOUD et al. (1997), or specifically A0 to A2 stars). Nevertheless, examination of the X,Y distribution of the residuals of our last calibration does not display any clear colour-dependant bias, which implies that the gain would not be very important in regard to the other causes of dispersion which are much larger.

The *ultimate* local calibration is achieved in a «photometric box». This technique, which is specific to Geneva photometry and depends critically on its homogeneity, was introduced by GOLAY et al. (1969) and developed by NICOLET (1981a, 1981b). The object is to extract the maximum amount of information by simultaneously using the values measured through the whole set of filters. This is done by considering small neighbourhoods in the six-, or less, dimensional space of the normalised colour indices, or else in a three-dimensional parameter space (d,  $\Delta$ , g or X, Y, Z) if reddening is present. The neighbourhood is centred on the colours of a given star. The distance to the border of the neighbourhood is defined by an appropriate metric which can be adjusted to take into account the accuracy of the individual colour indices or parameters. The assumption made in this «topological» approach to multicolour photometry is that the properties of any number of stars, or calibration points, lying within



the given neighbourhood can be equated with each-other, provided that the radius of the «photometric box» is small enough. Typically, the radius of a box is of the order of  $10^{-2}$  to  $2 \cdot 10^{-2}$  mag. The box technique has been successfully used to inter-relate the distances of open clusters (Nicolet 1981b). A proper application to the HIPPARCOS parallax data would be expected to decisively improve the distance scale out to even very remote clusters possessing stars which can be photometrically equated with HIPPARCOS stars. A discussion of the «Box Technique» could be the subject of a future chapter of the present «Aspects» series. Some exceptions to the photometric discrimination of the technique have nonetheless been shown to exist. When the Pleiades cluster emission-line star Pleione went through its last shell phase, it became for some time photometrically indistinguishable in the Geneva system from a supergiant, even when the box method was used (see CRAMER et al. 1995). However, what happens to a Be star during its shell phase is not well understood, and it is quite likely that the circum-stellar disk is blown up to the dimensions of an extended atmosphere surrounding the star during the shell event. In that case, the photometric signature that seemingly mimics the atmosphere of a supergiant would in fact correspond to reality – ex-

cept for absolute luminosity – during that short period of a few months.

A different comment may be made in regard to the correction of interstellar extinction. The HIPPARCOS parallaxes have unquestionably revealed a number of problems affecting the determination of cluster distances by using photometric sequences, notably for the Pleiades cluster mentioned above. The distance estimated for the cluster by the present calibration (which did not initially have access to Pleiades data) reproduces the classical value of 130 pc instead of the HIPPARCOS determination of 116 pc (MERMILLIOD et al. 1997). Adjustments of helium content to explain the apparently lower luminosity of its members do not work out satisfactorily (HANSEN RUIZ and VAN LEEUWEN 1997). A very peculiar reddening law with a total to selective absorption ratio R of more than twice the standard value would go in the sense of solving the discrepancy, but is unlikely to have gone undetected in view of the extent to which the cluster has been studied at all wavelengths. It now seems more probable that the HIPPARCOS data were affected in the particular case of the Pleiades bright star parallax measurements by a slight «correlation bias» inherent to the reduction method (see I. NEILL REID, 1999). If the HIPPARCOS parallaxes were, nevertheless, to be correct, the simplest explanation could be provi-

ded by the hypothetical presence of a small neutral, or almost achromatic extinction in that direction. The cluster is known to be located at the fringe of a large molecular cloud complex. The properties of extinction in the visible are not well known in such media. Indeed, to our knowledge, the absence of a weak grey component which could occasionally be present in interstellar extinction has not been definitely proven yet. It could be caused by large grains or «micro snowballs» which would have to be *very* cold so as not to be easily detected by infrared or microwave observations. Their presence on a very large scale could even bear cosmological consequences, by *increasing* the distance estimates of far-away «standard candles» and thus affecting the accuracy of determinations of the Hubble constant. But – to return to the more mundane environment of our own galactic neighbourhood – the correction of interstellar extinction through its spectrally selective nature alone has proven to perform quite satisfactory up to now, though only within current observational limits, and the discussion of neutral absorption has been neglected for lack of observational means. The question remains open. Indeed, if one were to choose among the various manners of handling the problem of neutral absorption, a method involving the very accurate knowledge of distances of reddened stars and clusters would be favoured as

being one of the most direct, and that may just be what we are beginning to see if the HIPPARCOS parallaxes were to prove to be consistently correct. GAIA will tell....

**An obvious application**

The ability to estimate absolute magnitudes as well as colour excesses of B-type stars gives easy access to a preliminary study of the importance of interstellar extinction by dust in our galactic neighbourhood. The calibrations applied to the relevant stars of the Geneva catalogue distributed within a 6° band centred on the galactic equator generate the distance versus colour excess diagram of Fig 65.

The «reddening lines» corresponding to various extinction gradients in the sense of Fig 51 (Part 4), are also drawn in this figure. These gradients refer to a uniform distribution of dust and do not fully correspond to reality since the interstellar medium is occupied by extensive dust clouds, as seen in Fig 46 (Part 4), for example. The presence of clouds is evident in figure 65. The first of these appear in the foreground of B-type stars situated at some 390 light years (120 parsecs) from us in the galactic plane. At about 400 pc, overlapping dust clouds begin to significantly obscure our view of the Galaxy in optical wavelengths.

Up to approximately 2 Kpc, however, we do encounter substantially transparent lines of sight with a corres-

ponding visual absorption (at 5500 Å) of about 2 10<sup>-4</sup> mag pc<sup>-1</sup>. That value presumably reflects the minimum large scale dust content of the inter-cloud medium. It also allows us to estimate the order of magnitude of the corresponding dust density.

In the optical region, extinction is governed by MIE scattering with an *extinction coefficient*  $Q_\lambda = \sigma_\lambda/\sigma_g$  which is the ratio between the *scattering cross section*  $\sigma_\lambda$  and the *geometrical cross section* ( $\sigma_g = \pi r^2$ ) of the particles (If the wavelength of light is comparable to the dust grain size, then  $Q_\lambda \sim r/\lambda$  with  $r$  = particle radius; see  $\lambda^{-1}$  behaviour in Fig 28, Part 2). For typical dust grains assumed to be spherical and with radii of 0.2 μm, a simple calculation using  $Q_{5500} \cong 1.5$  (at 5500 Å) yields a number density as follows:

The scattering cross section of a grain is in this case.

$$\sigma_{5500} = \pi r^2 Q_{5500} = 1.9 \cdot 10^{-9} \text{ cm}^2$$

Now, the *optical depth*  $\tau_\lambda$  is related to the ratio of the absorbed to non-absorbed light intensity as  $I_\lambda/I_{\lambda,0} = e^{-\tau_\lambda}$ . In a dust cloud of thickness  $s$  it may be expressed as

$$\tau_\lambda = \int_0^s n(s) \sigma_\lambda ds$$

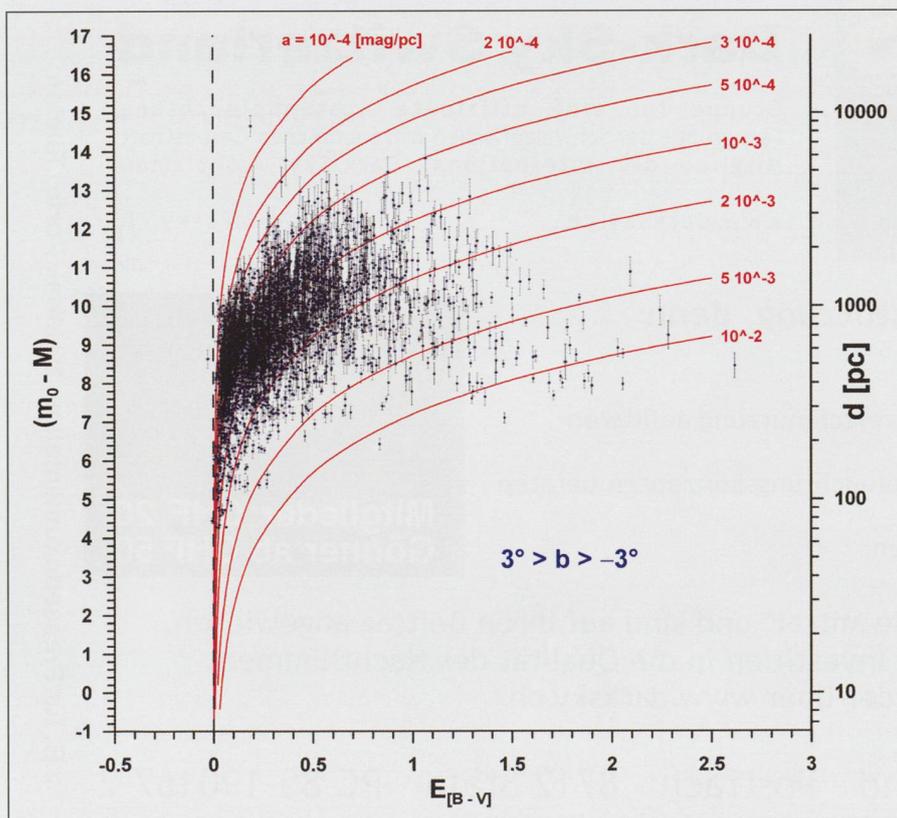
where  $n(s)$  is the number density of the scattering particles. If  $\sigma_\lambda$  is constant, then we have

$$\tau_\lambda = \sigma_\lambda \int_0^s n(s) ds = \sigma_\lambda N_d$$

So, the dust *column density*  $N_d$  along the line of sight of a given light source is the dust optical depth divided by its scattering cross section. For absorption expressed in terms of apparent magnitude, the magnitude change  $a_\lambda$  is *almost identical* to the optical depth:

$$a_\lambda = m_\lambda - m_{\lambda,0} = -2.5 \log_{10} (I_\lambda/I_{\lambda,0}) \\ = -2.5 \log_{10} (e^{-\tau_\lambda}) = 1.086 \tau_\lambda$$

Fig. 65. The calibrations allow us to plot the true distance modulus ( $m_{v,0} - M_v$ ) as a function of the  $E_{[B-V]}$  colour excess of stars lying along a line of sight within  $\pm 3^\circ$  of the Galactic plane. The error bars correspond to the internal standard deviations over the distance modulus and colour excess estimates. The extinction lines which would correspond to a variety of circumstances of uniform visual absorption are shown. Typical values within the first kiloparsec range between  $a = 2 \cdot 10^{-4}$  to  $2 \cdot 10^{-3}$  magnitudes per parsec. One also notes the first evidence of local dust clouds at about 120 parsecs.



And, with an absorption of  $2 \cdot 10^{-4}$  mag pc<sup>-1</sup>, we get  $\tau_{5500} = 1.84 \cdot 10^{-4}$  pc<sup>-1</sup>, giving the column density  $N_d = \tau_{5500} / \sigma_{5500} = 9.7 \cdot 10^4$  cm<sup>-2</sup> pc<sup>-1</sup>.

We want to express the density per volume element, so we divide by the number of centimetres in a parsec ( $3.0857 \cdot 10^{18}$ ), and get the average particle number density  $n = 3 \cdot 10^{-14}$  cm<sup>-3</sup>, which corresponds to a rather good vacuum occupied by only one grain per 320 m sided cube!

For a higher value of inter-cloud absorption of  $2 \cdot 10^{-3}$  mag pc<sup>-1</sup> as is suggested along some lines of sight in Fig 65 we would expect number densities roughly ten times greater since the column density is almost directly related to the absorption gradient for a given grain size.

However, even though such densities may appear to be exceedingly low in the context of our everyday perception, they produce considerable screening over distances spanning thousands of light years. In clouds, dust densities can reach values that are more than 3 orders of magnitude higher. Gas (mainly hydrogen and helium) is much more abundant than dust and has particle space densities ranging from less than 0.1 cm<sup>-3</sup> in the solar vicinity to about 2000 cm<sup>-3</sup>, or more, in giant molecular clouds. Nevertheless, dust remains the foremost cause of interstellar extinction of light at visible wavelengths.

Finally, it is interesting to note that even serious Science Fiction authors, while recounting the travel of interstellar vessels through space at velocities of several percent that of light, do not often consider the problem of gradual damage due to the very high velocity impact of interstellar matter. One notable exception in the literature is the novel *The Songs of Distant Earth* by ARTHUR C. CLARKE (1986), where a star-ship's en-

counter with higher than expected gas and dust densities provides the pretext for the main story....

In the forthcoming parts of this article we will further look into interstellar dust distribution and stellar peculiarities.

NOEL CRAMER  
Observatoire de Genève  
Chemin des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny

### Bibliography 5

- |  |  |
|--|--|
| CRAMER, N., MAEDER, A.: 1979, <i>Luminosity and <math>T_{\text{eff}}</math> determinations for B-type stars</i> , A&A 78, 305  | nice'97, esa SP-402, 295   |
| CRAMER, N.: 1984, <i>Relations between the <math>\beta</math> index and Geneva photometry. The B-type stars.</i> , A&A 141, 215  | MAEDER, A., PEYTREMANN, E.: 1970, <i>Stellar Rotation</i> , A&A 7, 120   |
| CRAMER, N.: 1994, <i>Geneva Photometry and its Homogeneity</i> , review article in The impact of long term monitoring on variable star research, NATO ASI, (C. Sterken, M. De Groot, eds.), Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 405 | MERMILLIOD, J.C., TURON, C., ROBICHON, N., ARENOU, F., LEBRETON, Y.: 1997, <i>The distance of the Pleiades and nearby clusters</i> , in Hipparcos Venice'97, esa SP-402, 643 |
| CRAMER, N., DOAZAN, V., NICOLET, B., DE LA FUENTE, A., BARYLAK, M.: 1995, <i>Colour and light variations of Pleione between the Be and Shell phase</i> , A&A 301, 811  | MEYNET, G., MERMILLIOD, J.-C., MAEDER, A.: 1993, <i>New dating of galactic open clusters</i> , A&AS 98, 477  |
| CRAMER, N.: 1999, <i>Calibrations for B-type stars in the Geneva photometric system</i> , review article, New Astronomy Reviews 43, 343  | NICOLET, B.: 1981a, <i>Geneva Photometric Boxes</i> , A&A 97, 85   |
| GOLAY, M., PEYTREMANN, E., MAEDER, A.: 1969, <i>Seven-Colour Photometry</i> , Publ. Obs. Genève, Sér. A, No 76, 44   | NICOLET, B.: 1981b, <i>Geneva Photometric Boxes III. Distances and reddening for 43 open clusters</i> , A&A 104, 185   |
| HANSEN-RUIZ, C.S., VAN LEEUWEN, F.: 1997, <i>Definition of the Pleiades main sequence in the Hertzsprung-Russell diagram</i> , in Hipparcos Ve-  | RABOUD, D., CRAMER, N., BERNASCONI, P.A.: 1997, <i>Geneva photometry in the young open cluster NGC 6231</i> , A&A 325, 167   |
|  | REID, I.N.: 1999, <i>The HR Diagram and the Galactic Distance Scale After Hipparcos</i> , Annu. Rev. Astron. Astrophys. 37, 191  |
|  | ROWAN-ROBINSON, M.: 1985, <i>The cosmological distance ladder</i> , W.H. Freeman and Company, New York   |



## Dark-Sky Switzerland

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

[www.darksky.ch](http://www.darksky.ch)

[info@darksky.ch](mailto: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](http://www.darksky.ch)

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



Mitglieder CHF 20  
Gönner ab CHF 50

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

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

## Episode 23: Les poussières interstellaires, 2<sup>e</sup> partie

FABIO BARBLAN

### Formation et destructions des grains de poussière

La matière interstellaire est en constante modification. Dans les régions de formation des étoiles, elle diminue puisqu'elle constitue la matière première dont elles sont faites. Mais ces mêmes étoiles, qui absorbent la matière interstellaire pour se former, vont une fois adultes la rendre à l'espace sidéral. Les mécanismes de cette restitution de matière à l'espace sont d'un côté le vent stellaire, pendant toute la vie de l'étoile, et certaines phases de fin de vie qui se manifestent dans les nébuleuses planétaires et les restes de supernova pour ne citer que ces deux cas.

Le gaz éjecté va progressivement se refroidir en «s'éloignant» de l'étoile et perdre quelques centaines voir quelques milliers de degrés. Le processus de formation des poussières interstellaires est donc simplement la condensation. Lorsque le gaz atteint une certaine température, les substances qui ne peuvent plus se trouver à l'état de gaz, se solidifient. Prédire quels sont les solides qui vont se former et à quel moment n'est pas une chose facile. L'état dynamique du vent stellaire rend les processus chimiques extrêmement complexes et difficiles à décrire. Il est quand même possible d'affirmer qu'autour des 1800°K il doit se former des grains de graphite et autour des 1500°K se forment des oxydes et silicates de titane, aluminium et calcium.

Mais le problème fondamental, qui est encore loin d'être totalement compris, reste la «nucléarisation» c'est à dire la processus qui forme le tout premier «noyau» autour duquel la condensation peut se faire<sup>1</sup>. Ce mécanisme est encore mal compris par rapport aux conditions physico-chimiques qui existent dans ce milieu. C'est un phénomène inobservable, on ne peut donc se ba-

ser que sur des conjectures théoriques. On suppose qu'il existe deux mécanismes de base pour la nucléarisation: un processus homogène ne faisant intervenir d'une seule et même «substance» et un processus inhomogène qui fait appel à une deuxième «substance» qui joue probablement un rôle de catalyseur. La nucléarisation est un processus qui se déroule au niveau atomique.

Pour étrange que cela puisse paraître, les grains de poussière ne peuvent pas, se former dans le milieu interstellaire pur, loin des étoiles. Si on admet les conditions standard de température, de densité et de composition chimique du milieu interstellaire, on peut montrer, qu'à partir d'une masse initiale de nucléarisation correspondant à vingt atomes d'hydrogène, le temps nécessaire pour faire pousser un grain de poussière jusqu'à la dimension de 0.1 µm, dépasse largement l'âge de l'univers. La dimension de 0.1 µm est celle qui est nécessaire pour obtenir la loi observée de l'extinction interstellaire de la lumière: une absorption d'une magnitude par kilo-parsecs et un comportement en un sur la longueur d'onde du rayonnement.

En 1935, LINDBLAD se penche sur une première tentative sérieuse d'explication de la formation des grains de poussière et arrive, déjà à cette époque, à la conclusion que les grains doivent se for-

mer en dehors du milieu interstellaire proprement dit. Pour affirmer cela, il s'est basé sur l'observation suivante: il existe une forte corrélation entre les régions de haute densité de gaz et les régions de faible obscurcissement. Donc les poussières ne sont pas là où il y a beaucoup de gaz.

Il est intéressant de relever le fait suivant: il y a deux cas de figure pour l'enrichissement du milieu interstellaire en poussières. La source de cette dichotomie est l'affinité chimique exceptionnelle qui existe entre l'oxygène et le carbone, et la stabilité à toute épreuve du monoxyde de carbone CO. Si l'atmosphère stellaire est plus riche en oxygène qu'en carbone, ce dernier se retrouvera essentiellement sous forme de monoxyde et il ne se formera que des oxydes et des silicates, c'est le cas dans 90% des situations. Mais il y a 10% des étoiles qui produisent plus de carbone que d'oxygène et dans ce cas il ne se formera que des grains de graphite.

HOYLE et ses collaborateurs ont montré qu'il existe une possibilité de formation de grains de graphite dans certaines étoiles particulières: des géantes rouges (froides) variables. Les grains de graphite se formeraient pendant la phase de basse température (entre 1500°K et 1800°K) du cycle de variabilité de l'étoile qui est d'environ cent jours.

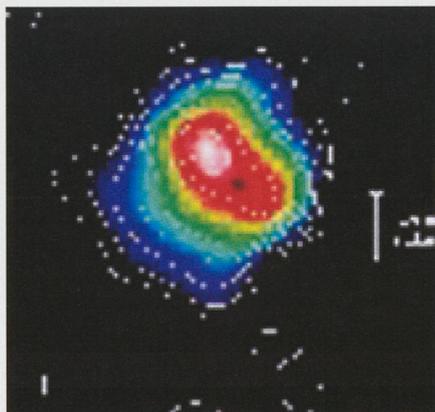
On peut montrer, une fois la condensation enclenchée, que la croissance des grains est une fonction linéaire du temps et qu'il n'existe à priori aucune limite à la grandeur qu'un grain peut atteindre. Mais il ne faut pas oublier que les milieux dont on parle sont extrêmement dilués et comme on le verra au paragraphe suivant les grains restent de très petite taille.

Disons pour terminer que l'existence des grains de poussières interstellaires semble être extrêmement précaire ils sont facilement détruits par évaporation (température trop élevée) et par la collision avec des gaz à haute vitesse (collision avec des ions par exemple)

### Forme et dimension des grains

Si un obstacle de très petite dimension est placé sur le trajet d'une onde électromagnétique, la quantité d'énergie absorbée ou diffusée est fortement dépendante de la longueur d'onde du rayonnement. Des grains de très faible dimension produisent des changements de couleur (rougissement) plus importants que des grains de dimension plus

Figure 1: L'étoile Véga et son disque. Cette étoile est considérée comme le prototype d'étoile entourée d'un disque de poussières.



<sup>1</sup> Tout ceux qui ont essayé de faire pousser des cristaux savent que pour déclencher le processus il faut un «grain» perturbateur du milieu autour duquel le cristal commence à croître.

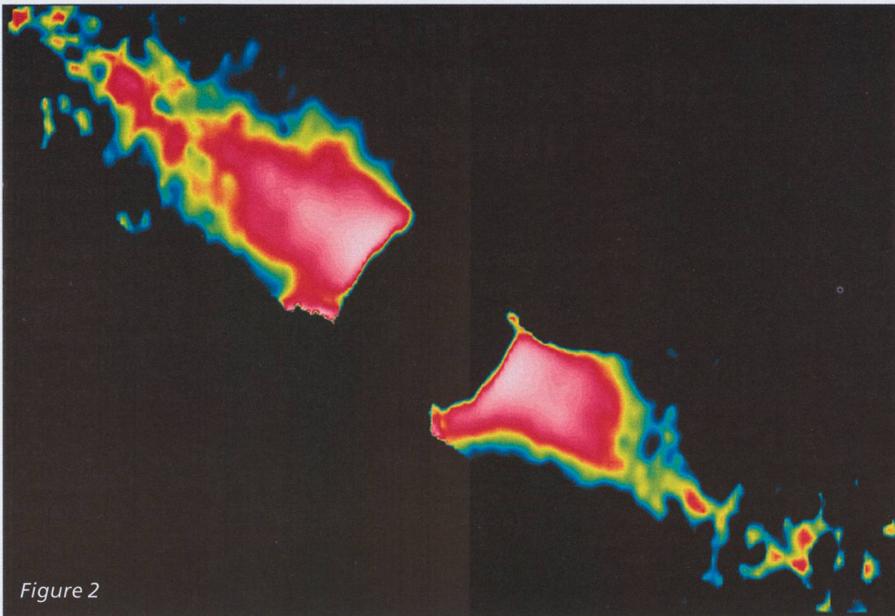


Figure 2

Figures 2, 3 et 4: Différentes images du disque de beta Pictoris

grande. Dans le cas du rayonnement visible, les calculs théoriques correspondent bien avec les faits observés, si on admet que les grains de poussière ont une forme sphérique avec d'un diamètre de 0.1 micromètre. Pour avoir une correspondance avec la courbe d'extinction observée dans l'infrarouge et l'ultraviolet, il faut admettre l'existence de grains dont les diamètres sont respectivement de 1 micromètre et de 0.005 micromètre. Les connaissances que nous avons sur la forme exacte des grains est très limitée. La légère polarisation (1% par magnitude absorbée) de la lumière atteste l'existence de grains de forme non sphérique. Il est en effet difficile, sans cette hypothèse, de comprendre comment certaines directions de vibration de l'onde électromagnétique seraient plus absorbées que d'autres.

### La nature des grains de poussière

La nature des grains de poussières interstellaires est encore une question grande ouverte.

Il y a un obstacle énorme à surmonter pour accéder à cette connaissance. En effet, la spectroscopie, l'outil par excellence dans ce type d'investigation, donne dans le cas des solides de médiocres résultats. Contrairement aux gaz qui produisent des raies bien nettes et bien définies, les solides élargissent énormément le profil des raies. Ce qui fait que l'empiètement réciproque des raies a une tendance à lisser le spectre et à rendre l'identification des différentes raies très difficile voire impossible. On arrive toute fois à identifier six zones

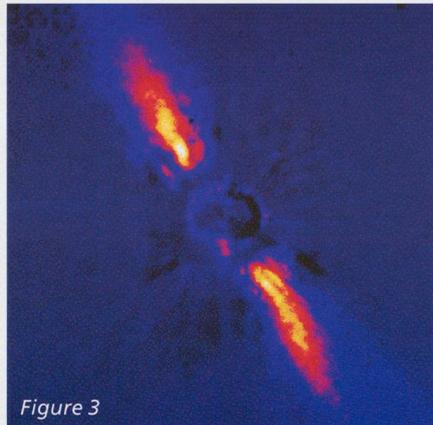


Figure 3

du spectre qui permettent d'affirmer, avec une certaine sécurité, que les grains de poussière interstellaire sont constitués de silicates (les raies d'absorption à 9.7  $\mu\text{m}$  et à 18  $\mu\text{m}$ ) de magnésium ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) et de fer ( $\text{FeSiO}_4$ ), de graphite, de composés organiques et de glaces (les raies à 3 et 3.4  $\mu\text{m}$  pour la glace d'eau amorphe et à 4.7  $\mu\text{m}$  pour la glace de CO [monoxyde de carbone]).

Dans la partie optique du spectre une centaine de bandes d'absorption sont mises en évidence elles constituent ce qu'on appelle les «bandes interstellaires diffuses».

### Les poussières circumstellaires

Contrairement aux poussières interstellaires, les poussières circumstellaires sont localisées et étroitement associées à une étoile déterminée. Ses propriétés physiques et son évolution sont conditionnées par l'étoile. La température des

grains, par exemple, est due à un échauffement radiatif provoqué par le rayonnement de l'étoile. Cette température est généralement plus élevée que celle des grains interstellaires. Ce fait permet de mesurer l'étendue des poussières circumstellaires en déterminant l'endroit où la température des grains atteint la valeur des grains interstellaires, en principe autour de 20°K. La même argumentation peut être appliquée à la densité. Celle des poussières circumstellaires étant, en principe, plus élevée que celle des poussières interstellaires dont la moyenne se situe environ à  $5 \cdot 10^{-7}$  grains par mètre cube. En moyenne, les poussières circumstellaires atteignent les valeurs de densité et de température des poussières interstellaires à la distance de un parsec (3.26 AL) de l'étoile.

La nature des grains (dimension et composition chimique) des poussières circumstellaires est différente de celle

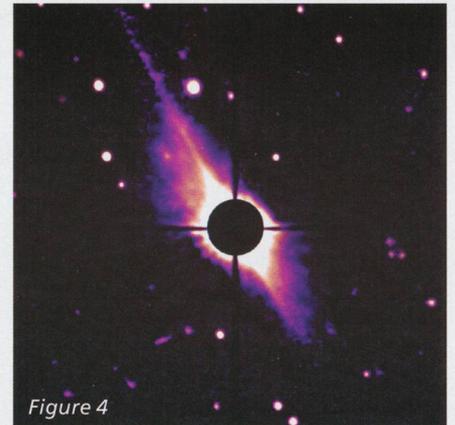


Figure 4

des grains interstellaires. Elle est largement déterminée par les caractéristiques de l'étoile à laquelle ils sont associés. Les poussières interstellaires, par contre, sont un mélange de tous les types de grains éjectés par une multitude de variétés d'étoiles. Ils subissent ensuite des modifications dues à l'exposition au milieu interstellaire.

La présence de poussières circumstellaires autour d'une étoile peut être détectée en l'observant dans l'infrarouge. Pour une étoile dont on connaît le type spectral, le spectre optique permet de préciser sa température qui détermine ensuite totalement l'allure du spectre de l'étoile de l'ultraviolet à l'infrarouge. Si on connaît le flux lumineux dans les longueurs d'ondes visibles, la connaissance de la forme du spectre permet d'effectuer une prévision du flux lumineux auquel il faut s'attendre dans l'infrarouge. La comparaison du flux théorique calculé et

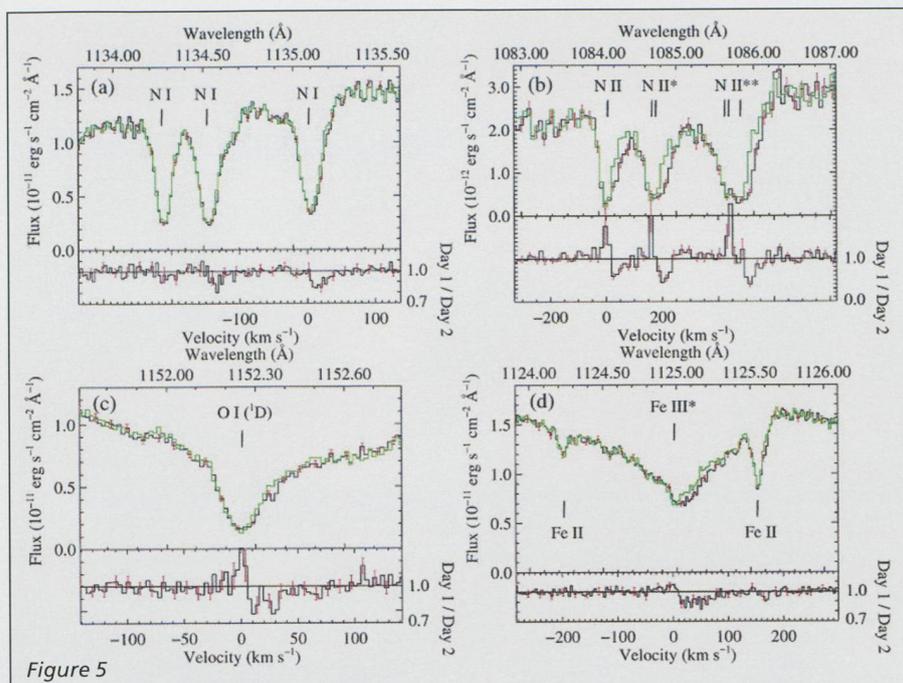


Figure 5

du flux réellement observé permet de conclure à l'éventuelle existence de poussières circumstellaires. S'il y a un excès de flux infrarouge, c'est-à-dire que le flux observé est plus grand que le flux calculé, alors, dans la majorité des cas, on peut conclure à l'existence d'une enveloppe de poussières circumstellaires.

Les étoiles de masse faible à intermédiaire perdent une large partie de leurs matériaux d'origine lorsqu'elle évoluent sur la branche asymptotique des géantes<sup>2</sup>. L'étude de cette phase de l'évolution stellaire donne des renseignements importants sur la transition entre les états de géante rouge et de nébuleuse planétaire et aussi sur la quantité et la composition chimique des matériaux restitués au milieu interstellaire. Pendant cette phase de perte de masse, il se forme une enveloppe de grains de poussières et de molécules autour de l'étoile.

Nous avons déjà cité (première partie) le cas de l'étoile ICR + 10216, comme exemple particulièrement intéressant d'étude d'une enveloppe circumstellaire. Citons encore, pour compléter l'information, que plus de 50 espèces moléculaires ont été détectées dans cette enveloppe. D'autres cas connus sont ceux de  $\mu$  Cep,  $\beta$  Pic et 51 Oph pour ne citer que ces quelques exemples.

Mu Cep est une vieille connaissance puisque W. HERSCHEL la cite en 1783 comme nouvelle étoile dans la «Philosophical Transaction of the Royal Astronomical Society of London», dans la section: «Stars newly come to be visible». Il s'étonne toute fois d'être le premier à avoir observé cette étoile vu qu'il s'agit d'une des plus brillantes du ciel. En cela il avait parfaitement raison, puisque le nom de  $\mu$  Cep attribué à cette étoile est l'oeuvre de JOHANN BAYER au 17<sup>e</sup> siècle. D'après la description que W. HERSCHEL en fait dans le Philosophical Transaction, cette étoile devient célèbre comme «l'étoile à la couleur grenat de Herschel». En 1848, l'astronome RUSSEL HIND découvre sa variabilité. En 1983, une équipe de chercheurs a tenté une modélisation des poussières circumstellaires de cette étoile. Le modèle qui reproduit le plus fidèlement possible le spectre observé est celui de grains de verre basaltique (silicates) non purs de dimension 0.1  $\mu$ m. Ce résultat est obtenu en faisant les hypothèses suivantes: – le rayonnement de l'étoile  $\mu$  Cep est assimilé à celui d'un corps noir de température 3900°K, – la densité de l'enveloppe circumstellaire décroît comme  $1/r^2$ , – le

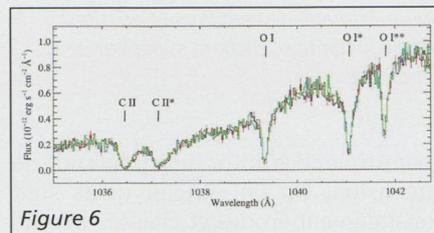


Figure 6

Figures 5 et 6 Spectres de 51 Oph.

La figure 5 montre des lignes d'absorption variables dans le temps. La bande en bas de chaque spectre donne l'écart entre les deux spectres pris à un mois d'écart. Ces raies d'absorption variables pourraient être un indice de matière qui est en train de tomber vers l'étoile.

La figure 6 par contre montre des raies d'absorption qui ne changent pas en fonction du temps. Cette recherche a été effectuée (publication 2002) pour détecter d'éventuels «planétésimaux» tombant vers l'étoile.

rayon intérieur de l'enveloppe correspond à l'endroit où la température prend la valeur de 1000°K et le rayon extérieur est fixé à cent fois le rayon intérieur, – les grains de poussière sont modélisés par des sphères de Mie<sup>3</sup>.

L'histoire de  $\beta$  Pic (dans la constellation de «L'atelier du peintre») commence en 1983 lorsque les mesures prises par le satellite IRAS (Infrared Astronomical Satellite) permet de mettre en évidence l'existence d'un disque de poussières et de gaz autour de l'étoile. Le cas est intéressant puisqu'il existe un certain nombre d'indices qui permettent d'avancer l'hypothèse que l'on se trouve en présence d'un système planétaire en formation, à une époque (relativement précoce) correspondant à la phase du bombardement météoritique. En effet, en 1987, on commence à soupçonner la présence de comètes autour de  $\beta$  Pic. Des travaux tout récents (2004) identifient même deux familles de comètes dans les résonances de 4 à 1 et de 3 à 1. Ce fait, conjointement à la découverte en 1997 du gauchissement du disque circumstellaire et en 1994 d'une perte de luminosité de l'étoile de 3% pendant quelques heures le 10 novembre 1981<sup>4</sup> renforcent l'hypothèse de l'existence de planètes cachées dans le disque.

Le disque circumstellaire de  $\beta$  Pic possède une extension totale d'environ 1100 UA (dix fois la dimension de notre système solaire) et il possède une structure complexe en plusieurs anneaux. Fait étonnant, on constate que les grains de poussière ne se sont pas agglomérés

<sup>2</sup> La branche asymptotique des géantes est le nom que les astrophysiciens donnent au trajet évolutif d'une étoile après qu'elle a quitté la séquence principale du diagramme HR (Hertzsprung-Russel) et qu'elle évolue vers une nébuleuse planétaire.

<sup>3</sup> En 1908, G. MIE résout le problème de l'interaction d'un corps sphérique homogène avec le rayonnement électromagnétique.

<sup>4</sup> C'est en analysant les données photométriques enregistrées par les astronomes de l'Observatoire de Genève qu'il a été possible de déceler cette variation de luminosité.

Figure 7: Image de l'étoile mu Cep. C'est l'étoile brillante sur le bord supérieur de la nébuleuse.

pour former des corps de plus grande dimension. On en conclut qu'ils sont constamment érodés et chassés loin de l'étoile par la pression de radiation du rayonnement stellaire lorsque leur dimension devient plus petite que 2 à 10  $\mu\text{m}$ . Mais, la durée de vie d'un tel disque n'excède pas les dix millions d'années. Or l'âge du système est évalué entre 20 et 200 millions d'années. On suppose donc que le disque est continuellement alimenté en poussières par la collision entre eux de corps de grande dimension (de type Kuiper). En octobre 2004, une équipe japonaise découvre un anneau intérieur de poussières de silicates à une température relativement chaude qui serait la signature de l'existence d'une ceinture de planétésimaux ou d'astéroïdes située à 6 UA de l'étoile. L'absence totale de poussières entre 6.4 UA et 16 UA est probablement due à une planète de type jupitérienne qui orbite à 12 UA de  $\beta$  Pic et qui produit les résonances citées plus haut. Il faut des années de surveillance pour pouvoir corrélérer les variations spectrales transitoires observées avec le passage, dans la ligne de vue, d'objets de dimension kilométrique.

Le disque extérieur apparaît constitué soit de grains de silicates plus larges soit d'un ou d'autres composés qui produisent l'émission spectrale observée.

51 Oph est un cas énigmatique. En effet, les observations effectuées sur cette étoile ne permettent pas, pour le moment, de décider si on se trouve en présence d'une très jeune étoile ou au contraire d'une étoile évoluée. C'est un vrai casse-tête devant lequel se trouvent actuellement les astrophysiciens. Les jeunes étoiles enrobées dans un disque circumstellaire et les étoiles évoluées dans la même situation ne semblent pas discernables avec les moyens d'observation actuels. La présence de poussières autour de 51 Oph



a été établie sans ambiguïté en 1993 lorsqu'une équipe de chercheurs a détecté une émission à 10  $\mu\text{m}$  caractéristique des silicates. La forme de la distribution spectrale suggère que seuls des grains de relativement grande taille sont présents. Ce fait ne colle pas avec ce que l'on sait actuellement de la composition d'un disque proto-planétaire, mais correspond par contre parfaitement avec ce qu'on observe dans les systèmes de type Véga<sup>5</sup>. D'autre part, la magnitude et la température de l'émission infrarouge semblent être plus en correspondance avec les caractéristiques d'un disque entourant une jeune étoile. Si on prend aussi en considération la position de 51 Oph sur la séquence principale, ces deux faits font que certains auteurs considèrent cette étoile comme un objet de Herbig de type Ae/Be<sup>6</sup>. Mais le problème n'est pas pour autant résolu. En effet, le spectre à 4-8  $\mu\text{m}$  révèle la présence de gaz circumstellaire moléculaire chaud que l'on trouve généralement autour d'étoiles évoluées riches en oxygène ou proches de la branche asymptotique des géantes, mais «jamais» dans un disque proto-planétaire. Sa grande vitesse de rotation (environ 270 km/s) fait penser à une étoile de type Be. Mais ce type d'étoile ne possède en principe pas un disque circumstellaire, sauf dans le cas où il existe un compagnon froid évolué qui a perdu de la masse. Fait qui semble

être hautement improbable dans le cas de 51 Oph. On voit que le mystère qui entoure cette étoile reste pour le moment complet.

Citons encore très brièvement un fait intéressant, découvert récemment (publication juin 2004), concernant la découverte de poussières froides dans Cassiopée A<sup>7</sup>. Une analyse spectrale sub-millimétrique indique la présence d'aiguilles métalliques dans les poussières. Cette observation est extrêmement importante parce qu'elle reprend une polémique ouverte il y a des dizaines d'années par FRED HOLYE qui pensait premièrement que la formation d'aiguilles métalliques était une chose possible et deuxièmement que ces mêmes aiguilles métalliques pouvaient produire un rayonnement ayant les caractéristiques du rayonnement fossile. Placé dans le contexte des spéculations cosmologiques actuelles ce fait prend toute son importance.

### L'hypothèse des hydrocarbures polycycliques aromatiques

Au fil du temps, avec l'accumulation des données d'observation, on a constaté une anomalie dans l'émission infrarouge des poussières interstellaires. Si on connaît la composition chimique et la distribution en grandeur des grains interstellaires, il est alors possible de cal-

<sup>5</sup> Véga, dans la constellation de la Lyre, est le prototype des étoiles ayant un disque circumstellaire froid.

<sup>6</sup> Les objets de Herbig – Haro correspondent à une étape précoce de la formation d'une jeune étoile avant qu'elle atteigne la séquence principale.

<sup>7</sup> Cassiopée A est un des plus jeunes restes de supernova (la supernova de 1667 av. J. C.) de notre Galaxie.

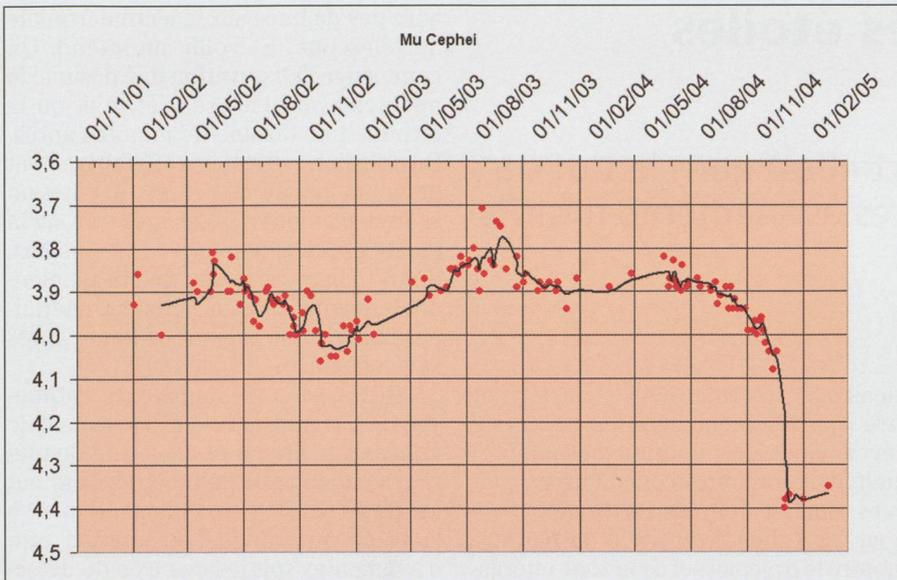


Figure 8: Ce graphique montre la variabilité de mu Cep.

culer leur température et donc l'émission infrarouge. Il est apparu qu'il existait une divergence sérieuse entre les prévisions théoriques et les observations pour des longueurs d'ondes inférieures à 30  $\mu\text{m}$ . Les valeurs observées étant plus grandes de plusieurs ordres de grandeur par rapport aux valeurs calculées. Cette divergence suggère que, contrairement à l'hypothèse admise, les grains ne se trouvent pas à une température d'équilibre. D'autre part, le bon accord entre théorie et observation aux grandes longueurs d'onde semble aussi indiquer que la théorie élaborée ne peut pas être complètement fautive. Une conclusion possible, qui ressort de cette constatation, est d'admettre l'existence d'une composante de grains de poussière qui ne peuvent être décrits comme ayant une température d'équilibre. L'excès d'émission aux longueurs d'ondes plus petites que 30  $\mu\text{m}$  peut être correctement modélisée, si on admet une sous-population de grains ayant des dimensions très petites, inférieures à 10  $\text{\AA}$  et ne contenant pas plus qu'une centaine

d'atomes. On se trouva là à la limite inférieure admissible pour les dimensions d'un «solide», on serait plutôt dans le domaine des macromolécules. Quelle est la nature de ces molécules? L'émission infrarouge indique que ces grains doivent avoir une température nettement plus élevée que celle du champ de rayonnement interstellaire. Une température telle que des grains de cette dimension, de silicates ou de glace, seraient immédiatement vaporisés. Le carbone semble être par contre un candidat raisonnable; un agrégat de quelques dizaines d'atome de carbone pourrait parfaitement jouer ce rôle. On peut aussi imaginer que cet agrégat d'atomes de carbone puisse constituer un réseau contenant des atomes d'hydrogène: on arrive ainsi aux hydrocarbures polycycliques aromatiques. L'émission infrarouge de telles molécules passe par l'absorption d'un photon ultraviolet et une conversion interne en un état de vibration hautement excité suivi d'une désexcitation avec émission d'un rayonnement infrarouge. Les étu-

des de laboratoire de ces molécules polycycliques montrent bien des émissions infrarouges aux longueurs d'ondes requises par les observations astrophysiques. Le problème est qu'elles ne correspondent jamais exactement avec celles observées par les émissions des poussières interstellaires. Ce fait incite beaucoup de chercheurs à penser que l'hypothèse des hydrocarbures polycycliques aromatiques n'est pas la bonne. Il existe encore un autre fait qui corrobore cette position. Les mesures de laboratoire indiquent que la désexcitation se ferait plus volontiers par fluorescence que par émission infrarouge. On devrait donc observer une émission à 2000-2500  $\text{\AA}$ , ce qui est généralement pas le cas sauf dans quelques situations particulières. Il faut toutefois relever que nous ne savons absolument pas si le comportement en laboratoire de ce type de molécules est le même que celui qu'elles ont ou auraient dans l'espace interstellaire. Donc le doute que l'on soit effectivement en présence de telles molécules subsiste.

FABIO BARBLAN

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

## Bibliographie

- 1967 *Interstellar Grains*, N. C. WICKRAMASINGHE, Ed. Chapman and Hall
- 1983 *The circumstellar dust of mu Cephei*, C. ROGERS et al., AJ 272
- 1989 *The structure of the beta Pictoris circumstellar disk from combined IRAS and coronagraphic observations*, P. ARTYMOWICZ et al., AJ 337
- 1993 *The Dusty Universe*, A. EVANS, Ed. Ellis Horwood.
- 2001 *The composition of circumstellar gas and dust in 51 Oph.*, M.E. VAN DEN ANCKER et al., A&A 369
- 2003 *The Physics of Interstellar Dust*, E. KRÜGEL, Institute of Physics Publishing
- 2004 *The detection of cold dust in Cassiopeia A: evidence for the formation of metallic needles in the ejecta*, E. DWEK, AJ 607
- 2004 *Bêta Pictoris, l'étoile qui cache ses planètes*, E. MARTIN, Ciel & Espace

**ASTRO**

**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-, Deklinationskreise, 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 zusenden.

**Attraktiver SAG-Barzahlungs-Rabatt**

**Schweizerische Astronomische Gesellschaft**

# Les occultations des étoiles par les astéroïdes

## Questions et réponses (partielles) dans le but de stimuler l'observation de ces événements fugitifs et tout à fait passionnants

STEFANO SPOSETTI

### De quoi s'agit-il?

**Quand un astéroïde passe devant une étoile on observe une diminution de lumière pendant un intervalle de temps très court.** Le diamètre apparent de l'étoile étant plus petit que celui de l'astéroïde, la perte de luminosité passe de la somme des deux éclats à celui de la petite planète seulement. La durée de l'occultation est de quelques secondes.

Le nombre de petites planètes connues a augmenté drastiquement ces dernières années ainsi que la précision de leurs orbites. Ces découvertes ont permis d'augmenter les prévisions de potentielles occultations. Le site du EAON (European Asteroidal Occultation Network) ainsi que d'autres sites web annoncent maintenant des centaines d'occultations probables par an. Vu les milliers d'étoiles et les milliers d'astéroïdes il serait en principe assez facile de prévoir avec une certaine fiabilité ces phénomènes et par conséquent il devrait être aisé de les observer en grand nombre. Hélas des contraintes dues soit aux luminosités des étoiles occultées (qui doivent être suffisamment élevées afin de permettre la détection de ces dernières avec un télescope) soit aux di-

mensions des astéroïdes (qui doivent être suffisamment grandes pour que l'événement ait une durée acceptable) limitent le nombre d'occultations perçues. Comme pour les cartes préparées pour les éclipses de soleil, la figure 1 montre le trajet au sol de la zone intéressée par un de ces phénomènes. Cette trace est affectée des incertitudes liées aux connaissances de l'étoile (sa position, son mouvement propre) et à celles de l'orbite de l'astéroïde.

### Et le matériel?

**Le matériel dont on doit disposer pour observer les occultations astéroïdales se compose d'un simple télescope, d'une horloge ponctuelle et d'un enregistreur de son.** Il arrive pour des étoiles assez brillantes que de simples jumelles suffisent. La plupart des prévisions concerne des étoiles qui ont une luminosité entre 7mag et 11mag, donc assez «faciles» à voir.

La technique est simple. On place le télescope une heure avant le phénomène dans la direction de l'étoile. On contrôle l'exactitude de l'horloge et on teste l'enregistreur de son. On enregistre des instants de référence sur la bande magnétique. On se préoccupe qu'il n'y

aura pas de buée sur la lentille frontale du télescope. Et voilà: on attend. On commence l'observation une dizaine de minutes avant l'heure prévue et on la termine une dizaine de minutes après. Dès que l'on constate un affaiblissement de la luminosité de l'étoile on émet un signe acoustique qui est enregistré sur la bande magnétique (p.ex.: «disparition!»). On procède de la même manière dès la réapparition de l'étoile. On termine l'observation quelques minutes après l'événement.

Des astronomes amateurs enthousiastes s'organisent et entreprennent de vraies expéditions se déplaçant de plusieurs centaines de kilomètres. Leur but est de se placer perpendiculairement à la trace au sol de l'occultation afin d'augmenter soit les chances de détection soit la résolution de la silhouette de l'astéroïde.

Personnellement je possède un télescope fixe et je suis obligé d'observer ces phénomènes de chez moi. Je ne regarde pas directement dans l'oculaire mais j'utilise la caméra CCD qui est montée en permanence sur mon télescope. Avec ce moyen j'ai eu l'occasion d'observer en quatre ans trois occultations (v. Fig. 2).

### Dans quel but?

**Avant tout de se faire plaisir!** Mais il y a évidemment aussi celui de la détermination de la silhouette et donc des dimensions de l'astéroïde. La figure 2 montre le résultat de l'occultation de (85)Io. C'est grâce à ces phénomènes qu'on peut évaluer le facteur d'albédo des petites planètes. Ils permettent aussi d'améliorer la précision des paramètres orbitaux de ces cailloux. Enfin ces observations apportent des informations intéressantes à propos de l'étoile occultée, en particulier dans le cas d'étoiles doubles voisines.

Et puis il y a l'évènement imprévu, celui qui peut faire la différence comme par exemple la présence d'un satellite de l'astéroïde. Ce phénomène assez rare aurait été observé par quelques personnes; leurs témoignages restent douteux, car les astéroïdes doubles connus sont vraiment peu nombreux. Toutefois si personne n'effectue d'autres observations on ne pourra pas vérifier la véracité de ces témoignages.

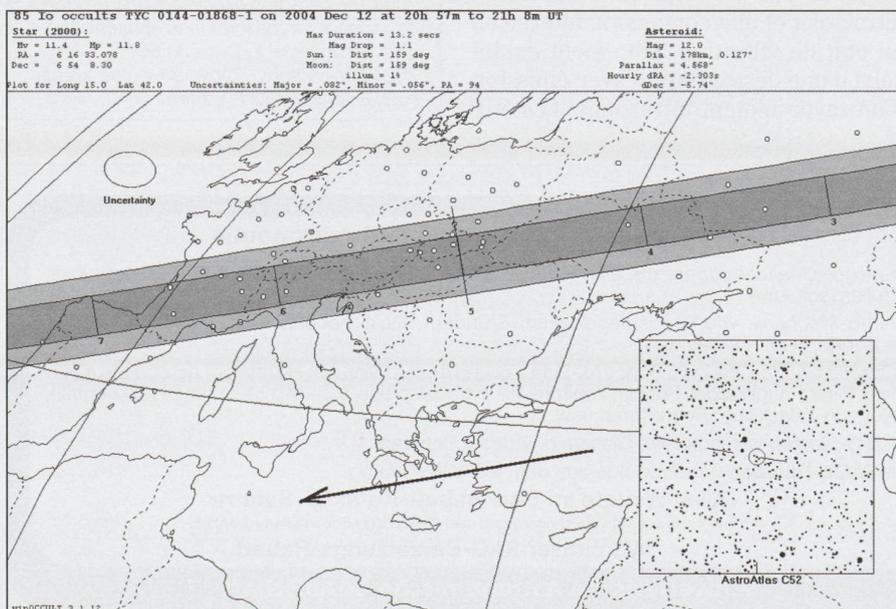


Fig. 1. la trajectoire sur la Terre de la zone concernée par l'occultation de (85)Io prévue pour le 12 décembre 2004. Dans la bande centrale il y a une bonne probabilité que le phénomène soit vu. Dans les deux bandes latérales les chances diminuent. En dehors des deux zones les chances sont quasi nulles.

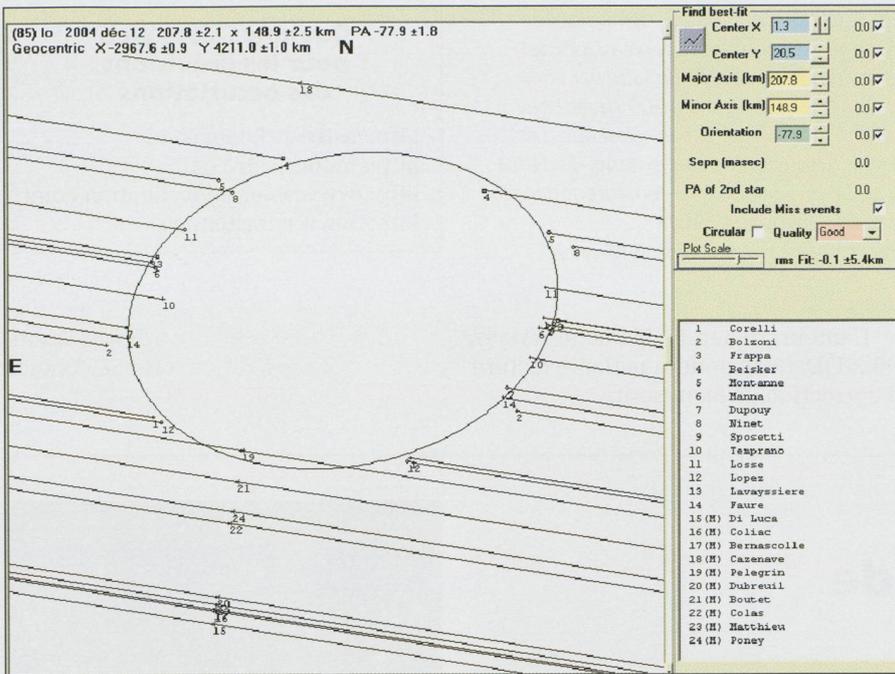


Fig. 2. La silhouette de l'astéroïde (85)Io capturée lors de l'occultation du 12 décembre 2004. Les «cordes» numérotées sont relatives aux observateurs. A partir de la longueur des interruptions des cordes (proportionnelle à la durée des occultations) on peut estimer les dimensions de l'astéroïde qui sont de environ 200x150km.

### C'est facile?

Les moyens mis en place pour l'observation et la manipe sont très faciles et ne présentent pas de difficultés majeures. Il faut quand même souligner qu'il est encore fort probable que l'observateur ait des occultations «négatives» c'est à dire qu'il ne voit pas de disparition de l'étoile.

C'est depuis cinq ans que je m'intéresse aux occultations. Ma première tentative, celle du 7 janvier 2000 (la figure 3 montre la traînée de l'étoile occultée) a été positive. Par la suite j'ai tenté une vingtaine d'occultations dont seulement deux ont été positives (v. Fig. 4). Il est clair que le fait que je ne puisse me déplacer pour me positionner au milieu de la trace prévue diminue mes chances de succès. Le 10% de réussite est assez faible, mais dans un autre 10% des cas je me trouvais juste au bord de la trace. Quelle malchance direz vous! Non, au contraire, car pour ces évènements mes observations ont permis de préciser les dimensions de la petite planète.

### Pour finir?

Une occultation astéroïdale est un phénomène d'une grande beauté. Voir la diminution de luminosité de l'étoile pour quelques instants est impressionnant.

Malgré le nombre assez élevé de télescopes en Suisse très peu de gens les utilisent et à mon avis c'est vraiment dommage. Les gens qui scrutent le ciel avec une certaine régularité éprouvent des sensations à chaque fois renouvelées. Que d'émotions à voir Jupiter et ses satellites, Saturne et ses anneaux, la Lune et sa surface, les délicats détails des nébuleuses et des galaxies.

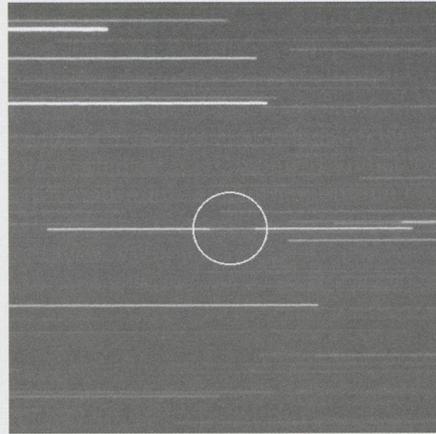
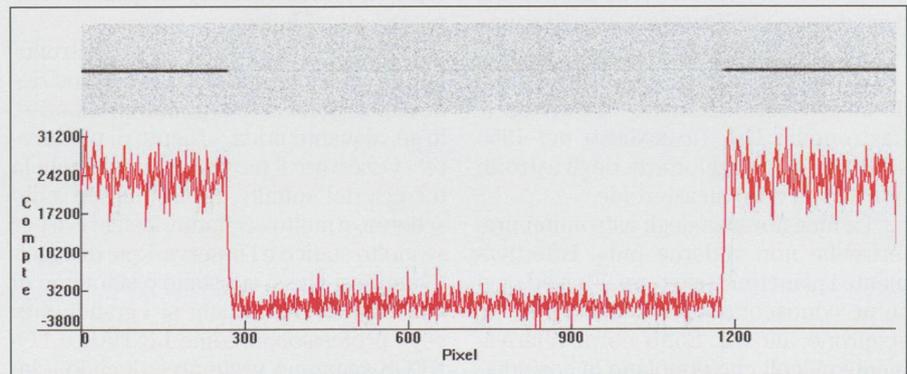


Fig. 3. La chute de lumière de l'étoile GSC 2470:0150 qui vient d'être occultée par (423)Diotima la nuit du 7 janvier 2000. Pendant le phénomène seul la luminosité de Diotima apparaît (ici: 12mag). En réalité la luminosité avant et après l'occultation est donnée par les deux objets (étoile et astéroïde) ensemble (ici environ: 10,5mag). La méthode utilisée pour la réalisation de cette image se base sur le défilement de l'étoile devant le capteur CCD avec l'entraînement du moteur AR coupé. La durée de la chute de lumière a été de 9,7s.

Fig. 4. Une autre méthode qui utilise la caméra CCD est celle de la lecture continue du capteur. Elle consiste à placer l'étoile qui va être occultée au centre de la CCD et à faire un suivi stellaire traditionnel. L'acquisition de l'image se fait avec l'obturateur ouvert en déplaçant les lignes du capteur en continu et sur une période de temps qui peut atteindre plusieurs minutes. L'image résultante montre alors une trace de l'étoile, un peu semblable à ce que l'on obtiendrait si on déplace le télescope durant un long temps de pose. L'image montrée ici concerne l'occultation de l'étoile de 10mag TYC 0799-01487-1 par l'astéroïde de 15mag (1315)Bronislawia faite le 10 mars 2005. La durée a été de 9,1s. En dessous un profil de l'intensité des pixels qui montre l'abaissement du flux lumineux.



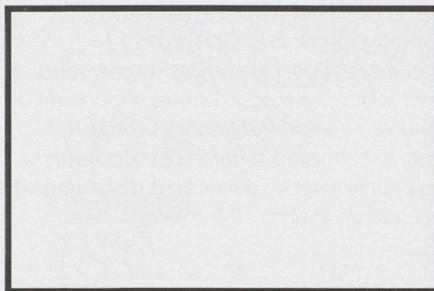


Fig. 5. Cette «non image», symbolise le souvenir localisé dans le cerveau lors de l'occultation de (209)Dido faite par l'ami ANDREA MANNA le 10 mars 2005 avec l'oeil attaché à l'oculaire de son télescope. Les chiffres de la durée et les instants de début et de fin du phénomène demeurent dans le «report» envoyé à l'EAON.  
(Par gentille concession de A. MANNA).

### Quelques sites web pour les prévisions des occultations

<http://astrosurf.com/eaon/>  
<http://mpocc.astro.cz/>  
<http://www.asteroidoccultation.com/>  
<http://www.euraster.net/>

**J'avoue qu'assister à une occultation astéroïdale apporte de fortes émotions!** (v. Fig. 5)

L'auteur remercie Madame YVETTE (45261)DECOEN pour la patiente lecture et correction du manuscrit.

STEFANO SPOSETTI  
CH-6525 Gnosca

## Questa sera puoi scoprire un asteroide

STEFANO SPOSETTI

*«Ci sono dei cattivi scopritori che pensano che non ci sia terra finché non vedono altro che il mare.»*

FRANCIS BACON

Quante camere CCD riposano nei cassetti di tante società astronomiche? Quanti astrofili hanno acquistato una camera CCD e l'hanno subito accantonata perché troppo difficile da usare?

Sulla rivista *Sky & Telescope* di qualche anno fa lessi un articolo di DENNIS DI CICCO dal titolo molto accattivante: «You can discover an asteroid tonight». L'autore mostrava come fosse relativamente semplice puntare un telescopio verso il cielo e scoprire un asteroide. Le camere fotografiche CCD si erano da poco inserite nel mercato dell'astronomia amatoriale e l'uso del mezzo informatico facilitava la misura delle coordinate dei corpi celesti. Fino ad allora il lavoro era svolto con pellicole fotografiche e speciali micrometri permettevano la misura della ascensione retta e della declinazione. La grande rivoluzione digitale ha facilitato enormemente l'acquisizione e il trattamento delle immagini tanto che oggi colui che si vuole dedicare alla ricerca in astronomia, seppure a livello amatoriale, deve dotarsi obbligatoriamente di camera CCD e di computer.

La ricerca di pianetini è un campo di lavoro estremamente accattivante. L'astronomo C.J. CUNNINGHAM nel 1955 scriveva: «La maggioranza degli astrofili non ha mai visto un asteroide.

La maggioranza degli astronomi preferirebbe non vederne più». Effettivamente i pianetini sono tanti. Fino ad oggi se ne conoscono circa 200 000 e se ne scoprono ancora. Sono corpi relativamente piccoli che popolano la cosiddet-

ta fascia degli asteroidi, situata fra l'orbita di Marte e quella di Giove. Gli oggetti che si scoprono in questi anni sono piuttosto piccoli, di qualche chilometro di diametro, ma quello che affascina è la possibilità di assegnare loro un nome. Questa tradizione risale ai tempi di GIUSEPPE PIAZZI, l'astronomo siciliano che trovò il primo pianetino, Ceres, nella notte del 1 gennaio 1801.

Con un telescopio di modesta apertura e una camera CCD è relativamente semplice scoprire un nuovo asteroide. Bisogna puntare il proprio telescopio in direzione antisolare e fotografare una certa zona di cielo in tre istanti successivi, generalmente intervallati di circa 30 minuti. Gli oggetti mobili presenti verranno visualizzati come tre puntini allineati. Una volta misurate le loro coordinate, tramite internet si accede al sito del Minor Planet Center (il centro mondiale che si occupa della raccolta delle misure di posizione degli corpi mobili). Il controllo presso la banca dati del MPC certifica l'effettiva presenza o meno di un oggetto già conosciuto. La gioia della eventuale scoperta di un nuovo asteroide o la constatazione dell'osservazione di un oggetto conosciuto che non veniva misurato da qualche tempo sarà allora fugata.

L'astrometria, la branca dell'astronomia che si occupa della misura di posizione degli oggetti celesti potrebbe apparire, in sé, alquanto arida. «Niente di più errore!» Osservare il movimento, mediante la tecnica del «blink», di un puntino sullo schermo è molto eccitante. Il cielo è di per sé molto statico e l'osservazione di oggetti luminosi che si spostano è sinonimo di malcelata attività. Anche se i grandi «survey» professionali come LINEAR o LO-NEOS spazzano vaste aree di cielo e la-



Fig. 1: L'asteroide 1999KW4 passa alla distanza di 5 milioni di chilometri il 26 maggio 2001.



Fig. 2: L'asteroide (1089)Tama (al centro) lascia la sua traccia assieme all'asteroide (750)Oskar il 3 gennaio 2004.

sciano solo poche briciole agli altri osservatori, può anche capitare di dover compiere osservazioni in quelle zone di difficile accesso, come per esempio quelle vicino al Sole. Il cielo è così grande che non si sa mai cosa può capitare di osservare... e di scoprire.

Termino questo scritto con un appello all'utilizzo di quelle camere CCD che restano inutilizzate nelle scatole dell'imballaggio originale, con un invito a osservare su un monitor il movimento di insignificanti ma affascinanti puntini luminosi; con un augurio per alla scoperta di un nuovo asteroide.

STEFANO SPOSETTI  
CH-6525 Gnosca

# ETH Zürich entwickelt bahnbrechendes, digitales FFT-Radiospektrometer

CHRISTIAN MONSTEIN

In weniger als 3000 Stunden Entwicklungszeit hat das Astronomische Institut der ETH Zürich in enger Zusammenarbeit mit der FHS (Fachhochschule Solothurn), dem ZMA (Zentrum für Mikroelektronik Aarau) und der Firma ACQIRIS in Genf ein modernes FFT-Radiospektrometer entwickelt. FFT steht hier für **Fast Fourier Transformation**. Die Fourier-Transformation selbst bezeichnet eine physikalisch-mathematische Methode, erfunden vom Franzosen JEAN BAPTISTE JOSEPH FOURIER. FOURIER wurde 1768 in Auxerre geboren und starb 1830 in Paris. Seine Methoden kommen heute dank hoch integrierter Elektronik-Bausteinen und moderner Software vermehrt zum Einsatz. Die «Fast»-Version der Fourier-Transformation geht dabei zurück auf die Mathematiker COOLEY und TUKEY (1965). Die FFT erlaubt es, aus einer diskret abgetasteten Zeitserie eines beliebigen Signals mit mathematischen Mitteln ein hoch aufgelöstes Frequenzspektrum zu erzeugen. Das ist genau das, was Astronomen und Umweltphysiker heute mehr denn je benötigen. Es geht dabei darum, aus einem stark verrauschten Hochfrequenzsignal die monochromatischen Anteile, in unserem Fall die Spektrallinien von Atomen, Molekülen oder Ionen,

herauszufischen und zu integrieren. Bei unserem Spektrometer wird das von der Antenne kommende hochfrequente Signal im Empfänger zuerst auf eine tiefe Zwischenfrequenz von z.B. 500MHz heruntergemischt (Heterodynprinzip), verstärkt und dann einem Analog-Digital-Wandler zugeführt. Der Analog-Digital-Wandler ist Bestandteil einer kommerziell erhältlichen Elektronikplatine (Abbildung 2) und verarbeitet 2 Gs/sec (2 Milliarden Wandlungen pro Sekunde), dies bei einer Datenbreite von 8 Bit. Es werden also insgesamt 16 Megabit Daten pro Sekunde erzeugt und auch ausgewertet. Die Auswertung geschieht in einem Hochintegrierten Chip, einem FPGA (Field Programmable Gate Array). In diesem FPGA werden die Daten zuerst in eine komplexe Gleitkommazahl umgewandelt und dann gleichzeitig in zwei «pipelines» eingespeist. Diese «pipelines» wiederum bestehen aus so genannten «Butterfly»-Strukturen, in denen die eigentliche Transformation stattfindet. Wir wollen an dieser Stelle nicht weiter in die Tiefen der Hard- und Software abtauchen, Interessenten finden durchaus passende Antworten unter folgender Adresse:  
[http://www.astro.phys.ethz.ch/instrument/argos/argos\\_nf.html](http://www.astro.phys.ethz.ch/instrument/argos/argos_nf.html)

Am Ende dieser Strukturen werden die vorerst komplexen Spektren quadratisch addiert und bilden so das gewünschte Leistungs-Spektrum. Um die Empfindlichkeit zu steigern, werden diese Leistungsspektren in einem Speicher aufaddiert. Diese Addition oder Integration führt dazu, dass einerseits statistische Störungen (Rauschen) gemäss der Radiometergleichung mit  $\sqrt{N}$  reduziert werden, während die korrelierten Signale der interessierenden Linien sich proportional zu  $N$  erhöhen. Nach einer Integration des Empfangssignales über beispielsweise 10 Minuten vor Sternentstehungsgebiet ORION A erscheint dann die Spektrallinie (Abbildung 4) auf dem Bildschirm. Unser voll digital arbeitendes Spektrometer besitzt einige wesentliche Vorteile gegenüber traditionellen Spektrometern wie AOS (Acousto Optical Spectrometer), CTS (Chirp Transform Spectrometer), Korrelatoren oder Filterbanken. Das FFT-Spektrometer ist zu 100% digital, hat also weder optische Komponenten noch funktionell wichtige mechanische Teile. Es ist unempfindlich gegenüber Vibrationen oder Schock und arbeitet in einem grossen Temperaturbereich von 0°C bis +40°C. Das Gewicht von 7.8 kg ist verhältnismässig gering und das Volumen von 342 x 346 x 106 mm macht es durchaus transportabel. Die Auflösung des ADC (Analog-Digital-Konverter) beträgt 8 Bit, dies erlaubt eine maximale Eingangsdynamik von 48 dB. Dies lässt zumindest in ungestörter Umgebung sogar Basisbandmessungen zu. Die Ausgangsbitbreite beträgt 36 Bit, was geringste Strukturunterschiede in den Spektren erkennen lässt. Da, wie bereits oben erwähnt, keinerlei optischen Komponenten nötig sind sowie keine bewegten mechanischen Teile vorhanden sind, kann von einer sehr hohen Lebensdauer ausgegangen werden. Nicht zu unterschätzen ist auch die Preisgestaltung, ein komplettes FFT-Spektrometer kostet etwa 30 000 Euro (etwa die Hälfte eines vergleichbaren AOS).

Erste Messungen in Zusammenarbeit mit Doktoranden und Studenten der ETH Zürich konnten wir über Ostern 2005 auf dem Gornergrat bei Zermatt

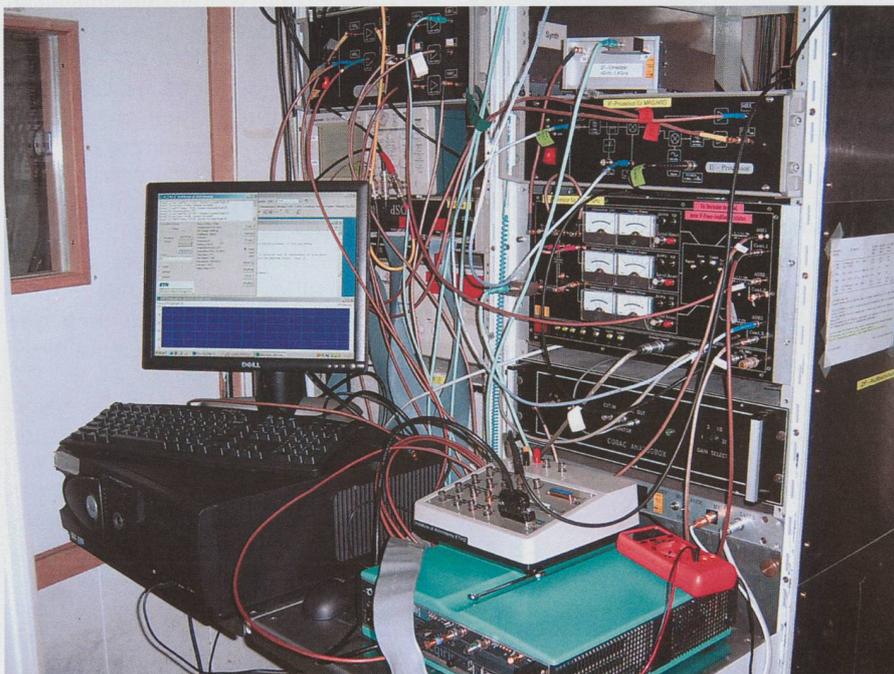


Fig. 1: ARGOS (grüne Kiste rechts unten) im Spektrometerraum des KOSMA auf dem Gornergrat bei Zermatt. Im Hintergrund die Aufbereitung der Zwischenfrequenzen und ein traditionelles AOS. Der PC links vorne steuert das Spektrometer, erledigt die Kommunikation mit dem Teleskop und beherbergt einen FTP-Server für die laufend anfallenden Spektrometer-Daten.

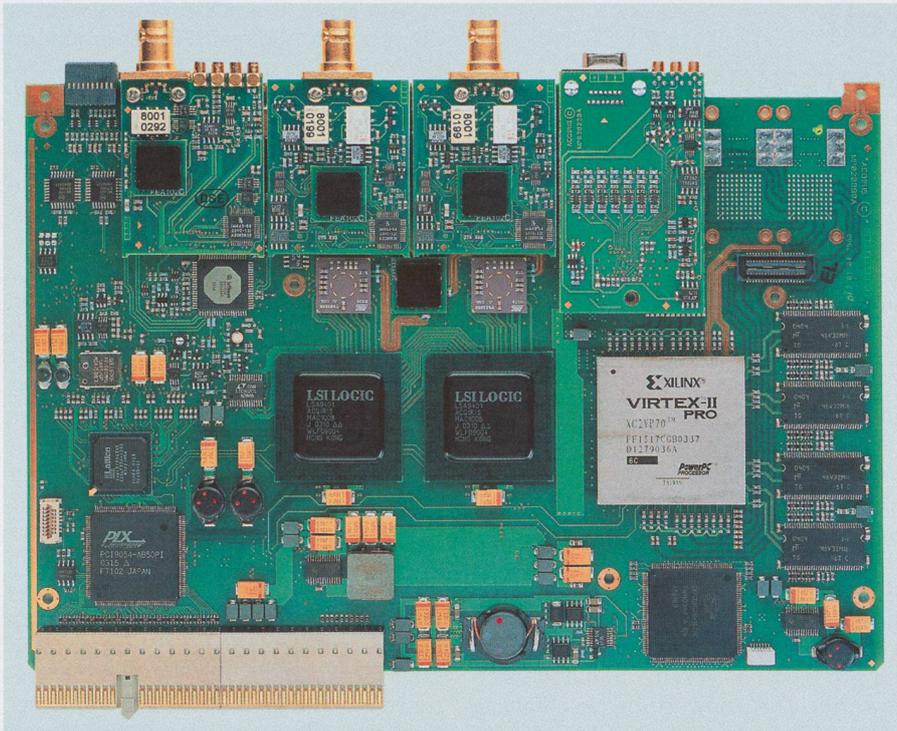
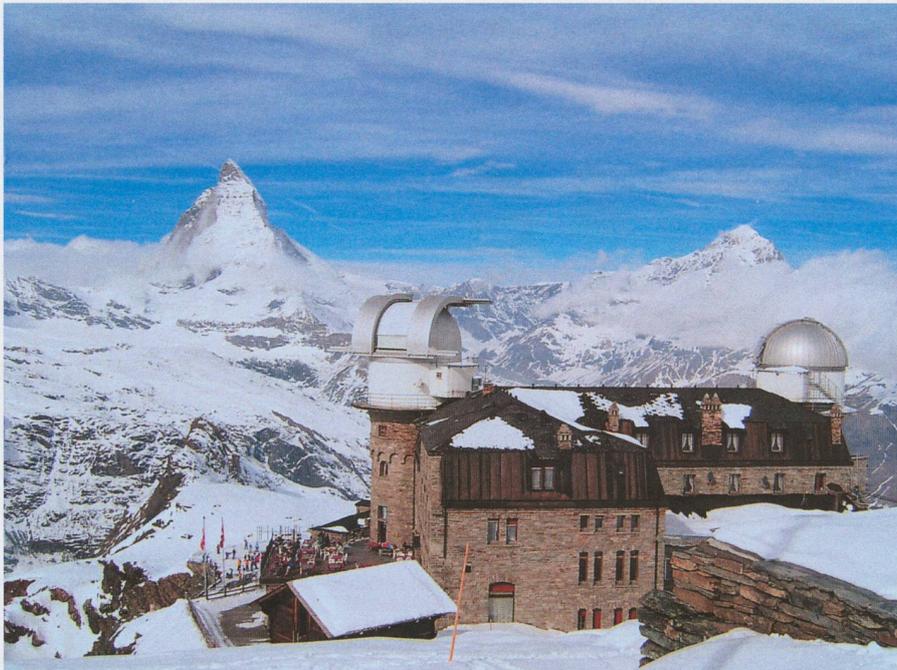


Fig. 2: Hochgeschwindigkeits-Analog-Digital-Wandler AC240 der Firma Acqiris in Genf mit aufgesetztem FPGA der Marke Virtex-II PRO. Oben links BNC-Buchse für externen Trigger, oben in der Mitte BNC-Buchsen für Analogeingänge. Unten links Stecker zum PCI-Interface.

Fig. 3: Observatorium KOSMA (linke Kuppel) auf dem Gornergrat bei Zermatt. Hier wurden die ersten Messungen an verschiedenen Sternentstehungsgebieten und in der Erdatmosphäre durchgeführt. Nur in dieser Höhe ist es möglich mit Millimeter- und Submillimeterwellen astronomisch zu beobachten. Tiefer unten stört die Erdatmosphäre bzw. deren Wasserdampfgehalt die Messungen zu stark. Die weiße Plane vor dem Kuppelspalt schützt die empfindliche Mikrowellenelektronik vor direkter Sonneneinstrahlung. Direkte Wärmestrahlung der Sonne würde die supraleitenden Mischer-Halbleiter sofort zerstören.



matt am Kölner Observatorium für Millimeter-Astronomie (KOSMA) durchführen. Während KOSMA mit ihren traditionellen Spektrometern (AOS) arbei-

tete, haben wir gleichzeitig die Zwischenfrequenz angezapft, uns in die Kontroll-Leitungen der Teleskop-Steuerung eingeklinkt und parallel mitgemess-

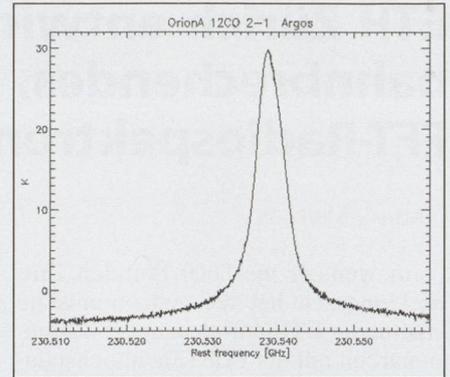


Fig. 4: Kalibriertes Linienprofil von Kohlenmonoxid  $^{12}\text{CO}$  im Quantenübergang 2 nach 1 im Sternbild ORION aufgenommen mit ARGOS. Angezeigt wird die äquivalente Antennentemperatur in Kelvin über der Laborfrequenz in GHz (Gigahertz). Die Linienbreite und die Linienstruktur lassen Rückschlüsse zu auf Gastemperatur, Gasdruck und Geschwindigkeitsverteilung einzelner Gebiete.

sen (Abbildung 3). Der Draht- und Kabelverhau auf über 3000 Meter über Meer ist nicht ganz trivial zu beherrschen, aber wir haben es trotzdem geschafft. Die Resultate waren mit einer Ausnahme alle identisch in ihrer Struktur und sind visuell nicht unterscheidbar. Die einzige Ausnahme, bei der unser Gerät allerdings deutlich besser abgeschnitten hat, war die Messung der atmosphärischen Ozon-Linie in Emission. Während das AOS durch die hohen Signalpegel übersteuerte, konnte das FFT-Spektrometer diese Linie perfekt erfassen und präsentieren. Unsere Messkampagne mit dem neuen Spektrometer auf dem Gornergrat (Abbildung 1) war also ein voller Erfolg. Weitere Messungen an anderen Instrumenten respektive Radio-Teleskopen werden derzeit geplant und in diesem Jahr noch realisiert. Wir sind zuversichtlich, auch an anderen Observatorien gute Resultate zu erzielen. Dies war nur dank der vorzüglichen Zusammenarbeit von ETH, FHS, ZMA und ACQIRIS möglich. Ich möchte mich bei dieser Gelegenheit bei meinem Team und allen Beteiligten herzlich bedanken für ihren unermüdlichen Einsatz, ein gutes Produkt zu gestalten.

Die Entwicklung wurde finanziert durch die Industrie (ACQIRIS) und durch einen KTI - Fonds (6421.2 IWS-IW). Test und Qualifikationen wurden finanziert durch den Schweizerischen Nationalfond (SNF, 2-77527-04).

CHRISTIAN MONSTEIN

ETH Zürich - Institut für Astronomie  
Scheuchzerstrasse 7, CH-8092 Zürich

# Un gros trou noir au centre de notre galaxie

GASTON FISCHER

Dans un précédent article (Fischer, 1996) l'auteur a rapporté l'observation de la présence d'un très gros trou noir au centre de la galaxie M87 (Collins, 1994) ainsi que la suggestion que de tels trous noirs étaient probablement fréquents au centre de nombreuses galaxies, y compris la nôtre. Grâce à la mise en œuvre des techniques de l'optique adaptative (que l'auteur a décrites dans ORION en 1994) par l'ESO (European Southern Observatory au Mont Paranal dans les Andes chiliennes) sur ses télescopes VLT de 8 m de diamètre, il a été possible de révéler la présence d'un trou noir d'environ 3.6 millions de masses solaires au centre de notre galaxie. Bien que ce trou soit quelques cinq cent fois moins massif que celui rapporté par Collins au centre de M87, on a pu confirmer sa présence par le parcourt d'une étoile en orbite autour de ce trou.

On savait que le centre de la Voie Lactée est situé dans la direction de la constellation du Sagittaire. Dans cette constellation on observe une source compacte d'émissions radio à laquelle on a donné le nom de SgrA\* (où S signifie Sagittaire). Cette source se trouve au centre de l'image, obtenue dans la bande infrarouge de  $3.7 \mu\text{m}$  représentée à la Fig. 1 (Rouan, 2004). Cette vue a une largeur de 3.2 al (années-lumière). Une série de clichés de cette région, obtenus

entre 1992 et 2003 ont révélé la présence d'une étoile qui gravite autour de SgrA\* avec une période de 15.56 ans (Eisenhauer et al., 2003). Cette étoile, qui a reçu le nom de S2, est visible sur le cliché de la Fig. 2, tout comme la source radio SgrA\*, et la Fig. 3 représente les positions successives de S2 par rapport à SgrA\*. Cette dernière figure donne aussi la meilleure ellipse képlérienne satisfaisant aux positions observées pour S2, telles qu'indiquées avec leurs

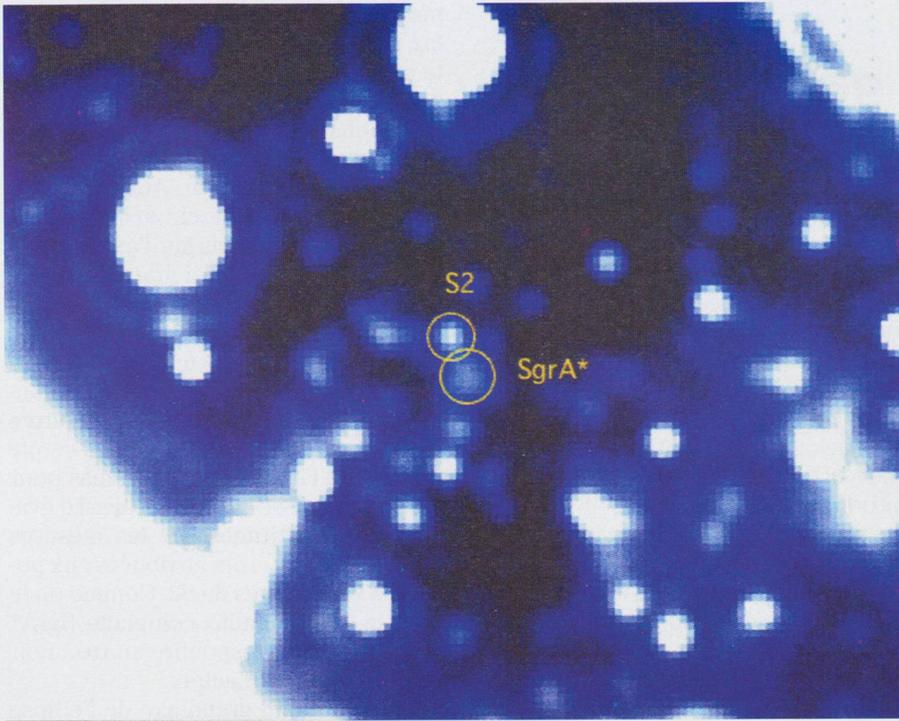
marges d'erreur. L'ellipse, représentée à la Fig. 3, se manifeste par une importante excentricité de 0.881. Il vaut la peine de noter que cette figure est vue sous un angle inhabituel, de sorte que ses axes ne correspondent pas aux axes de la projection représentée. Ainsi le foyer, indiqué par le petit cercle au bas de la figure, ne se trouve pas sur l'axe vertical de l'orbite dessinée. La grandeur de ce petit cercle exprime la marge d'erreur de seulement quelques mas (millièmes d'arc-secondes), alors que le cercle nettement plus grand au même endroit donne la position estimée de la source SgrA\*. La grandeur de ce second cercle représente l'incertitude de 10 mas pour cette position, ce qui permet aussi d'évaluer les incertitudes sur les mesures données par les croix attribuées aux positions successives de S2. Comme on le voit, la source radio compacte SgrA\* semble bien correspondre au trou noir central de la Voie Lactée.

Pour le demi grand-axe de l'ellipse parcourue par S2 autour de SgrA\* Eisenhauer et al. (2003) donnent la valeur de  $0,1203''$  (arc-secondes). Avec la nouvelle valeur plus précise de la distance du système solaire au centre de la Voie Lactée, obtenue elle aussi par Eisenhauer et al., soit  $7.94 \pm 0.42$  kiloparsecs ou  $(25.9 \pm 1.4) \cdot 10^3$  al, ce demi grand-axe correspond à 132.3 hl (heures-lumière). Avec l'excentricité de 0.881 cela signifie que pour l'approche minimale on trouve le fait remarquable que cette distance n'est que de 15.75 hl, soit seulement trois fois le rayon de l'orbite solaire de Pluton! Quant au trou noir central, son rayon de Schwarzschild se calcule comme indiqué par l'auteur (1996) et ne vaut que 35.4 sl (secondes-lumière). C'est tout de même quinze fois plus que le rayon du Soleil (2.322 sl). Mais la densi-



Fig. 1. Photographie infrarouge à  $3.7 \mu\text{m}$  en direction du centre de la Voie Lactée. La largeur du champ de vision est d'environ 3.2 années lumière à cet endroit. Dans cette région la densité des étoiles est si grande que ce cliché ne montre qu'un pour-cent des plus brillantes d'entre elles. Une zone de même grandeur au voisinage de notre Soleil ne ferait guère apparaître qu'une seule étoile.

Abb. 1. Infrarotes Bild bei einer Wellenlänge von  $3.7 \mu\text{m}$  in Richtung des Milchstrassen-Zentrums. Die Breite der Aufnahme beträgt an dieser Stelle etwa 3.2 Lichtjahre. Dort ist die Sternendichte so gross, dass die Aufnahme nur etwa ein Hundertstel der hellsten Sterne wiedergibt. Eine ähnliche Aufnahme in der Umgebung der Sonne, würde nur etwa einen einzigen Stern zeigen. (Cliché tiré de Rouan, 2004)



té moyenne de ce trou noir n'est que de  $1.426 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^3$ , densité qu'on peut comparer à celle d'une étoile à neutrons ( $\approx 1.4 \cdot 10^{18} \text{ kg/m}^3$ ) ou à la densité moyen-

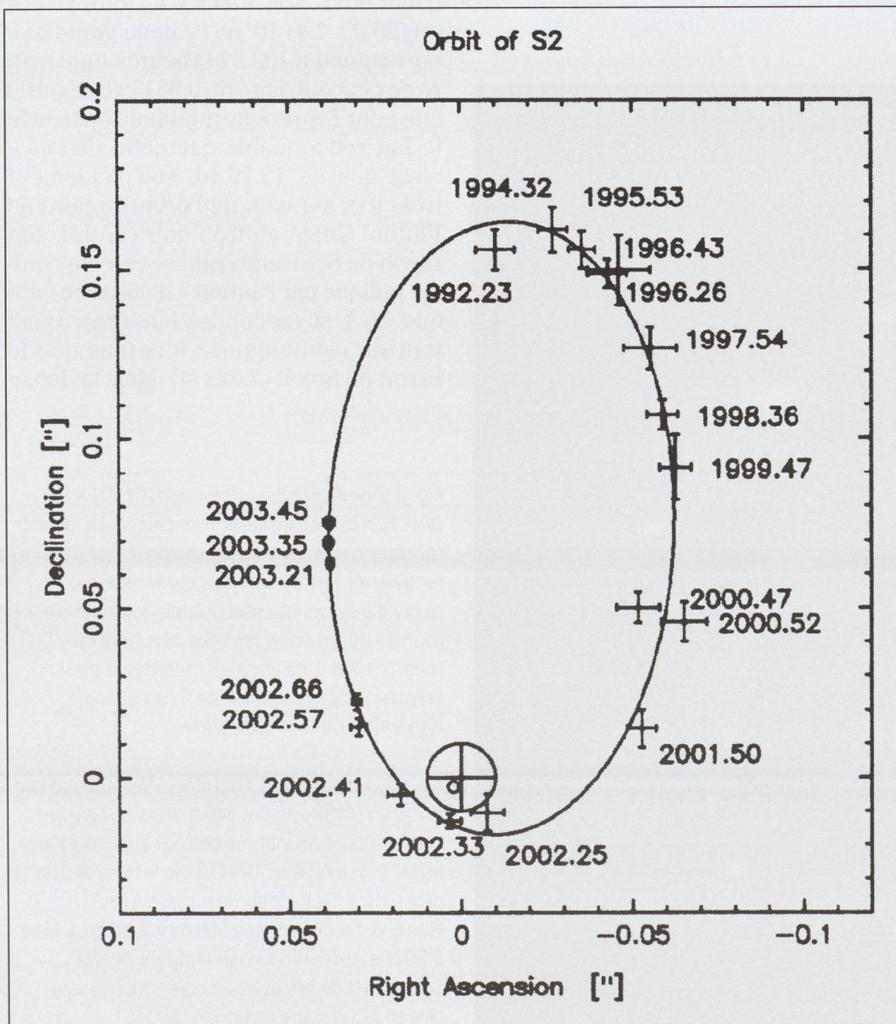
ne du Soleil ( $1.408 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ). Comme on peut le montrer (voir Fischer, 1996) la densité moyenne des trous noirs diminue comme le carré de leur masse.

Fig. 2. Agrandissement de la partie centrale de la Fig. 1, correspondant à une largeur d'environ une demi année-lumière. A cause du trou noir de près de 4 millions de masses solaires à l'emplacement de la source radio compacte SgrA\*, l'étoile S2 orbite cette source en 15.56 ans. On peut comparer cette période avec celle du Soleil autour du centre de la Voie Lactée en 240 millions d'années environ.

Abb. 2. Vergrößerung der zentralen Zone von Abb. 1, mit einer entsprechenden Breite von etwa einem halben Lichtjahr. Die kompakte Radioquelle SgrA\* erweist sich als schwarzes Loch im Zentrum der Milchstrasse. Um dieses Loch kreist der Stern S2 mit einer Periode von 15.56 Jahren auf einer elliptischen Bahn. Diese kurze Periode kann mit den 240 Millionen Jahren, die unsere Sonne braucht, um in der Milchstrasse einmal herum zu kommen, verglichen werden. (Cliché tiré de Rouan, 2004)

Fig. 3. Orbite de S2 autour de la source radio compacte SgrA\*. Les années sont les dates d'observation et les croix représentent les marges d'erreur d'une déviation standard. La courbe est la meilleure approximation d'une orbite képlérienne pour S2. Le foyer de l'ellipse est le petit cercle au bas de l'orbite et la position de la source radio compacte est le cercle plus grand à cet endroit, dont le rayon représente la marge d'erreur de 10 millièmes d'arc-secondes. Ce chiffre permet de calibrer les marges d'erreur sur les positions de S2. Il vaut la peine de noter que cette orbite n'est pas vue selon la perpendiculaire au plan de l'ellipse. Cet angle inhabituel fait que le foyer n'est pas sur le grand-axe de l'ellipse du dessin. Avec une période orbitale de 15.56 ans et une excentricité de 0.881 on calcule qu'à son périhélie S2 n'est qu'à 15.75 heures-lumière de SrgA\*.

Abb. 3. Umlaufbahn des S2 Sternes um die kompakte Radioquelle SgrA\*. Die aufgeführten Jahre verweisen auf die beobachteten Lagen von S2 mit den entsprechenden S<standardfehlern. Die Kurve ist die beste Annäherung an eine Kepler-Bahn, die aus den Messdaten abgeleitet werden kann. Einer der Brennpunkte der Ellipse ist der kleine Kreis am unteren Rande, und die Lage der Radioquelle SgrA\* ist der grössere Kreis fast am gleichen Ort. Der Radius des zweiten Kreises entspricht einer Unsicherheit von 10 Tausendstel einer Bogensekunde, was es erlaubt, die Fehler der einzelnen Messungen abzuschätzen. Es ist erwähnenswert, dass die Abbildung der Ellipse diese unter einem ungewöhnlichen Winkel zeigt, recht verschieden vom üblichen senkrechten Anblick in Bezug auf die Ebene, wo die Ellipse sich abspielt. Dieser spezielle Winkel hat zur Folge, dass der Brennpunkt nicht auf der Hauptachse der abgebildeten Ellipse liegt. Mit einer Bahnperiode von 15.56 Jahren und einer Exzentrizität von 0.881 kann leicht gezeigt werden, dass am Perigäum der Stern S2 nur noch 15.75 Lichtstunden von der Radioquelle SgrA\* entfernt ist. (Diagramme tiré de Eisenhauer et al., 2003)



Pour ceux que les mathématiques intéressent un peu, nous allons dériver la relation entre densité moyenne  $\rho_m$  et masse d'un trou noir, car cette relation a une structure assez étonnante. Nous commençons par rappeler la formule qui donne le rayon de Schwarzschild  $r_s$  d'un trou noir qui n'est pas soumis à une rotation rapide (voir, p. ex. Fischer, 1996):

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}, \quad (1)$$

où  $G$  est la constante de la gravitation,  $M$  la masse du trou noir et  $c$  la vitesse de la lumière. D'autre part, la densité moyenne d'un trou noir en termes de sa masse et de son rayon est simplement celle qui vaut pour une sphère homogène en général, soit:

$$\rho_m = \frac{3M}{4\pi r_s^3}. \quad (2)$$

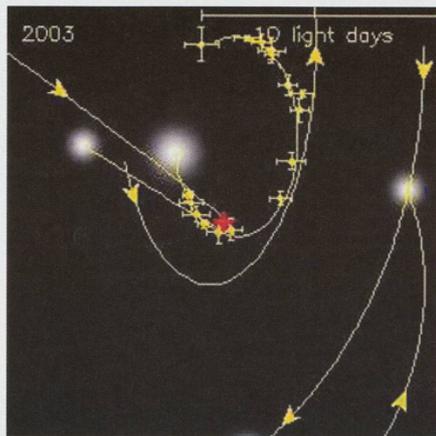
Lorsqu'on remplace  $r_s$  dans l'Eq. (2) par sa valeur donnée en (1), on obtient une relation des plus intéressantes par sa structure:

$$\rho_m = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2}. \quad (3)$$

On ne peut manquer d'être frappé, pas seulement par la dépendance au carré de l'inverse de la masse  $M$ , mais encore par l'apparition au dénominateur du cube de la constante de la gravitation  $G$  et la puissance six de la vitesse de la lumière  $c$  au numérateur.

Il est alors instructif de calculer la grandeur du rayon du trou noir au centre de la galaxie M87 ainsi que sa densité moyenne. Admettant pour M87 une masse de 2 milliards de masses solaires

Fig. 4. Après l'enregistrement de la trajectoire de l'étoile S2, reproduite à la Fig. 3, plusieurs autres étoiles sur une grande variété d'orbites autour de la source radio compacte SgrA\* ont été observées, comme le montre le diagramme de cette figure, aimablement mise à notre disposition par le Dr ROLAND WALTER de l'Observatoire de Genève. (ce cliché est tiré d'une animation qui peut être trouvée sous <http://www.mpe.mpg.de/lir/GC/index.php>, réalisée par les Drs THOMAS OTT du «Max Planck Institut für Extraterrestrische Physik», Garching et RAINER SCHÖDEL de l'Université de Cologne)



on trouve pour le rayon de son trou noir la valeur de  $5.9 \cdot 10^{12}$  m, ce qui correspond à environ 5.5 heures-lumière et pour sa densité la valeur de seulement  $4.6 \text{ kg/m}^3$ , soit moins d'un millièème de la densité moyenne de la Terre! Nous avons là une superbe démonstration que la densité moyenne des grands trous noirs décroît rapidement lorsque leur

Abb. 4. Nach Registrierung der Bahn des Sternes S2 nach Abb. 3, wurden weitere Sterne auf recht verschiedenen Bahnen um die kompakte Radioquelle SgrA\* gefunden, wie im obigen Diagramm dargestellt, das wir Dr ROLAND WALTER vom Observatoire de Genève verdanken. (Diagramm aus einer Simulation, die unter <http://www.mpe.mpg.de/lir/GC/index.php> gefunden werden kann, realisiert von Dr THOMAS OTT vom «Max Planck Institut für Extraterrestrische Physik», Garching und Rainer Schödel von der Universität Köln)

masse totale augmente. En effet, nous avons vu que le rapport de masse des deux trous noirs considérés est d'environ 500 et nous trouvons que le rapport de leurs densités moyennes est bien le carré de ce chiffre.

GASTON FISCHER  
Rue de Rugin 1A, CH-2034 Peseux

### Bibliographie

- COLLINS, G. P. (1994): *Repaired Hubble sees strong evidence of a supermassive black hole in M87*, Physics Today, August, Vol. 47, pp. 17-20.
- EISENHAEUER, F. (2003): *A geometric determination of the distance to the galactic center*, The Astronomical Journal, November 10, Vol. 597: L121-L124.
- FISCHER, G. (1996): *Somme-nous dans un trou noir / Sind wir in einem schwarzen Loch*, ORION N° 275, août, pp. 185-187.
- FISCHER, G. (1994): *Une retombée pacifique de la guerre des étoiles / Eine friedliche Nebenerscheinung des Kriegs der Sterne*, ORION N° 262, juin, pp. 131-134.
- ROUAN, DANIEL (2004): *A massive black hole at the very centre of our galaxy*, Europhysics News, September/October, pp. 141-144.

## Ein grosses schwarzes Loch im Zentrum unserer Galaxie

GASTON FISCHER

In einem früheren Artikel (Fischer, 1996) hat der Autor die Beobachtung eines massiven schwarzen Lochs im Zentrum der M87 Galaxie erwähnt (Collins, 1994) und auch den Verdacht geäussert, dass sich ähnliche massive Löcher im Zentrum vieler Galaxien befinden, insbesondere in der Milchstrasse. Mit der Realisierung der Methode der adaptiven Optik (vom Autor im Jahr 1994 in ORION beschrieben) durch die ESO (European Southern Observatory, ein Konsortium europäischer Staaten, dem auch die Schweiz angehört) an einem der grossen 8 m VLT (für Very Large Telescope) Fernrohre, ist es möglich geworden zu beweisen, dass sich im Zentrum unserer Galaxie ein schwarzes Loch befindet, dessen Masse etwa 3.6 Millionen Sonnenmassen beträgt. Wenn auch dieses Loch etwa 500 mal weniger massiv ist als dasjenige der M87 Galaxie, konnte der Beweis seiner Existenz durch Verfolgung der Bahn eines Sternes im Umlauf dieses Lochs erbracht werden.

Es ist allgemein bekannt, dass das Zentrum der Milchstrasse sich in der Konstellation des Schützen befindet. In dieser Konstellation beobachtet man

eine kompakte Radioquelle, der man den Namen SgrA\* gegeben hat (wo S für Schütze oder Sagittarius steht). Diese Radioquelle befindet sich im Zentrum

der Abb. 1, die im Infrarotbereich bei  $3.7 \mu\text{m}$  aufgenommen wurde (Rouan, 2004). Im Zentrum der Milchstrasse erstreckt sich diese Aufnahme über 3.2 Lj (Lichtjahre). Eine Reihe solcher Bilder, aufgenommen zwischen den Jahren 1992 und 2003, haben gezeigt, dass ein Stern sich auf einer elliptischen Bahn um SgrA\* befindet, mit einer Periode von nur 15.56 Jahren (Eisenhauer et al., 2003). Dieser Stern, dem man den Namen S2 gegeben hat, ist zusammen mit SgrA\* auf Abb. 2 zu sehen. Auf Abb. 3 ist die Reihenfolge der Lagen von S2 gezeichnet, mit den geschätzten Unsicherheiten, sowie die Bahn, die einer bestmöglichen Anpassung zu einer Kepler-Ellipse entsprechen. Die Ellipse von Abb. 3 hat eine grosse Exzentrizität von 0.881. Es ist erwähnenswert, dass man diese Ellipse unter einem recht ungewöhnlichen Winkel betrachtet, sodass deren wahre Brennpunkte nicht auf die Achsen der gezeichneten Ellipse fallen.

Der eine Brennpunkt ist der kleine Kreis am unteren Ende der Bahn. Seine Grösse entspricht der abgeschätzten Unsicherheit seiner berechneten Lage, d.h. nur einige TB (Tausendstel einer Bogensekunde). Der grössere Kreis am fast gleichen Ort gibt die Lage der Radioquelle SgrA\* wieder. Der Radius dieses grösseren Kreises entspricht der Unsicherheit von 10 TB für diese Lage und erlaubt es auch, die Unsicherheiten der verschiedenen Beobachtungen abzuschätzen. Was auffällt ist, dass SgrA\* tatsächlich mit dem Brennpunkt der S2-Bahn zusammenfällt und damit einen klaren Beweis dafür erbringt, dass das Zentrum der Milchstrasse ein massives Schwarzes Loch beherbergt.

Für die halbe Hauptachse der elliptischen S2-Bahn um den Brennpunkt bei SgrA\* finden Eisenhauer et al. (2003) einen Wert von 0.123" (Bogensekunden). Mit dem genaueren Wert für den Abstand der Sonne zum Milchstrassenzentrum von  $0.794 \pm 0.42$  kiloparsec, also  $(25.9 \pm 1.4) \cdot 10^3$  Lj, der auch von Eisenhauer et al. ermittelt wurde, ergibt sich diese halbe Hauptachse zu 132.3 Ls (Lichtstunden). Mit einer Exzentrizität von 0.881 führt dies zu einem minimalen Abstand beim Perigäum von nur 15.75 Ls zwischen S2 und SgrA\*. Das ist nur etwa dreimal soviel wie der mittlere Radius der Bahn Plutos im Sonnensystem! Was das zentrale schwarze Loch angeht, so beträgt sein

Schwarzschild-Radius, den wir z.B. nach den Vorgaben des Autors (1996) berechnen, nur 35.4 Ls (Lichtsekunden). Das ist immerhin etwa 15 mal soviel wie der Sonnenradius (2.322 Ls). Die mittlere Dichte dieses schwarzen Loches ergibt sich aber nur zu  $1.426 \cdot 10^6$  kg/m<sup>3</sup>, einen Wert, den wir mit der mittleren Dichte eines Neutronensternes vergleichen können ( $\approx 1.4 \cdot 10^{18}$  kg/m<sup>3</sup>) oder mit derjenigen der Sonne ( $1.408 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>). Wie wir gezeigt haben (Fischer, 1996), fällt die mittlere Dichte grosser schwarzen Löcher wie das Quadrat ihrer gesamten Masse.

Für Leser mit einem Interesse an der Mathematik leiten wir die Beziehung zwischen mittlerer Dichte  $\rho_m$  und Gesamtmasse  $M$  eines schwarzen Loches ab, denn diese weist eine besonders interessante Struktur auf. Wir wiederholen zuerst die Beziehung, die den Schwarzschildradius eines nicht-rotierenden schwarzen Loches gibt (siehe z.B. Fischer, 1996):

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}, \quad (1)$$

wo  $G$  die Gravitationskonstante,  $M$  die Masse des Loches und  $c$  die Lichtgeschwindigkeit bedeuten. Die Beziehung zwischen mittlerer Dichte eines schwarzen Loches und seinem Radius  $r_s$  ist natürlich die gleiche wie für eine homogene Kugel:

$$\rho_m = \frac{3M}{4\pi r_s^3}. \quad (2)$$

Ersetzt man das  $r_s$  in Gl. (2) mit dem aus Gl. (1) abgeleiteten Wert, so erhält man die recht erstaunliche Beziehung:

$$\rho_m = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2}. \quad (3)$$

Besonders interessant ist nicht nur die inverse quadratische Abhängigkeit von der gesamten Masse  $M$ , sondern auch die kubische Abhängigkeit von der Gravitationskonstante  $G$  im Nenner und die sechsfache Potenz der Lichtgeschwindigkeit  $c$  im Zähler

Es lohnt sich jetzt den Schwarzschild-Radius des Lochs im Zentrum der M87 Galaxie zu berechnen, sowie dessen mittlere Dichte. Mit einer Gesamtmasse von 2 Milliarden Sonnenmassen erhält man einen Radius von  $5.9 \cdot 10^{12}$  m, oder ungefähr 5.5 Ls, und für die mittlere Dichte kommt ein Wert von nur 4.6 kg/m<sup>3</sup> heraus, also weniger als ein Tausendstel der mittleren Dichte der Erde! Dies ist ein klares Beispiel, dass die mittlere Dichte von schwarzen Löchern sehr schnell abnimmt, wenn ihre Gesamtmasse zunimmt. Bei den zwei hier betrachteten Löchern erhält man ein Massenverhältnis von nahezu 1 zu 500, und ihre mittleren Dichten stehen somit fast im Quadrat dieser Zahl.

GASTON FISCHER

Rue de Rugin 1a, CH-2034 Peseux

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

www.Calsky.com

## 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: 071 966 23 78

CHRISTOF SAUTER, Weinbergstrasse 8  
CH-9543 St. Margarethen

## KLEIN-INSERTAT / PETITE ANNONCE

• Zu verkaufen günstig  
**Newton 250/1500 1:6**; Lichtenknecker, Okular + Filtersatz; Refraktor für manuelle Nachführ-Korrektur. Nachführsteuerung und Koordinatenautomat. Montierung AOK Swiss inkl. Winkelencoder. Eingehende Unterlagen bei 031 921 76 56 (tagsüber).

# Le transit de Vénus et la quête de la parallaxe solaire

## Quatrième partie - Travail de maturité

DORAN DELUZ

### Plus loin

«C'est ainsi que l'excellence de Dieu se trouve magnifiée et se manifeste la grandeur de son empire. Il ne se glorifie pas dans un seul, mais dans d'innombrables Soleils, non pas en une seule Terre et un monde, mais en mille de mille, que dis-je? une infinité [de mondes].»

GIORDANO BRUNO (1548-1600)

### Des exoplanètes et de leur quête

La question de l'existence d'autres systèmes solaires, et par conséquent d'autres mondes habitables, n'est absolument pas nouvelle. Au contraire, elle date de bien avant notre ère, les premières traces remontant aux fondements du mouvement atomiste grec dont LEUCIPPUS était probablement le fondateur. Ce dernier affirma en effet que

«The worlds come into being as follows: many bodies of all sorts and shapes move from the infinite into a great void; they come together there and produce a single whirl, in which, colliding with one another and revolving in all manner of ways, they begin to separate like to like.»

Il fut ensuite suivi par EPICURE, dont nous avons déjà parlé, qui affirma non seulement que l'Univers est infini et contient par conséquent une infinité de mondes, mais qu'en plus

«On doit admettre que dans tous les mondes, sans exception, il y a des animaux, des plantes et tous les autres êtres que nous observons, car personne ne saurait démontrer que tel monde est susceptible également de renfermer et de ne pas renfermer les germes des animaux, des plantes et des autres êtres que nous observons; et, d'autre part, que tel autre monde est absolument incapable de renfermer de pareils germes.»

Malheureusement, ces visions étaient trop en avance sur leur temps et, comme nous l'avons vu, la philosophie

plus répandue d'ARISTOTE affirmait le strict contraire, considérant la Terre comme unique et au centre de l'Univers.

Puis les siècles passèrent et l'Eglise, son heure venue, étouffa toute théorie s'opposant au géocentrisme. C'est NICOLAS COPERNIC qui redonna vie à l'astronomie, en prouvant que ce n'était pas la Terre mais bien le Soleil qui était au centre de notre système planétaire. Mais il ne fallait pas voir là une capitulation totale de l'Eglise. Parmi les plus célèbres de cette époque, c'est certainement GIORDANO BRUNO, cité en introduction à ce chapitre, qui en fit le plus frais. Il fut en effet brûlé vif par l'Inquisition en 1600, pour avoir affirmé qu'il existe une pluralité de mondes.

C'est finalement avec des personnes telles que GALILÉE (1564-1642), qui mit en évidence l'immensité de la galaxie grâce à l'utilisation d'une lunette, ou encore HERSHEL (1738-1822), qui découvrit Uranus, que les idées préconçues tombèrent petit à petit et que la recherche des exoplanètes put enfin commencer (du moins, pendant de nombreuses décennies, de façon théorique).

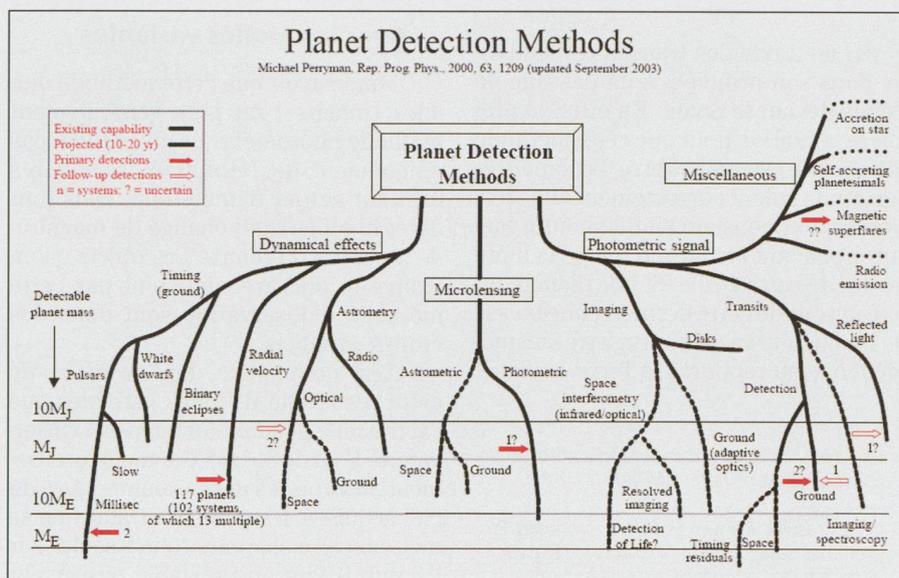
Finalement, en 1995, la première exoplanète est enfin découverte par MICHEL MAYOR et DIDIER QUELOZ, de l'Observatoire de Genève, planète qui orbite autour d'une étoile du nom de 51 Peg. Dès lors, la chasse aux exoplanètes est

ouverte et de nombreuses équipes cherchent à contribuer à cette excitante recherche. Heureusement, les astronomes ne sont pas obligés d'attendre plus d'un siècle chaque paire d'observations, comme c'est le cas pour les transits de Vénus. Ainsi les nouvelles découvertes sont fréquentes et c'est aujourd'hui, en mai 2005, un total de 155 exoplanètes qui est inscrit en haut des tableaux (une des meilleures sources concernant l'actualité des découvertes liées aux exoplanètes est probablement «*l'Extrasolar Planets Encyclopaedia*»<sup>6</sup>, mise à jour quotidiennement).

Et ceci n'est qu'un début. D'ici quelques années, plusieurs satellites spécialement conçus pour la recherche d'exoplanètes seront lancés dans l'espace et, à plus long terme, des télescopes capables de découvrir des planètes de type terrestre et la vie qu'elles abriteraient le cas échéant.

### Quid des transits?

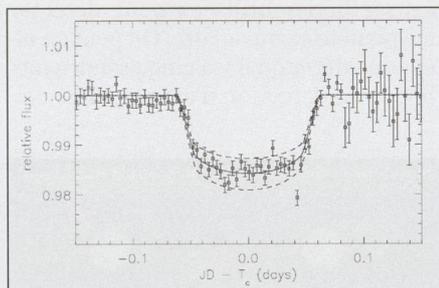
Ceci est passionnant, mais quel rapport avec les transits de Vénus? L'observation de ces deux phénomènes est en réalité sensiblement identique. Nous savons maintenant qu'un transit de Vénus correspond à un passage de la planète devant notre étoile. Or, l'observation d'un tel événement est précisément une des méthodes utilisées pour détecter une planète extra-solaire. On peut en effet considérer qu'il y a cinq grandes méthodes de détection d'exoplanètes: cel-



<sup>6</sup> Cf. <http://www.obspm.fr/encyclif-encycl.html> pour la version française

le des vitesses radiales, l'astrométrie, la méthode des lentilles gravitationnelles, celle de l'irrégularité des pulsars et finalement la méthode de transits. Décrivons d'abord très brièvement la première méthode de détection.

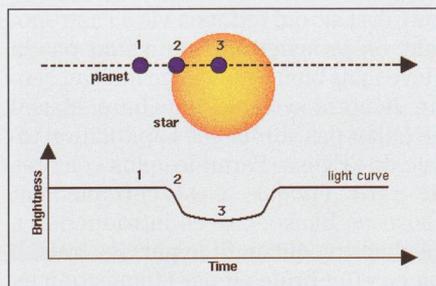
La mesure des vitesses radiales est la méthode la plus largement répandue. Lorsqu'une planète orbite autour de son étoile, elle va exercer une force sur cette dernière de la même façon que l'étoile exerce une force sur la planète, mais de façon infiniment moins grande. Malgré tout, si la planète n'est pas trop petite ou trop éloignée de son étoile, la force exercée sur l'étoile peut suffire à faire légèrement «vaciller» cette dernière autour du centre de gravité du système. Or, si le système planétaire est vu depuis la Terre par la tranche, alors il est possible de détecter les mouvements de va-et-vient de cette étoile par l'analyse de sa lumière, ou plus précisément, par l'analyse du décalage de ses raies spectrales. Des télescopes spécialement conçus dans ce but peuvent en effet détecter un décalage de la lumière de l'étoile soit vers le bleu, soit vers le rouge (voir schéma ci-dessus), ce qui témoigne indirectement de la possible présence d'une planète extra-solaire autour de cette étoile.



La planète HD 209458 B passe devant son étoile

La méthode des transits est similaire, dans son principe, à un passage de Vénus devant le Soleil. En effet, la première condition pour que cette méthode fonctionne est que la Terre, la planète et son étoile soient correctement alignées. L'opération consiste simplement à mesurer pendant un certain temps la luminosité de cette étoile. Si une planète orbite autour de cette dernière, une baisse de luminosité va être enregistrée au moment où, par rapport à la Terre, la planè-

te passe devant son soleil. Il faut donc disposer de capteurs très sensibles qui arrivent à mesurer des variations de luminosité qui peuvent être de moins de 1%. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de faire des mesures sur plusieurs étoiles en même temps (toutes celles qui sont dans le champ de la caméra) alors que la méthode des vitesses radiales ne peut observer qu'un astre à la fois. De plus, la méthode des transits peut utiliser n'importe quel télescope du moment qu'il est équipé d'une caméra CCD, alors que la première méthode requiert l'utilisation d'un spectrographe, instrument beaucoup plus onéreux.



Notons encore que la première exoplanète découverte grâce à cette méthode date de 1999 et est la désormais célèbre HD 209458 B (1.54 fois la taille de Jupiter), dont un graphe du transit devant son étoile HD 209458 figure ci-dessus. A noter qu'il est possible de déduire de nombreuses informations sur les caractéristiques de l'exoplanète en se basant sur une courbe de ce type<sup>7</sup>. De très nombreux programmes de recherche actuellement en cours tentent ainsi de détecter par ce moyen le plus de planètes extra-solaires possibles et certains d'entre eux connaissent déjà un grand succès<sup>8</sup>.

## Un peu d'informatique

### Avec les étoiles variables

Il faut savoir que cette méthode dite «des transits», ou plus généralement méthode photométrique, ne détecte pas uniquement des étoiles extra-solaires orbitant autour d'une étoile, mais tout objet lumineux qui change de magnitude au cours du temps. Les objets qu'on trouve le plus fréquemment par cette méthode d'observation sont donc des étoiles variables.

C'est notamment dans le cadre de cette recherche d'étoiles variables que j'ai travaillé pendant un temps à l'Observatoire FXB de St-Luc. Car malheureusement, une fois les images numériques du ciel acquises, les étoiles variables ne se mettent pas à clignoter toutes seules sur l'écran. Il faut au préalable passer par

toute une série de traitements qui permettent de passer d'une image «brute» aux données qui nous intéressent, par exemple une courbe de luminosité semblable à celle de la page précédente. L'ensemble de ces traitements sont généralement regroupés sous le nom de «réduction des données» et se font par moyen informatique, d'une manière plus ou moins automatisée. La petite contribution que j'ai apportée au fonctionnement de l'observatoire FXB concernait précisément cette automatisation. Le but du travail consistait donc à programmer un certain nombre de scripts qui, associés à d'autres programmes, facilitent la réduction de données d'un utilisateur et donnent en fin de compte les courbes des étoiles variables présentes dans le champ étudié. Si la découverte est intéressante et que les données sont confirmées par d'autres observateurs, l'ensemble fait l'objet d'une publication.

### Avec Vénus et le Soleil

Mais revenons à Vénus. Le programme évoqué en fin d'introduction sera donc une démonstration concernant un calcul de la parallaxe solaire. Il devrait ainsi être capable de retrouver la valeur de l'Unité Astronomique grâce à des données arbitraires entrées par l'utilisateur. Autrement dit, il jouera le rôle des calculateurs humains qui, deux siècles auparavant, devaient passer des mois à rassembler puis réduire l'ensemble des données. Car le principe de la méthode de Halley évoqué en fin de chapitre 4 a beau être séduisant, il n'en est pas moins peu applicable à la réalité. En effet, plusieurs paramètres font que la méthode exposée là n'est qu'un «principe de», dont le but n'est pas d'être exact mais de montrer le raisonnement suivi par l'astronome. J'espère par contre pallier à ces problèmes grâce à ce programme informatique et donner ainsi des résultats qui correspondent au mieux à la réalité du 8 juin 2004. Malheureusement, pour ce faire, il me faut certaines informations qui tardent à être publiées et dont dépend l'exactitude du programme. C'est pourquoi ce dernier ne sera achevé que dans les semaines ou mois à venir.

Dans la mesure du possible, y seront aussi ajoutés un certain nombre d'animations et d'utilitaires éducatifs afin de rendre le programme intéressant à un nombre de personnes plus important que celui des personnes impliquées dans le calcul mathématique de la parallaxe uniquement. Un petit complément écrit détaillant le fonctionnement du programme pourra éventuellement être joint à ce dernier, du moins s'il se révèle nécessaire.

<sup>7</sup> Cf. une excellente simulation éducative de découverte d'exoplanètes: [W/Transit 1.html](http://W/Transit1.html)

<sup>8</sup> Cf. Extrasolar Planets Searches: Ongoing Programmes and Future Projects : <http://cfa-www.harvard.edu/planets/searches.html>

## Conclusion

«C'est en 1772 que je publiai mon fameux *Mémoire sur le passage de Vénus*, rapportant les diverses observations effectuées lors du transit du 3 juin 1769. Je le conclus par le résultat tant attendu: la valeur de la parallaxe solaire. Nous avions quelque peu peiné pour réduire les données disparates qui nous étaient parvenues du monde entier. Les observations avaient été rendues incertaines par l'agitation des images et par les fausses apparences dues à la diffraction de la lumière par les instruments. Nous nous étions néanmoins attachés à calculer une juste moyenne, et nous pûmes annoncer avec assurance que trente-sept millions de lieues nous séparaient de Phébus, à un million de lieues près.»

JOSEPH-JÉRÔME LEFRANÇOIS DE LALANDE

### Bilan personnel et objectifs

Ce travail et tout ce qui en découle fut pour moi, dans son ensemble, une grande réussite. Il m'apporta par-dessus tout un enrichissement considérable, tant sur le plan personnel (culture, intérêts, contacts), que sur le plan professionnel (relativement, par exemple, aux méthodes de travail).

Mener à bien cette recherche fut une grande expérience qui d'un côté apparut comme tout à fait nouvelle, et de l'autre se plaça dans la continuité du travail que j'ai pu accomplir aux observatoires de Genève et de St-Luc (recherche que je continue d'ailleurs de mener). A ce propos, j'ai hésité pendant un certain temps sur le sujet de mon travail de maturité qui, au lieu d'être ce qu'il est, aurait pu se présenter comme un investissement permettant d'approfondir ce que j'avais commencé pendant mon trimestre *extra-muros* aux observatoires précités, à savoir une étude sur la réduction informatique de données photométriques. J'ai finalement choisi le sujet des transits de Vénus afin de privilégier un changement de type de travail et de type de problématique. Je crois avoir fait le bon choix car cela m'a permis d'aborder ce long travail d'une façon différente et complémentaire par rapport au précédent, à l'image des divers enseignements que j'ai pu tirer de ces deux études.

En ce qui concerne mes objectifs, je pense les avoir globalement atteints. J'ai en effet pu aborder la problématique du

transit de Vénus de toutes les façons que j'avais projetées, approfondissant chaque domaine sans entrer, il me semble, dans le superflu. Je crois également avoir réussi à présenter les aspects géométriques de ce travail d'une manière relativement claire, ce qui fut un réel défi. Je tiens encore à remercier Monsieur Gregory Giuliani qui m'a permis, par son interview, de réaliser le côté interactif et vivant de ce travail auquel je tenais aussi beaucoup.

Au niveau de mes propres capacités, il me semble que le seul point négatif fut mon évaluation de la quantité d'efforts à fournir. J'avais en effet prévu un travail beaucoup trop important et vaste, ce qui aboutit finalement à un document plus grand qu'il n'aurait dû l'être, malgré le raccourcissement de certaines parties qui me tenaient pourtant à cœur. J'ai également appris que tout l'aspect rédactionnel pur prenait beaucoup plus de temps que l'on pouvait l'imaginer, ce qui joua aussi contre moi. Malgré cela et dans l'ensemble, je pense quand même avoir bien géré mon travail et ce depuis son début jusqu'à la fin de cette grande partie écrite. De plus, le résultat, tant sur la forme que sur le fond, est tout à fait conforme à ce à quoi j'espérais aboutir lorsque je me suis lancé dans cette grande mais trop courte recherche sur les transits de Vénus.

### Où tout cela nous mène

La valeur exacte de l'Unité Astronomique admise de nos jours est de  $149\,597\,870.69 \pm 0.030$  kilomètres. Non, il n'y a pas d'erreur typographique: nous connaissons aujourd'hui la distance égale au demi-grand axe de l'orbite terrestre à 30 mètres près!

Pourtant, le 8 juin 2004, des dizaines de milliers de personnes à travers le monde (seule la moitié ouest de l'Amérique du Nord ne verra rien du transit) assisteront en direct au passage de Vénus devant le Soleil. Ainsi, une fois encore, des astronomes de toutes les nations pointeront leur télescope vers l'astre de lumière. Seulement cette fois, il ne s'agira plus uniquement de grands astronomes professionnels. Cet événement pourra en effet être observé par tout astronome amateur et même par le grand public, grâce aux structures mises en place (la plupart des observatoires seront sans doute ouverts au public) et aux médias visuels (télévision, Internet).

Mais ce passage de Vénus est aussi une magnifique occasion de mettre sur pied une collaboration scientifique internationale non-professionnelle. Les bases d'un tel programme sont déjà en place notamment sur Internet. On men-

tionnera par exemple le projet européen VT-2004<sup>9</sup>, dans lequel s'investissent de grands organismes tels que l'ESO, l'EAAE, l'IMCCE, l'Observatoire de Paris, etc. Une collaboration internationale est d'ailleurs tout à fait appropriée car non seulement elle est le gage de la réussite d'un projet, mais en plus elle est aujourd'hui très aisée grâce aux moyens de communication dont nous disposons.

On peut donc espérer que le transit de Vénus du 8 juin 2004 ne sera pas qu'un simple événement astronomique, mais qu'il sera aussi, voire surtout, une collaboration fraternelle entre individus de différentes nations, prouvant que le monde peut s'unir et collaborer au nom de la science et de la paix. Pour conclure ce travail, citons encore une fois LALANDE qui, à l'aube du XIX<sup>e</sup>, écrivait déjà à ce propos:

«Certains de mes adversaires firent valoir que la précision du résultat ne justifiait pas tous les espoirs que l'on avait jadis placés dans le rendez-vous de Vénus. Ils n'avaient pas tout à fait tort, sur le plan de la pure science: je ne doute point que les astronomes des temps futurs affineront nos méthodes, ou même trouveront des moyens plus ingénieux pour mesurer l'Univers avec la plus parfaite précision. Mais quoi, ces froids contradicteurs oublièrent-ils qu'au-delà même du calcul de la parallaxe du Soleil et des planètes, le rendez-vous de Vénus avait été un sommet dans l'histoire de la science? Pour la première fois, depuis les débuts de l'humanité, au même instant, disséminés partout dans le monde, des savants de toutes nations avaient observé de concert le même phénomène céleste et s'étaient communiqués les résultats de leur travail. Quelle leçon de paix et de concorde nous avions donné aux Grands de la Terre! Le génie, par ses bienfaits, est cosmopolite. Ses découvertes sont l'héritage du genre humain, et les travaux des hommes occupés à défricher les routes de la science, à prendre la nature sur le fait, préparent en silence le destin des nations.»

J'ai calculé que Vénus recroiserait le Soleil le 8 décembre 1874 et le 6 décembre 1882. Et à nouveau le 8 juin 2004, puis le 6 juin 2012. Ces temps paraissent lointains. Mais que sont-ils au regard du chaos des âges que seule l'Astronomie a su débrouiller?»

DORAN DELUZ

Route de Frontenex 100  
CH-1208 Genève

<sup>9</sup> Cf. <http://www.eso.org/outreach/eduoff/vt-2004/index.html>

## Bibliographies

**OUVRAGE COLLECTIF**, *Le grand livre du Ciel*. Bordas, Paris, 1999

**OUVRAGE COLLECTIF**, *Vénus devant le Soleil*, Vuibert / Adapt, Paris, 2003. Plus particulièrement, le chapitre «Vénus dans l'imaginaire des hommes», de LUMINET J.-P., a été une grande source d'informations pour la partie «Histoire et mythologie» du chapitre III de ce travail.

**PÉRIODIQUE**, *Ciel & Espace*

*Histoire et géométrie*

**ACKER AGNÈS et JASCHEK CARLOS**, *ASTRONOMIE, Méthodes et Calculs*. Masson, Paris, 3<sup>e</sup> édition, 1999

**LUMINET JEAN-PIERRE**, *Le Rendez-vous de Vénus*. Jean-Claude Lattès, Paris, 2001

**CANTIN ANDRÉ**, *Aide-mémoire de l'Astronomie Amateur* (corrigé...) Dunod, Paris, 2002

*Des exoplanètes*

**MAYOR MICHEL et FREI PIERRE-YVES**, *Les nouveaux mondes du cosmos*. Seuil, Paris, 2001

*Sites Internet les plus importants*

Généralités

**BUETER CHUCK**. *Transit of Venus*. 2003 [visité le 30.10.2003]. Available from Internet: <http://www.transitofvenus.org>

**IMCCE**. *Passage de Vénus*. 2003, [updated: 10 November 2003]. Available from Internet: <http://www.imcce.fr/vt2004/fr>

**U.S. NAVAL OBSERVATORY**. *Transit of Venus, 2004*. [visité le 10.04.2003]. Available from Internet: <http://aa.usno.navy.mil/data/docs/Venus2004.pdf>

**ORPINGTON ASTRONOMICAL SOCIETY**. *Transit of Venus*. 2003, [visité le 15.09.2003]. Available from Internet: <http://www.chocky.demon.co.uk/oas/venus.html>

**GIESEN JUergen**. *The Transits of Venus*. 2003, [visité le 02.11.2003]. Available from Internet: <http://www.venus-transit.de/>

*Histoire et géométrie*

**POGGE RICHARD W.**; **THE OHIO STATE UNIVERSITY**. *How Far to the Sun?* 2000, [updated: 31 March 2003]. Available from Internet:

<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast161/unit4/venussun.html>

**BACKHAUS Udo**; **UNIVERSITÄT ESSEN**. *Der Venus-transit 2004 – Beobachtung und Messung des Sonnenparallaxe*. [updated: 7 April 2003]. Available from Internet: <http://didaktik.physik.uni-essen.de/~backhaus/Venusproject/Transit.pdf>

**TOURNES DOMINIQUE**; **IUFM DE LA RÉUNION**. *L'observation du transit de Vénus: Expéditions astronomiques dans l'océan Indien*. [visité le 30.10.2003]. Available from Internet: <http://www.reunion.iufm.fr/dep/mathematiques/Seminaires/ActesPDF/Tournes27.pdf>

*De Vénus*

**ARNETT BILL**; **SEDS, UNIVERSITY OF ARIZONA**. *Venus*. 1999, [updated: 27 April 1999]. Available from Internet: <http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/venus.html>

**HAMILTON CALVIN J.** *Introduction à la planète Vénus*. 1997 [visité le 07.08.2003]. Available from Internet:

<http://www.solarviews.com/french/venus.htm>

*Des exoplanètes*

**ASP – ARIZONA SEARCH FOR PLANETS**. *Extra-Solar Planet Search*. [visité le 10.11.2003]. Available from Internet: <http://www.psi.edu/~esquedo/asp/asp.html>

**JEAN SCHNEIDER: CNRS - PARIS OBSERVATORY; HARVARD-SMITHSONIAN CENTER FOR ASTROPHYSICS**. *The Extrasolar Planets Encyclopaedia*. [updated every day]. Available from Internet: <http://cfa-www.harvard.edu/planets/encycl.html>

**www.astronomie.info** **Unser Name ist unser Programm!**

Bei uns sind Sie umfassend und aktuell informiert astro info Alle Aspekte und Ereignisse aus Astronomie und Raumfahrt

Am Himmel
Astrolexikon
Finsternisse
Planetarium
Sternbilder

### 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.

### Astrolexikon

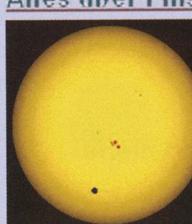
#### Astronomie in Stichworten



**Unser Astronomie-Lexikon umfasst Hunderte von Einträgen und zahlreiche Schwerpunktbeiträge.** 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 Finsternis 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 es!** In unserem Programm finden Sie Beschreibungen 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.

**astro** info

[www.astronomie.info](http://www.astronomie.info)

Copyright © 2003, the authors, all rights reserved. This material may not be reproduced in any form without permission.

## La comète (P2004V5 A et B) LINEAR-Hill

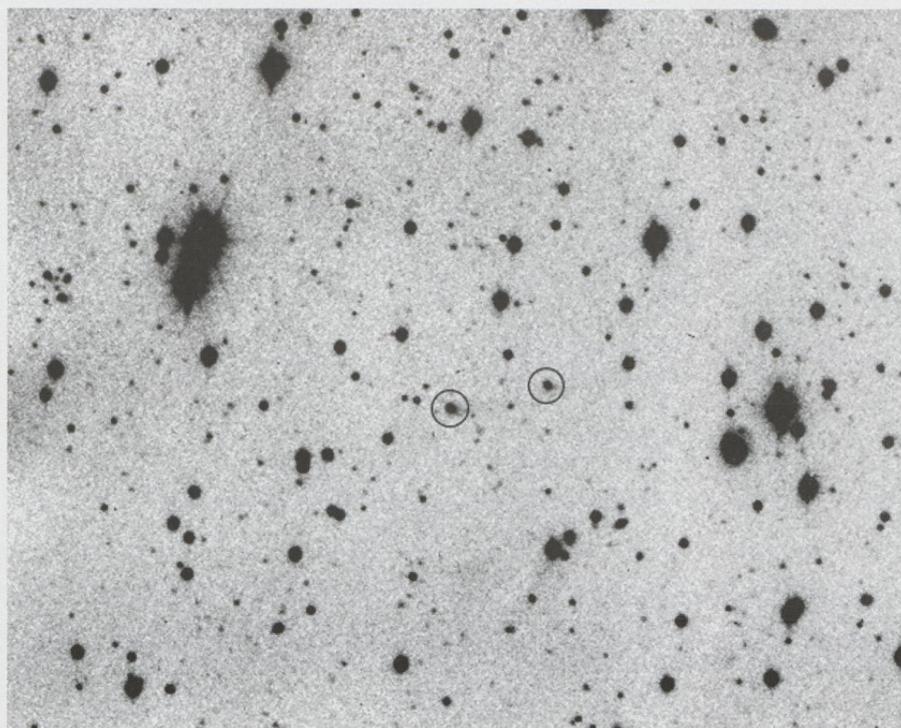
Une image des deux composantes la comète P/2004V5 LINEAR-Hill prise dans la nuit du 18 mars 2005.

À gauche il y a la partie A; à droite la partie B. Cette dernière est plus faible de environ 0,5mag vis-à-vis de la partie A, qui elle est de environ 18mag.

Les deux composantes sont séparées d'environ 2 minutes d'arc.

Image réalisée avec un télescope newtonien de 40cm f/4,5 et CCD. Le Nord est en haut, l'Est à gauche.

STEFANO SPOSETTI  
CH-6525 Gnosca



## La comète C/2004Q2 Machholz

Une séquence de 10 images de la comète de l'hiver passé.

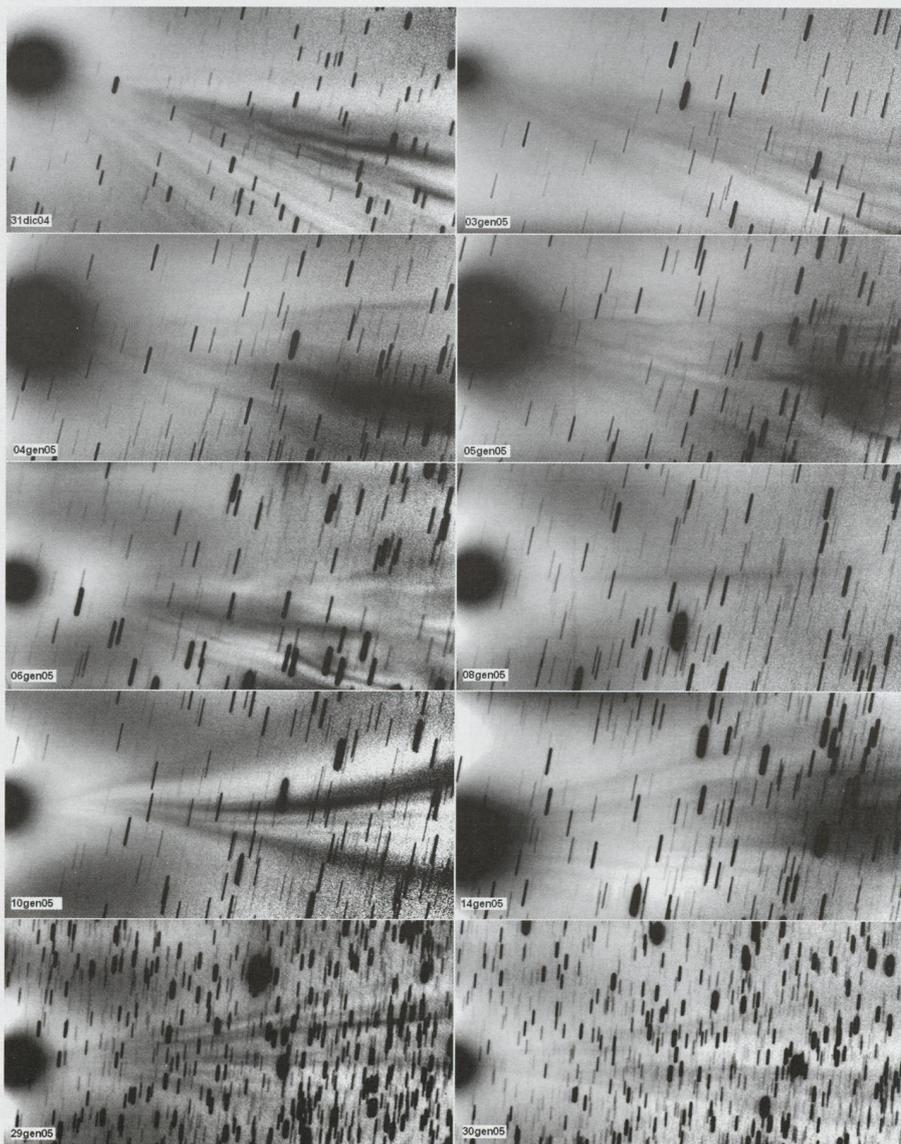
Toutes les images ont un temps d'exposition de 12,5min à part la première qui a duré 7,5min.

Le champ visualisé est d'environ 20x10arcmin.

Toutes les images ont été objet d'un traitement électronique assez poussé ayant pour but de faire ressortir les détails de la queue ionique.

Images réalisées avec un télescope de 40cm f/4,5 et caméra CCD, sans filtres.

STEFANO SPOSETTI  
CH-6525 Gnosca

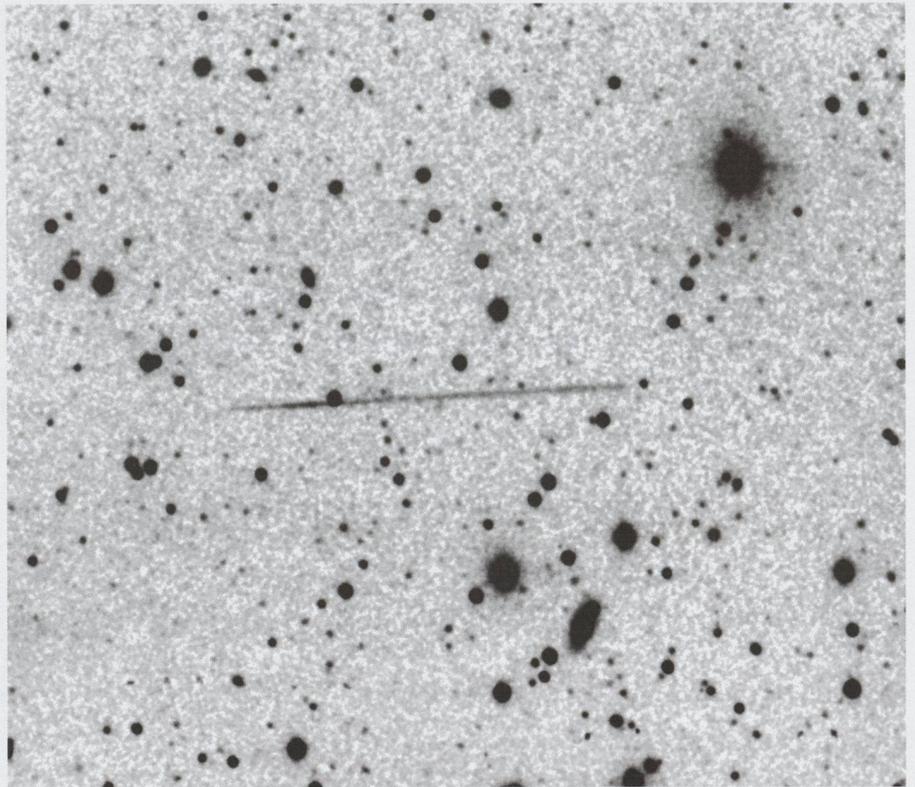


## La sonde Rosetta

La trace de la sonde de l'ESA Rosetta capturée dans la nuit du 2 mars 2005 sur un intervalle de temps de 1h et 24m. La sonde allait se diriger vers la Terre pour profiter d'une poussée gravitationnelle. Le satellite se déplaçait de gauche à droite et on peut remarquer que, vers 1/5 du début de la trace, il y a une faible mais évidente augmentation de la luminosité due probablement à une plus favorable réflectivité de la lumière du soleil. La luminosité de Rosetta était de 17mag.

Dimensions de l'image: 16x13arcmin;  
Orientation: Nord en haut, Est à gauche;  
Télescope: 40cm f/4,5 +CCD

STEFANO SPOSETTI  
CH-6525 Gnösca



## 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**

 **ORION**  
TELESCOPES & BINOCULARS

 **LEICA**

**Kowa**

 **FUJINON**

 **STARLIGHT EXPRESS**  
ASTRONOMICAL AND INDUSTRIAL CCD CAMERAS

**FOTO VIDEO**  
**Zumstein**  
Casinoplatz 8, 3001 Bern

Tel. 031 311 21 13 Fax 031 312 27 14

**Alleinvertrieb für die Schweiz: PENTAX®**

**ANCIRES**



Der erste Refraktor mit APO-Linse unter Fr. 1000.-  
ORION 80/600 Tubus nur Fr. 780.-

-Refraktor Teleskop mit ED-Glas  
-2"-Okularauszug, Gewicht 2.6kg  
-Stativanschlussplatte  
-Das preisgünstige Reisetoteleskop

**Zumstein**  
FOTO DIGITAL

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

e-mail: [astro@zumstein-foto.ch](mailto:astro@zumstein-foto.ch)

## Drittes Teleskoptreffen «mirasteilas» in Falera, Graubünden

IGNAZ CATHOMEN

Das kleine Dorf Falera liegt auf einer Terrasse in 1200 m Höhe im Vorderrheintal (rätoromanisch Surselva) des Kantons Graubünden, in nächster Nähe des bekannten Kurortes Flims und des Städtchens Ilanz, der ersten Stadt am Rhein. Von dieser Terrasse aus geniesst man eine herrliche Aussicht nach Osten, Süden und Westen. Darüber wölbt sich eine sehr weite Himmelskuppe, da auch der Nordhorizont relativ weit zurückliegt. Der Standort ist also ausserordentlich gut geeignet, um Sternbeobachtungen vorzunehmen. Es überrascht somit nicht, dass hier eine Volkssternwarte geplant ist, die in wenigen Jahren realisiert werden soll. Die Astronomische Gesellschaft Graubünden ist bereit, den Betrieb dieser Sternwarte zu übernehmen.

Vom 16. bis 18 September 2004 fand in Falera das dritte Amateur Teleskop-Treffen statt. Die Astronomische Gesellschaft Graubünden unter der Leitung vom Einheimischen JOSÉ DE QUEIROZ war für die Organisation verantwortlich. Der Beobachtungsplatz Chinginas liegt etwas höher gelegen westlich des Dorfes, in 10 Gehminuten Entfernung.

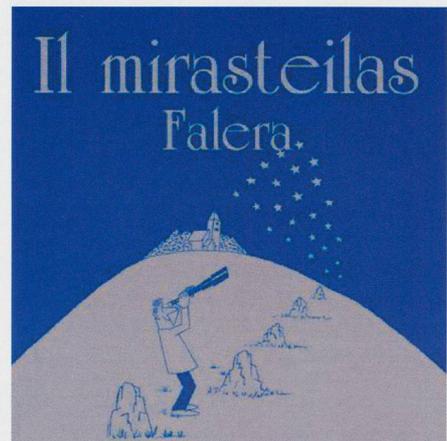
Für die Teilnehmer am Treffen war bestens vorgesorgt. Wer nicht in Hotels oder Ferienwohnungen übernachten wollte, konnte neben dem Beobachtungsplatz sein Zelt aufstellen. Für das

leibliche Wohl war natürlich auch gesorgt. Die Sternbeobachter wurden übrigens vom strahlenden Wetter und sternklaren Nächten geradezu verwöhnt.

Neben der Sternbeobachtung wurde aber noch mehr geboten. In der Ferмата, dem Kulturzentrum von Falera, fand am 18. September vormittags ein astronomischer Flohmarkt statt, der rege besucht wurde und den Interessierten eine grosse Auswahl an Instrumenten und Fachliteratur anbot. Am gleichen Nachmittag hielt DR. BRUNO L. STANEK einen Vortrag über die Renaissance der Planetenforschung. Dieser Vortrag mit Hilfe modernster Anschauungsmittel fand grosse Beachtung und eine sehr interessierte Zuhörerschaft. DR. STANEK wurde in der Schweiz vor allem bekannt als junger und sehr kompetenter Kommentator der TV-Sendungen am schweizerischen Fernsehen über die Apollo Raumfahrten der NASA in den siebziger Jahren.

Das Teleskop-Treffen findet seine Fortsetzung am gleichen Standort vom 29. September bis 2. Oktober 2005. Wer sich dafür interessiert und mehr darüber erfahren will, erhält Auskunft über [www.mirasteilas.net](http://www.mirasteilas.net) und Tel. (0041) 081 921 30 48.

IGNAZ CATHOMEN  
CH-7153 Falera



## Zum dritten Mal volles Haus im Planetarium des Verkehrshauses Luzern

HUGO JOST-HEDIGER

Bereits zum dritten Mal in Serie lud die Astronomische Gesellschaft Luzern am 29. Januar 2005 ins Planetarium des Verkehrshauses Luzern zur Astronomischen Jahresvorschau ein.

Etwa zweihundert gespannte Zuschauer trafen sich gegen 17 Uhr im Planetarium, setzten sich in die bequemen Stühle und warteten gespannt auf den Beginn der Vorstellung.

Mit astronomischer Präzision werden wir kurz nach Fünf durch GUIDO STALDER von der Astronomischen Gesell-

schaft Luzern begrüsst. Wie GUIDO richtig bemerkt, ist dieser Jahresbeginn nun bereits zur Tradition geworden, die wir nicht mehr missen möchten. Danach erklärt GUIDO, dass die Vorbereitungen für diese Gemeinschaftsveranstaltung des Verkehrshauses der Schweiz und der Astronomischen Gesellschaft Luzern sehr aufwendig sind. Vor allem DANIEL SCHLUP vom Planetarium und MARKUS BURCH von der AGB opfern einen beträchtlichen Teil ihrer Freizeit, um uns allen dieses schöne Erlebnis zu bieten. Aber auch alle Hel-

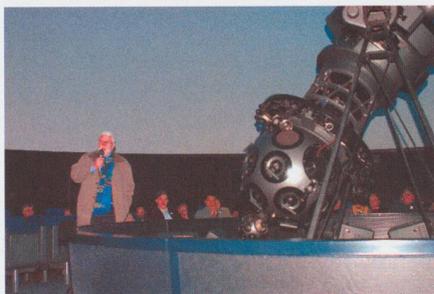
fer im Hintergrund tragen viel zum Gelingen bei. Wie lange dieser riesige Aufwand für diese Spezialvorführung noch getrieben werden kann, ist laut GUIDO nicht ganz klar. Ich hoffe doch sehr, dass diese Veranstaltung noch weitergeführt werden kann.

Danach gibt's von DANIEL ein paar Erklärungen zum Planetarium. Der Zeiss-Projektor, er war eben für zwei Wochen in Revision, ist ja eigentlich ein riesiges Uhrwerk. Er ist bereits 30 Jahre alt und kommt bei Vorführungen für «pingelige» Amateur-Astronomen an seine technischen Grenzen. Insbesondere bei der einzigen jährlichen Live-Vorführung, eben bei der Jahresvorschau, sind die Anforderungen an die Präzision der Darstellung sehr hoch.

Nun würde die Vorführung beginnen. Da überrascht uns der Demonstrator mit der Frage: «Hat heute jemand



Gespanntes Warten auf den Beginn der Vorführung



GUIDO STALDER, der Verantwortliche Organisator der AGL



DANI SCHLUP (links) und MARKUS BURCH (rechts) am Steuerpult des Planetariums

Geburtstag?» Bei rund 200 Anwesenden eine todsichere Sache, und so startet die Vorführung mit einem imposanten Feuerwerk. Mal Feuerwerk von unten, nach oben, dann von oben nach unten, und zuletzt fahren wir mitten durch eine wunderschöne Geburtstagstorte.

Jetzt aber gilt es ernst. Zuerst ist die Vorführung noch einmal dem Jahrhundert-Ereignis Venustransit 2004 gewidmet. Noch einmal erleben wir, wie sich die Venus vor die Sonnenscheibe schiebt, langsam in die Sonne hinein reist und die Sonne danach wieder verlässt. Nur: Die Venusscheibe ist weiss statt schwarz, da ja das schwarze Licht noch nicht erfunden wurde. Abgerundet wird diese Rückschau durch Fotos von AGB-Mitgliedern (vor allem MARKUS BURCH). Sie zeigen uns eindrücklich, an wie vielen Orten und auf welche unterschiedliche Art und Weise beobachtet wurde. Zuletzt folgt noch der Zeitrafferfilm von MARC EICHENBERGER.

### Danach wird definitiv das Jahr 2005 in Angriff genommen.

Die Präsentation beginnt mit dem heutigen Tag und zeigt sehr schön, was man bei schönem Wetter heute Nacht alles am Winterhimmel sehen könnte. Besonders erwähnenswert ist der hoch am Himmel stehende Komet Machholz, der bereits von blossen Auge als diffuses Nebelfleckchen beobachtet werden kann.

Haben Sie gewusst, dass Jupiter sich in diesem Jahr acht Mal hinter dem Mond versteckt. Zum ersten Mal am 31. Januar. Nur: Leider sieht man diese Jupiterbedeckungen in unseren Landen nicht. Sie finden im südlichen Pazifik, wenn es bei uns Tag ist, statt.

Frühlingsbeginn ist in diesem Jahr am Sonntag 20. März um 13:33 Uhr MEZ. Da der nächste Vollmond am Freitag 25. März stattfindet, ergibt sich für das bewegliche Osterfest als Osterdatum Sonntag, 27. März. Sonntag 20. März (Frühlingsbeginn) ist somit Palmsonntag, der Vollmondfreitag 25. März ist demzufolge Karfreitag. Wir haben in

2005 eines der frühest möglichen Osterfeste. Gleichzeitig wird am Ostersonntag die Zeit von Winterzeit auf Sommerzeit umgestellt.

Am 8./9. April würde es sich bereits wieder lohnen, in den Pazifik zu reisen. Da wäre eine ringförmige Sonnenfinsternis zu geniessen. Aber keine Bange, am dritten Oktober liegt dasselbe Schauspiel während rund vier Minuten sozusagen direkt vor der Haustüre in Spanien. In der Schweiz wird sich dann die Sonne immerhin zu rund 60% verdunkeln. Etwas, das man auch nicht alle Tage sieht. Nur im Planetarium kann man dasselbe Schauspiel zwei mal und erst noch gemütlich sitzend geniessen.

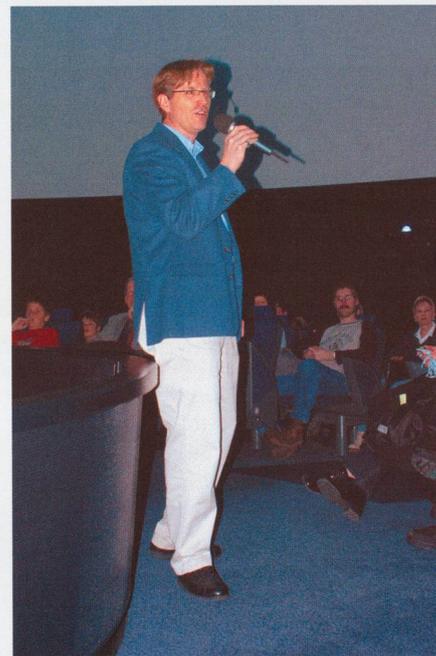
Die Woche des «offenen Daches» in der Sternwarte Hubelmatt findet vom 11.-16. April 2005 statt. Die Sternwarte ist jeweils von 20:00 Uhr bis ca. 22:00 Uhr geöffnet. Und übrigens: die Astronomische Gesellschaft Luzern (AGL) wird heuer 50 Jahre alt. Herzliche Gratulation!

Dann, am 27. April wird Antares vom abnehmenden Mond bedeckt. Ein Schauspiel, das man sich keinesfalls entgehen lassen sollte.

Weiter geht es danach mit den diversen Konjunktionen und sonstigen besonderen Himmelskonstellationen. So reisen wir gemächlich durch den Sommerhimmel in den Herbst und beenden unsere Zeitreise im Winter des Jahres 2005. Da, im Dezember, gibt es noch ein erwähnenswertes, wenn auch unsichtbares Ereignis: Neumond ist am 1. Dezember und am 31. Dezember. Etwas, das auch nicht alle Tage vorkommt.

Zum Schluss folgt von MARKUS BURCH noch ein Überblick über die diversen Raumfahrtmissionen im 2005. Eine wiederum interessante und abwechslungsreiche Präsentation des Himmelsjahres 2005 ist zu Ende.

Es ist schade, dass bei dieser Vorführung doch noch ein paar Plätze frei blieben. Ich finde, die Veranstaltung ist dermassen interessant und eindrücklich, dass man sich darum reissen müsste, dabei zu sein.



DANI SCHLUP bei seinen Erklärungen  
Fotos: Astronomische Gesellschaft Luzern

Am Schluss dankt dann GUIDO STALDER DANI SCHLUP, der für seine Frau als Entschädigung für das viele Allein sein einen Blumenstrauss erhält, und MARKUS BURCH. Aber auch alle Helfer im Hintergrund haben Dank verdient.

Der riesige Applaus am Schluss der Vorstellung zeugt von der Begeisterung der Zuschauer. Es war ein Super-Erlebnis. Wir freuen uns jetzt schon aufs, hoffentlich, nächste Jahr.

Ich bedanke mich recht herzlich bei DANI SCHLUP und seinem Team vom Verkehrshaus der Schweiz, der Astronomischen Gesellschaft Luzern und Allen, die uns mit ihrer hervorragenden, sicher aufwendigen Vorbereitung dieses Erlebnis ermöglicht haben.

HUGO JOST-HEDIGER  
Jurasternwarte Grenchen  
Lingeriz 89, CH-2540 Grenchen

## Les Potins d'Uranie

# Le catalogue d'Hipparque retrouvé?

AL NATH

**ZALEI** observe du coin de l'œil **BROMAK** somnolant lourdement dans son fauteuil après une longue marche et un bon repas. Il se décide brusquement à taquiner une nouvelle fois son vieux compère.

**Zalei** [forçant la voix]: Vous savez, Monsieur **BROMAK**, que les astronomes avaient perdu la carte ...

**Bromak** [sursautant]: Quoi? Comment?

**Z:** Je veux dire la carte d'**HIPPARQUE**, son catalogue.

**B** [reprenant ses esprits, mais bougon d'avoir eu sa sieste perturbée]: Certes, je connais. C'est une très vieille histoire, millénaire même. Pourquoi me parlez-vous de cela aujourd'hui?

**Z:** Parce qu'il semblerait qu'on l'ait retrouvée, cette carte, ou tout au moins une transcription.

*Le titan Atlas du Musée National d'Archéologie de Naples et les vues avant et arrière du globe céleste.*



**B** [maintenant réveillé, mais toujours aussi grognon]: C'est encore une invention de journaliste en mal de sensationnel?

**Z:** Non, c'est très sérieux puisque cela vient du congrès de la Société Astronomique Américaine<sup>1</sup> qui a eu lieu en janvier dernier à San Diego. Comme vous le savez, cette association est la première au monde pour l'astronomie professionnelle. C'est plus précisément à une session de la section historique qu'a été faite la communication en question. Et cela débouche sur des aspects inattendus.

**B** [sa sérénité retrouvée]: Alors, ne me faites pas languir...

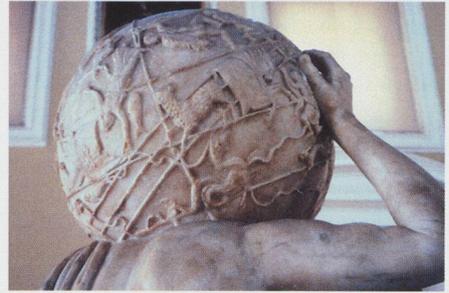
**Z:** La réputation d'**HIPPARQUE**<sup>2</sup> comme plus grand astronome de l'antiquité est en grande partie basée sur sa compilation de ce qui est considéré comme le premier catalogue d'étoiles, vers l'an 129 avant notre ère. Mais, décrit dans l'*Almageste* de **PTOLÉMÉE**<sup>3</sup>, ce catalogue n'a jamais été retrouvé ...

**B:** Disparu comme bien d'autres documents précieux dans l'incendie de la bibliothèque d'Alexandrie qui fut l'œuvre des chrétiens en l'an 391!<sup>4</sup> Mais, d'après ce que vous dites, on en aurait retrouvé une transcription?

**Z:** C'est ce que **BRADLEY E. SCHAEFER**, de l'Université de Louisiane à Baton Rouge, a annoncé à San Diego en janvier dernier. Il a étudié l'Atlas de la Collection Farnese du Musée National d'Archéologie de Naples. Le titan de cette statue en marbre porte sur l'épaule un globe de 65 cm de diamètre sur lequel 41 constellations sont représentées avec une grille de cercles de référence.

**B:** Ce qui a permis à ce chercheur de bien positionner les astérismes?

**Z:** En quelque sorte, oui. Au terme d'une étude<sup>5</sup> dont je vous passe les détails et surtout en fonction de la précession des équinoxes<sup>6</sup> découverte par **HIPPARQUE** lui-même, **SCHAEFER** a conclu que la date correspondant aux positions sur le globe (l'an  $-125 \pm 55$  ans) ne pouvait



que désigner **HIPPARQUE** comme l'observateur d'origine. La précision de ces positions, meilleure que 2°, indique aussi le recours à un catalogue plutôt qu'à une transmission orale.

**B:** En supposant que tout cela soit correct, on a donc au mieux une reproduction graphique du dit catalogue, mais pas celui-ci proprement dit. En quelle année fut-elle sculptée, cette statue?

**Z:** Elle date du II<sup>e</sup> siècle de notre ère. C'est en fait la copie romaine d'un original grec lui aussi perdu. Le scénario avancé serait qu'**HIPPARQUE** aurait produit des globes à partir de son catalo-

<sup>1</sup> American Astronomical Society (AAS): <http://www.aas.org/>

<sup>2</sup> Hipparque aurait vécu de l'an -190 à vers l'an -120.

<sup>3</sup> Ptolémée aurait vécu de vers l'an 85 à vers l'an 165. L'*Almageste* est le nom arabe de son grand traité d'astronomie, seulement disponible en latin à partir du 12<sup>e</sup> siècle.

<sup>4</sup> Les historiens s'accordent aujourd'hui sur le fait que la Bibliothèque d'Alexandrie subit plusieurs destructions. Celle résultant de l'ordre d'anéantissement de tous les temples païens d'Alexandrie par l'empereur Theodosius à la fin du 4<sup>e</sup> siècle fut la plus catastrophique et terminale.

<sup>5</sup> Voir <http://www.phys.lsu.edu/farnese/> et les différentes pages rattachées.

<sup>6</sup> La précession des équinoxes est le mouvement rétrograde des points équinoxiaux (intersections de l'équateur céleste et de l'écliptique) résultant d'un lent changement de direction de l'axe de la Terre provoqué par le couple qu'exercent les forces de marées de la Lune et du Soleil sur le renflement équatorial de la Terre.

gue, dont un aurait été copié avec exactitude par un sculpteur grec, et celui-ci, plus tard, par un confrère romain.

**B:** Bigre. Cela en fait des étapes à partir de la liste originale des positions d'étoiles.

**Z:** SCHAEFER avait l'air bien sûr de son affaire et a fait un sacré tabac médiatique.

**B:** Aidé de tout le service de presse de l'AAS sous la direction de STEVE MARRAN ... et avec un terrain préparé par le concept *Hipparcos* du satellite astrométrique de l'Agence Spatiale Européenne<sup>7</sup> et ce fameux colloque qui en présentait les résultats à Venise en 1997. Mais vous venez de dire «avait l'air sûr de son affaire». C'est en relation avec les aspects inattendus auxquels vous faisiez allusion?

**Z:** Le tabac médiatique résultant de la communication de SCHAEFER a mis en évidence le fait qu'il n'était pas le premier à étudier ce globe ni à arriver aux mêmes conclusions.

**B:** Mais comment est-il encore possible de nos jours que des re-découvertes puissent avoir lieu alors que tout, ou presque, est disponible sur Internet.

**Z:** Presque tout, c'est important de le préciser. Mais SCHAEFER semble tout d'abord avoir commis l'erreur de ne même pas avoir demandé aux gens du musée de Naples si quelqu'un avait étudié ce globe auparavant. Et cette étude avait bien eu lieu, basée sur des méthodes quantifiées comme un relevé photogrammétrique effectué déjà en 1980, alors que notre américain s'était contenté de prendre des photos comme vous et moi en aurions prises.

**B:** Les résultats de cette étude n'avaient pas été publiés?

**Z:** Si, sous la plume d'un certain VLADIMIRO VALERIO en 1987, mais dans une revue assez confidentielle appelée *Der Globusfreund*<sup>8</sup> publiée par une association s'intitulant la Société Internationale Coronelli pour l'Etude des Globes<sup>9</sup> et d'essence autrichienne. La revue est en tout cas hors des terres habituelles des astronomes.

<sup>7</sup> <http://astro.estec.esa.nl/Hipparcos/>

<sup>8</sup> La référence bibliographique complète est: *Der Globusfreund* 35/37 (1987) 97-124.

<sup>9</sup> <http://www.coronelli.org/>

<sup>10</sup> <http://www.coronelli.org/farnese/>

<sup>11</sup> <http://www.maphist.nl/papers/farneseatlas.html>

**B:** Mais ce chercheur américain n'aurait pas pu la trouver sur Internet?

**Z:** L'a-t-il vraiment cherchée? Les cartographes prétendent qu'il était facile de trouver cette étude<sup>10</sup>. L'ayant moi-même recherchée, je n'ai trouvé le texte intégral qu'après que la discussion résultant de la communication de SCHAEFER ait poussé l'éditeur de la revue à mettre l'article de Valerio à la disposition de tous, alors qu'auparavant il fallait être membre de la société en question pour y avoir accès. C'est un premier point.

**B:** Et?

**Z:** Et bien, il faut, d'une part, se mettre dans la peau d'un chercheur américain, probablement ne dominant pas d'autres langues que la sienne comme la plupart de ses congénères et, d'autre part, réaliser que les engins de recherche sur le «web» ne sont pas toujours très intelligents et ne recherchent que ce qu'on a bien voulu leur dire.

**B:** Mais encore?

**Z:** L'article de VALERIO, inconnu de Schaefer, est bien en anglais, mais l'auteur, qui est italien, utilise dans le titre – rappelez-vous que c'était le seul élément initialement disponible sur le web – le terme de *atlante farnese* et non pas *atlas farnese* suivant la terminologie américaine.

**B:** Et vous croyez que c'est suffisant?

**Z:** Tout à fait. Pour un non-polyglotte, l'équivalence entre *atlante* et *atlas* n'est pas évidente, et ceci est valable tout aussi bien pour SCHAEFER que pour les concepteurs des engins de recher-

che. Les règles de synonymie introduites dans ceux-ci sont limitées et pour un logiciel, jamais plus malin que ce qu'on y met, deux mots différents – ne serait-ce que par une lettre – restent différents si aucun lien n'a été créé entre eux.

**B:** Paradoxe d'Internet: la diffusion des travaux de SCHAEFER et la controverse qui s'en est suivie n'ont été possibles que grâce à Internet, mais les limitations des outils qui y sont disponibles ne lui ont pas permis d'éviter d'enfoncer une porte ouverte. C'est ce que vous en concluez, je suppose.

**Z:** C'est une des conclusions, mais il y en a d'autres. Comme l'indiquait l'un des protagonistes d'une des discussions sur le web<sup>11</sup>, cette controverse a mis en évidence le fait que les astronomes ne lisent pas ou ne lisent que peu ce qui se publie dans d'autres domaines. Aussi tout ce qui est plus ancien que quatre ou cinq ans est jugé comme inintéressant si ce n'est pas directement centré sur des préoccupations spécifiques.

**B:** Et SCHAEFER a donc perdu son temps?

**Z:** En partie seulement. Il a quand même été le premier à investiguer systématiquement la précession des étoiles et des constellations pour dater le ciel représenté sur le globe du titan Atlas de Naples. Il a aussi montré que la précision du positionnement ne pouvait être basée initialement que sur un catalogue et que celui-ci ne pouvait être que celui d'HIPPARQUE. En fait, l'idéal serait maintenant que les deux chercheurs publient ensemble une synthèse de leurs travaux.

AL NATH

## VERANSTALTUNGSKALENDER CALENDRIER DES ACTIVITÉS

### Juli 2005

- 24. Juli bis 13. August 2005:  
41st International Astronomical Youth Camp IAYC  
WWW: [www.iayc.org](http://www.iayc.org). Ort: Závadka nad Hronom, Slovakia. Veranstalter: International Workshop for Astronomy.

### September 2005

- 2. bis 4. September 2005:  
Swiss Star Party. Info und Anmeldung: Radek Chromik Leuenberger. E-Mail: [radek.chromik@starparty.ch](mailto:radek.chromik@starparty.ch). www.starparty.ch. Ort: Gurnigelpass in den Berner Alpen.
- 29. September bis 2. Oktober 2005:  
4. Teleskoptreffen «Mirasteilas». Info und Anmeldung: José De Queiroz. E-Mail: [teleskoptreffen@mirasteilas.net](mailto:teleskoptreffen@mirasteilas.net). www.mirasteilas.net. Ort: Falera/GR.

### Oktober 2005

- 22. Oktober 2005  
ab 19:00 Uhr: 14. Zumstein-Teleskoptreffen «Faszination Mars». Mit Dr. Bruno Stanek. Info und Anmeldung: Michel Figi, Foto Video Zumstein AG, Casinoplatz 8, 3001 Bern, Tel. 031/311 2113, Fax 031/312 2714.  
E-Mail: [astro@zumstein-foto.ch](mailto:astro@zumstein-foto.ch). www.zumstein-foto.ch. Ort: Restaurant Berghaus Gurnigel/BE. Veranstalter: Foto Video Zumstein AG, Bern.
- 28. bis 30. Oktober 2005:  
5. Stuttgarter CCD-Workshop. Info und Anmeldung: Schwäbische Sternwarte e.V., Seestr. 59/A, D-70174 Stuttgart, BRD, Tel. +49 711 226 0893, Fax +49 711 226 0895.  
[www.sternwarte.de/verein/ccd-ws/](http://www.sternwarte.de/verein/ccd-ws/). Ort: Planetarium Stuttgart (Keplersaal) und Sternwarte Stuttgart, Uhländshöhe. Veranstalter: Schwäbische Sternwarte e.V.

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

## Les Potins d'Uranie

# La paupière du ciel

AL NATH

Les petits hommes de ce monde-là vivaient en harmonie. En harmonie avec eux-mêmes et avec une Nature qu'ils respectaient et dont ils s'inspiraient. Ils s'en sentaient faire partie intégrante. L'épanouissement d'une plante les émerveillait. L'éclosion d'une fleur les enchantait. La maturation des fruits des arbres et de la terre les remplissait de gratitude. Et ils ne prélevaient de cette Nature que ce dont ils avaient vraiment besoin.

Quoi de plus pacifique que l'existence de ces petits hommes? Les conflits entre individus étaient pour ainsi dire inconnus et les frictions éventuelles se réglaient en gestes de générosité réciproque. Un des usages fondamentaux était que chaque petit homme devait chaque soir s'endormir paisiblement, lentement, après avoir fait le bilan de sa journée. Et celui-ci se devait d'être positif.

Toujours dans leur souci d'harmonie avec la Nature, les petits hommes avaient remarqué que le ciel s'endormait lentement lui aussi. Les jours sans nuages, juste après que le Soleil ait glissé sous l'horizon, ils se rassemblaient souvent pour assister à un phénomène qui les remplissait d'une sérénité infinie. Ils contemplaient, à l'opposé du coucher, du côté de l'Est donc, un voile sombre qui s'y levait lentement et qu'ils avaient appelé *la paupière du ciel*. Le ciel commençait à somnoler, lui aussi, à la fin de sa journée, au fur et à mesure que s'allumaient les étoiles qui allaient peupler les songes des petits hommes ...

\*\*\*\*\*

La prochaine fois que vous aussi, vous assisterez à un coucher de Soleil dans un ciel dégagé, essayez tout d'abord d'observer le fameux rayon vert<sup>1</sup>. Mais ne partez pas tout de suite après. Tournez-vous vers le côté opposé, vers l'Est, et soyez patient. Vous verrez alors, comme le décrit très bien Emile Biémont dans un de ses excellents ouvrages<sup>2</sup> qu'une «bande bleutée, sur-

montée d'une zone rougeâtre, se manifeste à ce moment-là à l'horizon. La bande bleutée s'élève progressivement sur l'horizon: c'est l'*arche anticrépusculaire*. Elle est engendrée par l'ombre de la Terre sur les couches les moins élevées de l'atmosphère. La bande ombrée s'élargit progressivement pour atteindre 15° environ en une vingtaine de minutes après le coucher du Soleil. Puis la zone rosée s'estompe et se fond progressivement en une zone blanchâtre qui contraste quelque peu avec le reste sombre du ciel: il s'agit du *contre-crêpuscule*»

AL NATH

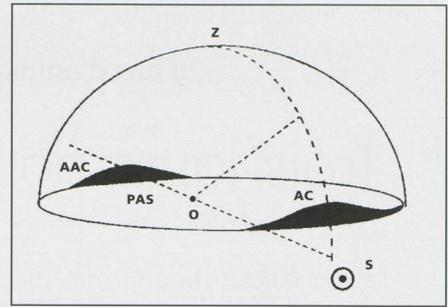


Illustration des éléments du crépuscule extraite de l'excellent ouvrage *Météores et Effets Lumineux dans l'Atmosphère Terrestre* par E. BIÉMONT dans la collection *Que sais-je?* (n° 3146): Z est le zénith de l'observateur O; S est le Soleil couchant et AC l'arc crépusculaire; à leur opposé se trouvent le point antisolaire PAS et l'arc anticrépusculaire AAC, la paupière du ciel des petits hommes de notre histoire. (Reproduit avec l'aimable autorisation de l'auteur, © Presses Universitaires de France, Paris)



### «Europa» Newton Reihe

Durchmesser: von 150 bis 350 mm

Hohe optische Leistungen, geringes Gewicht.

- Europa 250/1200 P (8.0 kg) 1079.- inkl. MWSt
- Europa 300/1200 P (10.0 kg) 1870.- inkl. MWSt
- Europa 350/1600 P (15.0 kg) 2925.- inkl. MWSt

### «GDX Dielectric» (Hilux) Newton Reihe

Durchmesser: von 150 bis 350 mm

Bessere optische Qualität, mit Dielectric-Vergütung, bietet noch mehr Licht (ca. 26%). Inkl. Testbericht.

- GDX 250/1200 P (8.2 kg) 1648.- inkl. MWSt
- GDX 300/1200 P (10.0 kg) 2695.- inkl. MWSt
- GDX 350/1600 P (15.0 kg) 4115.- inkl. MWSt

(Preise für Tubus allein)

Mit jedem Teleskop:

1 mehrsprachige CD-Rom + Kollimation + optische und mechanische Kontrolle durch Herrn B.E. Perret

Hergestellt in Europa

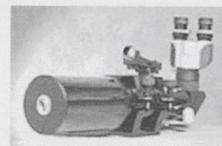


Hergestellt in Kalifornien

### Stellarvue Acromat und Apocromat: hohe Präzision

Optisch sehr gut: es lohnt sich.

- Nighthawk AT1010 80/480 760.- inkl. MWSt
- SV 80/9D 80/750 760.- inkl. MWSt
- SV 80BV Dual BinoViewer 1415.- inkl. MWSt
- APO SV 102V JMI 102/790 3435.- inkl. MWSt



### Stellarvue TMB TRIPLET APO

Optische und mechanische Exzellenz, Feather Touch Focuser mit 2 Gängen.

- Super APO SV 80S F 80/480 2630.- inkl. MWSt
- Super APO SV 105S 105/650 4740.- inkl. MWSt
- Super APO SV 115S 115/805 6815.- inkl. MWSt



### OPTIQUE PERRET – CENTRE TELESCOPES & JUMELLES®

Rue du Perron 17 – 1204 Genf – Schweiz – Tél. 022 311 47 75 – Fax: 022 311 31 95

[www.optique-perret.ch](http://www.optique-perret.ch)

Deutsch gesprochen

Preise inkl. MWST 7.6 %, in Schweizer Franken

unverbindliche Angaben

<sup>1</sup> Voir *Rayons Verts*, Orion 55/3 (1997) pp. 32-33.

<sup>2</sup> *Météores et Effets Lumineux dans l'Atmosphère Terrestre*, Collection *Que sais-je?* 3146, Presses Univ. France, Paris (1997) 128 pp.

20 ans d'animations astronomiques à St-Luc: 20-31 juillet 2005

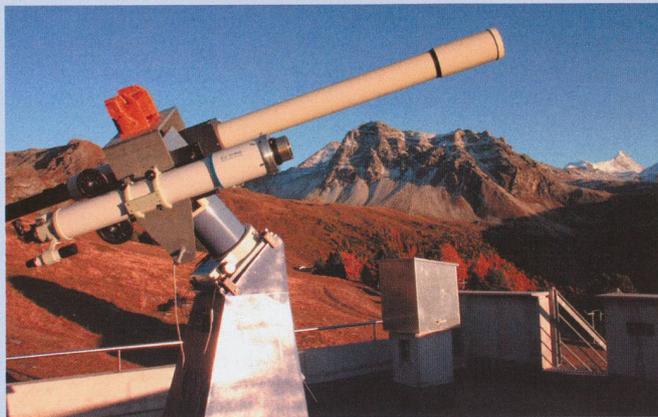
## Trois jours pour explorer la Vie dans l'Univers

*Le village de St-Luc attire amateurs et spécialistes du ciel depuis vingt ans, et son Observatoire souffle ses dix bougies. Ce double anniversaire fera l'objet d'une grande fête cet été, patronnée par la comète de Halley et consacrée au thème de la Vie dans l'Univers.*

Novembre 1985. La comète de Halley approche de son périhélie. La passion des astronomes et l'imagination des profanes s'enflamment autour de cet événement séculaire. A St-Luc, un groupe de scientifiques et d'animateurs touristiques décide d'organiser une soirée avec exposés, projections et observations.

Ce 3 janvier 1986, plus de deux cents personnes affluent, on doit en refuser presque autant. Ce succès inattendu n'est que le début de l'aventure astronomique du village valaisan.

En 1989, un Chemin des Planètes est inauguré. Ce sentier de 6 kilomètres reproduit le système solaire à une échelle réduite (distance: 1 m = 1 million de km; diamètres: 1 cm = 1000 km). St-Luc se situe dans la zone d'Europe centrale la plus favorable à l'observation astronomique, et a bien l'intention d'en profiter. Six ans plus tard, l'Observatoire François-Xavier Bagnoud se dresse au pied des pistes de ski, à 2200 mètres d'altitude. Depuis, il reçoit 5'000 visiteurs par année.



### ■ Personnalités scientifiques de premier plan

L'anniversaire des animations astronomiques et de l'Observatoire sera célébré les 29, 30 et 31 juillet prochains. Trois jours de fête consacrés au thème de la Vie dans l'Univers. L'invité d'honneur est d'ailleurs un extraterrestre authentique et attachant qui habite notre imaginaire collectif: le Petit Prince, dont les textes seront lus par un comédien et dont les images habilleront le village.

La vie dans l'Univers a toujours été l'objet de toutes sortes de rêves et de divagations. La science d'aujourd'hui, en particulier grâce à la découverte des exoplanètes, mais aussi aux extraordinaires développements de la physique et de l'astronautique, permet d'énoncer et d'aborder la question par des voies positives. Des personnalités scientifiques de premier plan, auteurs de travaux sur le sujet, s'exprimeront lors de conférences «grand public»: MICHEL GRENON, ANDRÉ MAEDER, MICHEL MAYOR, STÉPHANE BERTHET sera, quant à lui le meneur de jeu. L'astronaute CLAUDE NICOLIER sera également de la partie: il s'exprimera sur des problèmes spatiaux d'actualité lors de la cérémonie officielle d'anniversaire le dimanche 31 juillet.

### ■ La comète de Halley en chemin

Les pionniers de cette aventure sont les scientifiques JEAN-CLAUDE PONT (mathématicien, professeur en histoire et philosophie des sciences à l'Université de Genève) et GEORGES MEYNET (astrophysicien à l'Observatoire de Sauverny). Inspirés par la comète de Halley il y a vingt ans, ils ne pouvaient fêter cet anniversaire sans rendre hommage à leur «mascotte». La comète va DONC rejoindre le Chemin des planètes. L'objet, dessiné et construit pour l'occasion, sera présenté avec ses différentes positions et dates de passages. Il sera déplacé chaque année et son «remuage» fera l'objet d'une petite célébration festive.



**Observatoire François-Xavier Bagnoud • 3961 St-Luc**  
+41 (0)27 475 58 08  
info@ofxb.ch • <http://www.ofxb.ch/>

**Neuerscheinungen aus dem Elsevier / Spektrum akademischer Verlag:**

**SLAWIK, E. / REICHERT, U.: Atlas der Sternbilder – Ein astronomischer Wegweiser in Photographien.** München, Elsevier / Spektrum akademischer Verlag 2004. 212 S., Glossar, Index. Geb., ISBN 3-8274-1516-0, Euro 50.00.

Der *Atlas der Sternbilder* ist in seiner Art einzigartig. Der gesamte Sternenhimmel ist in grossformatigen Farbphotos abgebildet. Diese Übersichtsufnahmen mit einer Seitenlänge von etwa 60 x 60 Grad stellen die 88 Sternbild-Konfigurationen des Nord- und Südhimmels in ihrer ganzen Ausdehnung dar. Sie lassen nicht nur die Eigenfarben der Sterne und anderer Himmelsobjekte wie z.B. Gasnebel erkennen, sondern versuchen zu zeigen, wie das nächtliche Firmament dem blossen Auge erscheint. Mit einer besonderen Aufnahmetechnik wurde versucht, die Helligkeitsunterschiede der Sterne derart auf die Photoplatten abzubilden, wie sie vom Auge wahrgenommen werden. Dadurch treten die hellsten Sterne, die seit der antike zu Bildern und Figuren gruppiert wurden, markant aus der Vielzahl der lichtschwächeren Sterne hervor. Dies mag zwar ein Vorteil bei der Identifizierung der einzelnen Sternbilder sein. Die Photographien entsprechen dadurch aber leider nicht mehr dem tatsächlich beobachtbaren Anblick. Die hellsten Sterne, die von blossen Auge zwar sehr hell, aber dennoch als Punkte wahrgenommen werden, erhalten auf den Photographien durch die besondere Aufnahmetechnik viel zu grosse Durchmesser und erscheinen daher als «flächenhafte» Objekte, die von hellen Kugelnsternhaufen oder kompakten Galaxien kaum zu unterscheiden sind. Trotz dieses durch die vorgegebene Zielsetzung vermutlich unvermeidbaren Kompromisses darf der *Atlas der Sternbilder* mit seinen zahlreichen «Nahaufnahmen» von Galaxien, Sternhaufen und Nebel sowie seinen farbigen Orientierungskarten und zusätzlichen historischen und astrophysikalischen Angaben als gelungene Darstellung bezeichnet werden. Laien, Fortgeschrittene wie auch Lehrer werden diesen *Atlas der Sternbilder* mit Vorteil zum Lernen, zum Genuss und zum Lehren verwenden.

**SEYMOUR, P. A. / BACON, D. H.: Das Ticken des Kosmos – Streifzüge durch die Ideengeschichte der Astronomie.** München, Elsevier / Spektrum akademischer Verlag 2004. X, 342 S., zahlr. Abb. u. Tab., Bibliographie, Index. Geb., ISBN 3-8274-1544-6, Euro 30.00.

Das *Ticken des Kosmos* ist eine Geschichte der Astronomie – von den archäologisch belegten Anfängen der Sternkunde über die kosmologischen Vorstellungen der Antike bis hin zum heutigen Raumfahrtzeitalter. Im Vordergrund stehen nicht die astronomischen Entdeckungen, sondern die Entwicklungsgeschichte der in der beobachtenden Astronomie verwendeten Instrumente und

Technologien, welche diese Entdeckungen erst ermöglicht haben. Zentrales Thema dieser Entwicklung ist naturgemäss die Entstehung und Weiterentwicklung der astronomischen Uhren, von den ersten Sonnenuhren über die verschiedenen Pendeluhr bis hin zu den Atomuhren unserer Zeit. Aber auch astronomische Modelle wie Armillarsphären, Globen und Planetarien werden vorgestellt. Die eigentlichen Beobachtungsinstrumente, die im Laufe der Jahrhunderte in der Astronomie verwendet wurden und eine bedeutende Rolle spielten (insbesondere die vielen verschiedenen Teleskoptypen), werden in dieser Darstellung allerdings nur am Rande erwähnt. Anbeachtlich der überragenden Bedeutung, welche die Zeitmessung in der Astronomie einnimmt, mag diese «Gewichtung» jedoch gerechtfertigt sein. Das *Ticken des Kosmos* ist ein reichhaltiges und informatives Buch, das einem beim Lesen das «Ticken der Eigenzeit» vergessen lässt.

**WITT, V.: Astronomische Reiseziele für unterwegs.** Sternwarten, Museen und Schauplätze der Astronomie. München, Elsevier / Spektrum akademischer Verlag 2004. IX, (1), 334 S., zahlr. farb. Abb., Bibliographie, Index. Geb., ISBN 3-8274-1414-9, Euro 30.00.

Dieses Buch vereint zwei Leidenschaften: das Reisen und die Astronomie. Es ist daher sowohl originell in seiner Art wie auch praktisch in seiner Anwendung. Ist man schon auf Reisen, warum nicht gleich zur Astronomie reisen, für die man sich interessiert? *Astronomische Reiseziele für unterwegs* ist ein astronomischer Reiseführer. Er beschreibt die astronomischen Sehenswürdigkeiten wie historisch bedeutende Sternwarten, Museen, moderne Observatorien, aber auch die Orte besonders eindrücklicher Krater und Meteoriten. Strukturiert nach Ländern und Sehenswürdigkeiten bietet dieses Buch eine schnelle und umfassende Orientierung über die bedeutenden Schauplätze der Astronomie, seien dies Sternwarten und Forschungsstätten oder Denkmäler der Astronomiegeschichte. Die meist öffentlich zugänglichen Institutionen sind sorgfältig beschrieben und alle nötigen Informationen wie Kontakt-Adressen, Telefonnummern, E-Mail-Adressen, geographische Koordinaten, Öffnungszeiten, Besuchsmöglichkeiten, Führungen und Anfahrtswege angegeben. Das empfehlenswerte und nützliche Buch ist unverzichtbar für alle, die eine Reise planen (z.B. zu einer Sonnenfinsternis) und zugleich die «auf dem Weg liegenden» astronomischen Sehenswürdigkeiten besuchen möchten.

**HOFFMANN, D. / LAITKO, H. / MÜLLER-WILLE, S. (Hrsg.): Lexikon der bedeutenden Naturwissenschaftler.** (Buchausgabe) Gesamtausgabe in 3 Bänden. Heidelberg, Elsevier / Spektrum Akademischer Verlag 2004. 1634 S., 1200 s/w Abb. Geb., ISBN 3-8274-0400-2, Euro 297.00, CHF 476.00 (Subskriptionspreis)

**Neuheiten bei Sky-Watcher®**



• ED 80 APO und ED 100 APO



|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| <b>Ausführungen:</b>           | CHF inkl. MWSt |
| - Tubus allein ED 80           | 598.-          |
| - Komplettes System ED 80 EQ5  | 1150.-         |
| - Tubus allein ED 100          | 1235.-         |
| - Komplettes System ED 100 EQ5 | 1765.-         |

• EQ6 SkyScan GOTO



Automatisches Anfahren mit der SkyScan Hand-Steuerung auf über 13'400 Objekte

Als offizieller Vertreter für die Schweiz haben wir das ganze SKY-WATCHER Programm auf Lager.

**Orion® Teleskope**



Refractor Revolution!



NEU!

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>Orion ED 80 APO</b>                                  |                   |
| - 80/600 nur Tubus                                      | 698.- inkl. MWSt  |
| - SVP ED 80 APO EQ mit deutscher Montierung SkyView Pro | 1235.- inkl. MWSt |
| - idem + Motore + Polar Sucher                          | 1448.- inkl. MWSt |

|  |                   |
|--|-------------------|
| <b>Orion ED 100 APO</b>                                  |                   |
| - 100/900 nur Tubus                                      | 1375.- inkl. MWSt |
| - SVP ED 100 APO EQ mit deutscher Montierung SkyView Pro | 2085.- inkl. MWSt |
| - idem + Motore + Polar Sucher                           | 2275.- inkl. MWSt |

SkyQuest® XT IntelliScope Dobson



**IntelliScope, mit Handsteuerung geliefert**

|        |                   |
|--------|-------------------|
| - XT6  | 844.- inkl. MWSt  |
| - XT8  | 933.- inkl. MWSt  |
| - XT10 | 1239.- inkl. MWSt |
| - XT12 | 1598.- inkl. MWSt |

Als offizieller Vertreter für die Schweiz haben wir das ganze ORION Programm auf Lager.

**QuickFinder**

Sucher ohne Vergrösserung

ZWEI ROTE KREISE VON JE 0.5° UND 2°, KÖNNEN AUCH BLINKEN. IDEAL FÜR KLEINE TELESKOPE.

QuickFinder, mit Batterien 64.- inkl. MWSt



Mit jedem Teleskop, 1 mehrsprachige CD-Rom + Kollimation + optische und mechanische Kontrolle durch Herrn B.E. Perret



**OPTIQUE PERRET**  
CENTRE TELESCOPES & JUMELLES®  
Rue du Perron 17 - 1204 Genf - Schweiz  
Tél. 022 311 47 75 - Fax: 022 311 31 95  
[www.optique-perret.ch](http://www.optique-perret.ch)  
Deutsch gesprochen

Preise inkl. MWST 7.6 %, in CHF unverbindliche Angaben

In den Lebensläufen der Forscher verbindet sich der historische Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnis mit den sozialen und kulturellen Umständen der jeweiligen Zeitepoche zu einem schwierigen, nicht selten auch Irrtümer, Rückschläge und Umwege einschließenden Prozess schöpferischer Suche. Das *Lexikon der bedeutenden Naturwissenschaftler* porträtiert in drei Bänden Leben und Werk von über 1500 bedeutenden Mathematikern, Naturwissenschaftlern und Technikern, die in der Weltgeschichte der Naturwissenschaft deutliche Spuren hinterlassen haben. Ihr Spektrum erstreckt sich von den antiken Denkern über die Naturphilosophen des Mittelalters und der arabisch-islamischen Welt bis zu den Begründern und Klassikern der modernen Naturwissenschaft und zu herausragenden Vertretern von Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Geowissenschaften, forschender Medizin und Technik aus der jüngeren und jüngsten Vergangenheit. Als Herausgeber zeichnen drei erfahrene Berliner Wissenschaftshistoriker verantwortlich. Die von über 200 ausgewiesenen Autoren verfassten Biografien enthalten neben den Lebensdaten der Gelehrten vor allem zusammenfassende Würdigungen ihrer wissenschaftlichen Leistungen im Kontext ihrer Zeit. Die Palette der in ausführlichen Essays besonders hervorgehobenen Persönlichkeiten reicht von ARISTOTELES über CHARLES DARWIN bis ALBERT EINSTEIN, VON LEONARDO DA VINCI über ROBERT OPPENHEIMER bis FRITZ HABER. Disziplinenübergreifende Bezüge, die Verknüpfung mit vorhergehenden Wissenschaftstraditionen und die Wirkungen der jeweiligen Persönlichkeit auf die nachfolgende Wissenschaftsentwicklung sind weitere wichtige Akzente der Darstellung. Abbildungen sowie Hinweise auf wichtige Originalarbeiten und biographische Literatur runden die einzelnen Beiträge ab. Ein ausführliches Personen- und Sachwortregister erlaubt es der Leserschaft, den reichen Informationsgehalt des Lexikons vielfältig zu nutzen. Das *Lexikon der bedeutenden Naturwissenschaftler* wendet sich an einen breiten Leserkreis mit Interesse an den Naturwissenschaftlern und ihrer Geschichte.

ANDREAS VERDUN

**DENIS SAVOIE; BELIN, «Les cadrans solaires», Pour la Science**, 2003, 128 pp., plus de 116 figures, relié, ISBN 2-7011-3338-6, Euro 17.90.

Voilà un ouvrage très complet, sérieux et d'un abord plaisant pour qui veut comprendre et approfondir l'art de la gnomonique. Le sujet est plutôt austère, mais l'auteur a bien réussi à le rendre attrayant grâce à un grand nombre de photographies, de dessins et de schémas clairs et très soigneusement réalisés. Les explications sont bien conçues, et les quelques endroits où le lecteur pourrait à première vue se sentir frustré par l'absence d'une démonstration ont au contraire l'avantage de ne pas être excessivement chargés, puisque la démonstration est, en fait, simplement reléguée dans une annexe. Seule manque, me semble-t-il, la démonstration du principe du cadran

indiquant les heures italiques et babyloniennes. Pratiquement tous les types de cadrans solaires sont passés en revue et expliqués: cadrans équatoriaux, horizontaux, polaires, verticaux, analemmatiques, cadrans de hauteur. Le dernier chapitre est même consacré aux cadrans solaires sous les tropiques, car cette situation particulière donne lieu à quelques curiosités intéressantes, et il est rare que celles-ci soient exposées. Des indications très concrètes sont données pour ceux qui désirent construire eux-mêmes un cadran, et cela pour chacun des types. Même la construction d'une «boussole solaire» est proposée.

Je n'ai trouvé qu'une seule erreur dans les nombreux schémas qui agrémentent ce livre: sur la Fig. 90 qui illustre le principe du cadran à réflexion, la courbe représentant la course diurne de l'image du soleil sur le cadran est orientée de manière incorrecte. Au lieu de passer par un minimum au méridien, elle y est en réalité à son point le plus haut, et devrait s'infléchir vers le bas le matin et le soir (p.79). Par ailleurs, pour une prochaine édition, il faudra corriger l'adresse du site web [www.bdl.fr](http://www.bdl.fr) en [www.imcce.fr](http://www.imcce.fr), le Bureau des Longitudes étant devenu l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides.

Le texte proprement dit, qui comporte 101 pages, est suivi d'annexes très utiles: «Petit test» comportant une douzaine de questions de valeur pédagogique, permettant au lecteur de vérifier sa compréhension et d'exercer les notions exposées dans le livre. Chaque question trouve sa réponse sur la page d'en face. L'annexe suivante donne l'orientation des lignes horaires pour différentes latitudes de la France métropolitaine, et pour trois types de cadrans. Suivent les tables de l'équation du temps et de la latitude du soleil, les formules du mouvement diurne, quelques démonstrations et huit problèmes de gnomonique. Une annexe comporte encore quelques tuyaux pour la construction d'un cadran; une autre signale une vingtaine de devises recensées un peu partout en France, y compris certaines en breton, en catalan ou en alsacien. Une bibliographie et un glossaire complètent cet excellent ouvrage.

En conclusion, ce livre est d'une très bonne qualité, et s'avère attrayant non seulement par son sérieux, sa facture – en particulier les magnifiques schémas – et son caractère quasi exhaustif, mais aussi par son prix assez modeste. Comme pour tout ouvrage de caractère technique, le lecteur doit fournir un certain effort, mais c'est là un passage obligé, et celui qui se lancera dans la construction d'un cadran sera très bien guidé dans son entreprise.

PIERRE NORTH

**PRÖLS G. W.: Physik des erdnahen Weltraums**. Springer Verlag, 2004. 2. Aufl. XVI, 528 S. 263 Abb., 4 in Farbe. Euro 39.95, sFr 64.00, ISBN 3-540-40088-5.

Deuxième édition d'un livre qui se veut une introduction aux domaines, méthodes et résultats de la physique extra-terrestre. Il s'adresse à un large public qui toute fois doit posséder des connaissances en mathématique et

physique correspondant aux premières années d'études universitaires. Les connaissances spécifiques des domaines abordés sont développées dans le livre lui-même. Le sens donné au terme «physique extra-terrestre» est celui de l'étude physique des particules et champs du système solaire et de son environnement immédiat. La notion de particule comprend celle d'atome, de molécule, d'ion et d'électron mais exclus les poussières. Les champs qui sont abordés sont avant tout les champs magnétiques et électriques. La notion de gravitation est considérée comme connue. La physique décrite dans ce livre est le maillon qui relie la physique solaire, la planétologie et la météorologie à l'astronomie. Vue depuis la terre, c'est la physique concernée par l'espace entre 100 km et 1000 UA environ. Voici quelques exemples de sujets abordés: explication de la distribution de la densité observée dans la haute atmosphère neutre (thermosphère), absorption et dissipation du rayonnement solaire dans la thermosphère, la ionosphère, la magnétosphère, absorption et dissipation de l'énergie du vent solaire etc. ... Je pense que ce livre comble une lacune certaine. Généralement, ces sujets font l'objet de livres au contenu très pointu, ou de comptes-rendus de congrès donc, dans un cas comme dans l'autre, pas très accessibles. C'est un livre intéressant, il nous aide à comprendre notre environnement planétaire et, pour les étudiants en physique, il représente l'application à un cas concret et peu banal des notions de base qu'ils étudient dans les premières années d'un curriculum de physique. Au nom d'une notion de culture générale chère aux humanistes issus des lumières, il vaut la peine de consacrer un peu de son temps à ce livre.

**WALLER W. H., HODGE P. W.: Galaxies and the Cosmic Frontier**, Harvard University Press, 2003, 317 pp, £ 19.95, ISBN 0-674-01079-5. Les éditions successives de ce livre sont une démonstration parlante de son succès auprès du public amateur d'astronomie et de l'intérêt que ce public porte à la connaissance de notre univers. La première édition date de 1943 et a été rédigée par Harlow Shapley. Pour tenir compte de la somme importante de découvertes et de l'avancement incroyable dans la compréhension de notre univers, une quatrième édition entièrement revue a été publiée en 1986 sous la plume de Paul Hodge. Qui n'hésite pas à se remettre à l'ouvrage en 2003 avec l'aide de W. H. Waller pour nous offrir une cinquième édition remise à jour est contenant les toutes dernières nouvelles sur l'histoire de notre univers.

Grâce à l'évolution des instruments, que ce soit le télescope spatial Hubble ou les géants au sol (comme le VLT par exemple), les astrophysiciens sont actuellement capables de voir et étudier des galaxies situées seulement à quelques centaines de milliers d'années du Big-Bang. Autrement dit des galaxies très jeunes. Et plus que jamais on réalise que l'histoire de notre univers est intimement liée à celles des galaxies.

Le livre s'adresse au grand public et requiert peu de connaissances scientifiques spécifiques pour en apprécier la lecture et le contenu. On peut idéalement découper le texte en trois grandes subdivisions dans lesquelles les auteurs nous font découvrir l'essentiel du savoir actuel sur les galaxies et sur ce fantastique puzzle de galaxies qu'est l'univers.

La première partie est consacrée aux généralités sur les galaxies et leur environnement. De leur classification à leur création et évolution en passant par les populations stellaires, les gaz interstellaires, la matière noire, les machos et les wimps on apprend à connaître ces étranges objets que sont les galaxies et l'environnement dans lequel elles évoluent. La deuxième partie nous dévoile les secrets de notre galaxie, la Voie Lactée et consacre une place importante à son environnement. On y évoque les Nuages de Magellan, les naines du groupe local, les voisines géantes (M31, M33, M81 etc. ...). On y parle aussi de régions HI géantes, de formation d'étoiles et d'interaction de galaxies. Enfin pour terminer le livre traite de la structure à grande échelle de l'univers: les amas et superamas de galaxies, les vides, les filaments et boucliers et de l'expansion de l'univers. L'énergie noire et le big-bang font aussi partie de ce troisième volet qui complète un tableau exhaustif sur la connaissance de notre univers. Si le texte en anglais ne représente pas un obstacle et si l'on désire s'instruire sur notre univers d'une façon scientifiquement correcte et actuelle, alors il ne faut pas hésiter à acheter ce livre.

**NORTH GERALD: *Astronomy in Depth***, Springer Verlag, 2003. XVII, 230 pp, Euro 24.95, CHF 43, £ 16.95, US\$ 29.95, ISBN 1-85233-580-7

Chaque année une quantité appréciable de personnes commence des «études» d'astronomie mais en restant le plus souvent à un niveau amateur. Il existe, sur le marché, une pléiade de livres de niveau élémentaire pleins de magnifiques photos couleurs mais extrêmement pauvre en explications simples de genre: «pour quelle raison les «choses» sont-elles ce qu'elles sont». Le livre de North est destiné à celles et à ceux qui veulent dépasser le stade «coffee-table book» et aborder l'astronomie d'une façon plus sérieuse, plus approfondie et plus scientifique. Pour pouvoir offrir ce livre à un prix très compétitif, l'éditeur a posé des limites très sévères concernant les illustrations: des images seulement en noir et blanc et un nombre restreint de schémas. L'auteur considère que les multiples revues d'astronomie et les innombrables sites Internet sont accessibles à tous et permettent de se constituer une iconographie en couleur aussi riche que l'on veut. L'utilisation des mathématiques est restreinte et demande un niveau de connaissances correspondant à la 1<sup>er</sup>-2<sup>e</sup> du collège, filière scientifique. Les paragraphes sont très courts, mais contiennent l'essentiel. La couverture des sujets est très complète avec intégration des dernières découvertes et avancées de l'astronomie.

C'est un excellent livre d'initiation qui permet d'avoir très rapidement une vision globale et claire de l'univers.

**KITCHIN CHRIS: *Illustrated Dictionary of Practical Astronomy***, Springer Verlag, 2002. 273 figs. VIII, 280 pp, Euro 29.95, sFr 51.50, £ 20.00, US\$ 34.95, ISBN 1-85233-559-9

Le but de l'auteur est de mettre à la disposition des astronomes amateurs, qu'ils soient novices ou chevronnés, une source d'information d'accès rapide et suffisamment détaillée pour être utilisée et opérationnelle immédiatement. Avec 1876 entrées, ce dictionnaire couvre largement les domaines de la terminologie, des techniques, des instruments, des formules de base (par exemple le calcul de la précession des équinoxes) et des processus fondamentaux de l'astronomie. Avec des textes clairs et courts et une riche illustration (photos, dessins, schémas), une présentation moderne et agréable, ce dictionnaire est certainement un précieux outil.

**L. BERGSTRÖM, A. GOOBAR: *Cosmology and Particle Astrophysics***, Springer Verlag 2004, 82 figs. 5 tabs. 8 colpl. XVI, 364 pp, 69.95\$, 123.5 CHF, 89.95 US\$, ISBN 3-540-43128-4

Cette nouvelle édition (c'est la deuxième, la première est parue en 1998) est entièrement revisitée. Elle contient de nombreuses mises à jour par rapport à toutes les avancées faites ces six dernières années dans le domaine de la cosmologie et des particules élémentaires. La compréhension des premiers instants de l'univers ne peut se faire sans de sérieuses connaissances en physique des particules. Ce livre a le grand mérite de réunir en un seul document, cosmologie et physique des particules, sujets qui sont exposés dans de très bons livres, mais séparément, et d'une façon trop pointue pour une première approche. Il s'agit d'un excellent livre pour des étudiants en astrophysique. Il est le complément indispensable à tout cours de cosmologie. En principe tous les chapitres se terminent par un résumé succinct et quelques énoncés de problème qui permettent de tester le niveau de compréhension des notions de base exposées dans le chapitre. Le livre commence par la description de l'univers observable. Parmi les sujets abordés, par la suite, on trouve la relativité spéciale et générale et les solutions des équations d'Einstein, les lentilles gravitationnelles, les particules élémentaires, le rayonnement fossile, les rayons cosmiques, les neutrinos, pour terminer avec les ondes gravitationnelles. A la fin du livre, on trouve des compléments sur la relativité générale, la dynamique relativiste, l'équation de Dirac et les fluctuations quantiques du vide.

**W. PATRICK McCRAE: *Giant Telescopes, Astronomical Ambition and the Promise of Technology***, Harvard University Press 2004, 367 pp, 29.95 £, ISBN 0-674-01147-3

Ce livre décrit en prenant comme prétexte la réalisation du projet de construction des télescopes géants, le projet Gemini, une tranche de l'histoire de l'astronomie américaine post deuxième guerre mondiale. Le projet

Gemini, comme le nom le suggère, prévoyait la construction de deux télescopes géants de 8 mètres (diamètre du miroir principal). Le premier est entré en service en 1999 et est situé sur le Mauna Kea (Hawaii), le deuxième a été inauguré en 2002 et est situé sur le Cerro Pachon (Chili). Mais laissons la parole à l'auteur, la personne la plus compétente pour exprimer les buts de ce livre: ... «Le projet Gemini, plus que tout autre projet de construction de télescope géant, présente une opportunité exceptionnelle pour examiner les grands changements qui caractérisent l'astronomie (américaine) de l'après guerre et la science en général. Le «paysage» de l'astronomie américaine a été profondément façonné par la résolution des conflits créés par les grands projets extrêmement coûteux qui ont testé la détermination et la cohésion de la communauté scientifique..... Plus qu'une simple histoire sur comment les scientifiques l'emportent, dans leurs croisades pour des nouveaux télescopes, face aux tracasseries techniques, bureaucratiques et financières, ce livre illumine les échecs et les triomphes de la planification, de la conception et de la construction d'équipements modernes pour une science de pointe. Il décrit le déficit assumé par les ingénieurs, les buts des astronomes, les intérêts des observatoires et des universités, les machinations de scientifiques éminents, de patrons et politiciens lorsque il s'agit de construire ces nouveaux outils géants. ....».

FABIO BARBLAN

**SHOSTAK, S. / BARNETT, A.: «Cosmic Company. The Search for Life in the Universe»**, Cambridge University Press, 2003, 161 pp., relié, ISBN 0-521-82233-5, £ 19.99, US\$ 30.00.

Il s'agit là d'un livre d'excellente vulgarisation à l'américaine, destinée à un public large mais curieux et avide de s'instruire. C'est le seul livre dédié à la recherche de la vie extraterrestre intelligente qui, à ma connaissance, offre au lecteur une réelle explication détaillée et vulgarisée de la fameuse formule de Drake donnant le nombre de civilisations galactiques capables de communiquer. Cette simple constatation suffit à montrer la qualité du livre, qui présente honnêtement la recherche de vie intelligente extraterrestre bien que forcément avec un point de vue quelque peu partisan, puisque Seth Shostak est un des piliers de l'Institut SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence). A cet égard, le titre très général est un peu trompeur, car le propos du livre est essentiellement axé sur la question de la vie intelligente, plutôt que de la vie en général. La question est traitée en sept chapitres, écrits d'une plume alerte, en un langage précis, direct et souvent empreint d'un certain humour. Les esprits exigeants – ou chagrins, selon le point de vue – seront peut-être surpris par le ton légèrement populaire du texte: c'est de l'anglais parlé et non littéraire, où les contractions sont systématiquement utilisées («you'll realize that there's no way we can prove we're alone», par exemple, en p. 35). On pourrait y

## BUCHBESPRECHUNGEN BIBLIOGRAPHIES

voir quelque démagogie, mais je pense qu'il s'agit plutôt, dans l'esprit des auteurs, d'un souci d'atteindre le plus grand nombre, un peu comme dans le cas de la «Bible en français courant».

Le premier chapitre décrit l'univers dans ses grandes lignes, pour définir en particulier où l'on peut s'attendre à trouver de la vie, et explique notamment la notion de zone d'habitabilité. Le deuxième chapitre discute la meilleure «architecture» possible d'un être intelligent dans notre univers, montrant que, même si E.T. peut être très différent de nous, il aura néanmoins, assez probablement, une tête avec au moins deux yeux mais pas beaucoup plus. Cette dernière considération est basée sur l'inévitable compromis entre la nécessité de voir en relief et l'énergie que le cerveau peut se permettre de consacrer au traitement de l'information venant des yeux. Une telle réflexion avait d'ailleurs déjà été menée il y a plusieurs décennies par FRED HOYLE («Hommes et galaxies», Dunod, 1969, p. 37). Le chapitre 3 discute plus spécifiquement l'évolution vers la vie intelligente, en en mentionnant l'importance quant à la question de la place de l'homme dans l'univers, et en spéculant sur sa prolongation dans des machines intelligentes. Le quatrième chapitre discute la question inévitable des OVNI, en expliquant pourquoi nous n'avons aucune preuve sérieuse de leur origine extraterrestre et artificielle. Le chapitre 5 montre que les signaux radio ou optiques sont le meilleur moyen de contact avec E.T., et le chapitre 6 explique magistralement la formule de Drake. Le dernier chapitre évoque l'avenir en expliquant les projets en matière de recherche SETI, et insiste sur le fait que seule une infime fraction des 100 milliards d'étoiles de notre Galaxie ont été explorées dans ce contexte, laissant ainsi espérer malgré tout.

Ce livre est bien fait, sobre dans son texte mais moins dans les illustrations, d'ailleurs très nombreuses mais parfois un peu journalistiques et «tape-à-l'œil», si j'ose dire. La présentation est néanmoins très bonne dans l'ensemble, et de nombreux encadrés expliquent tel ou tel aspect laissé de côté par le texte principal, selon la bonne tradition des grandes revues de vulgarisation scientifique. La cause de SETI est intelligemment défendue (même si le sceptique reste insatisfait), avec les arguments bien huilés qui ont eu plus de quarante ans pour mûrir, et une prudence et une sobriété telles que le lecteur ne peut qu'en être rassuré. Toutefois, l'encadré sur le fameux signal «Wow!» (d'origine sans doute artificielle mais probablement terrestre, nul ne le saura jamais) laisse craindre qu'une longue polémique sur ce que l'on pourrait appeler les URS (Unidentified Radio Signals) succède à celles des UFO (Unidentified Flying Objects)...

PIERRE NORTH

## Impressum Orion

### Leitende Redaktoren/Rédacteurs en chef:

**DR. NOËL CRAMER**, Observatoire de Genève, Ch. des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny  
Tél. 022 379 23 24  
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:

2300 Exemplare, 2300 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, CP352, 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.  
Tel. 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 STAMPELI**, 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: th\_baer@bluewin.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

**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**,  
Oescherschstrasse 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**,  
Huebacher 919, CH-8637 Laupen  
e-mail: mike.kohl@gmx.ch

### Astro-Lesemappe der SAG:

**CHRISTOF SAUTER**,  
Weinbergstrasse 8,  
CH-9543 St. Margarethen

ISSN 0030-557 X

## Inserenten / Annonceurs

- **ASTROINFO**, Seite/page 26, 30; • **ASTRO-LESEMAPPE**, Seite/page 26; • **ASTRO-MATERIAL**, Seite/page 17; • **DARK-SKY SWITZERLAND**, Stäfa, Seite/page 12; • **GALILEO**, Morges, Seite/page 43; • **MEADE INSTRUMENTS EUROPE**, D-Borken/Westf, Seite/page 2; • **OBSERVATOIRE FRANÇOIS-XAVIER BAGNOUD**, St-Luc, Seite/page 38; • **OPTIQUE-PERRET**, Genève, Seite/page 37, 39; • **WYSS FOTO**, Zürich, Seite/page 44; • **ZUMSTEIN FOTO-VIDEO**, Bern, Seite/page 32.

# Galileo

## Ein neues Mekka für Amateur-Astronomen und solche, die es gerne werden möchten.

Seit Januar dieses Jahres bedient Sie GALILEO in neuen Räumlichkeiten auf über 350 Quadratmetern mitten im Herzen von Lausanne.



### Die Philosophie

Bei Ihrem Besuch können Sie zwischen einer Vielzahl von Instrumententypen der namhaftesten Herstellern vergleichen. Zur Ergänzung Ihrer Grundausstattung bietet GALILEO zudem eine äusserst umfangreiche und stets verfügbare Zubehörpalette an.



Bei GALILEO werden Sie kompetent und sehr ausführlich beraten - selbstverständlich auch auf Deutsch. Bastien Confino, Bertrand Tièche und Christophe Perroud helfen Ihnen gerne, im Rahmen Ihrer Erwartungen, Kenntnissen und Ambitionen aber natürlich auch im Rahmen Ihres Budgets, das für Sie am besten geeignete Instrument mit dem entsprechenden Zubehör zu finden.

### Die Dienstleistungen

Bei GALILEO ist es eine Selbstverständlichkeit, dass Sie eine detaillierte Einführung zum Aufbau, der Bedienung und der Pflege Ihres Instrumentes erhalten. Auch bei Ihren ersten Schritten und später, wenn Sie bereit sind, das volle Potential Ihres Instrumentes auszuschöpfen, sind die Profis von GALILEO stets mit Rat und Tat für Sie da.

### Astronomie-Bibliothek



Suchen Sie Literatur zur Astrofotografie? Zu wissenschaftlichen oder aktuellen Themen? Oder vielleicht zur Geschichte der Astronomie? GALILEO bietet Ihnen für solche Zwecke freien Zutritt in die auf Astronomie spezialisierte hauseigene Bibliothek. In einer ruhigen und gemütlichen Umgebung können Sie in Büchern schmökern oder ganz einfach nur die neusten Zeitschriften durchblättern, gerade so, wie Sie es gerne möchten.



### Astronomie-Kurse

Auf mehrfachen Wunsch von Kunden und sehr vieler interessierten Leute aus der breiten Bevölkerung hat sich GALILEO mit Amateur-Astronomen und Wissenschaftlern zusammen geschlossen und die "ERA" (Ecole Romande d'Astronomie) gegründet. Diese für die Schweiz einzigartige Institution ist nicht nur ein Ort, wo jedermann seinen Wissensdurst stillen kann und Antworten auf brennende Fragen findet, sondern auch ein Treffpunkt für Leute, welche die gleiche Passion für die Astronomie teilen. Neben den Kursen werden zusätzlich Beobachtungswochenende in St. Luc (VS) organisiert. Die Mehrheit der Kurse werden auf Französisch gehalten, auf Nachfrage jedoch aber auch in Deutsch oder Englisch. Sollten Sie jetzt neugierig geworden sein oder möchten Sie mehr erfahren, dann gehen Sie doch einfach auf die Homepage von GALILEO oder am besten gleich einmal in Lausanne vorbei. Das Team von GALILEO ist von Montag bis Samstag für Sie da und freut sich auf Ihren Besuch.



Meade - Celestron - TeleVue - Takahashi - William Optics - Vixen - Intes - Intes Micro - Coronado - Denkmeier SkyWatcher - Losmandy - Discovery - Obsession - TEC - OGS - RCOS - FLI - SBIG - Apogee - Thousand Oaks ScopeTronix - SolarScope - Miyauchi - Starway - Lumicon - Software Bisque - Parallax - StarryNight

[www.galileo.cc](http://www.galileo.cc)

[info@galileo.cc](mailto:info@galileo.cc)

350 Quadratmetern - Shop - Astronomie-Kurse ([www.eraastro.ch](http://www.eraastro.ch)) - Bibliothek  
Neue Adresse : GALILEO - Rue de Genève 7 - 1003 Lausanne - Tél : +41 (0) 21 803 30 75 - Fax : +41 (0) 21 803 30 77

Die neue Sphinx ist die Basis für ein neues revolutionäres Montierungssystem, auf das sowohl Anfänger wie auch Profis bauen können. Mit der neuen StarBook-Steuerung setzt Vixen Maßstäbe für eine wirklich bedienerfreundliche und auch für Einsteiger geeignete GoTo-Steuerung. Durch die grafische Benutzerführung ist jeder, der über sich den gestirnten Himmel sieht, in der Lage, sein Teleskop präzise und einfach auf das gewünschte Himmelsobjekt zu fahren. Unterstützt werden Sie von der variablen, im Display angezeigten Tastaturbelegung.

### Sphinx-Montierung - die Pluspunkte

- völlig neu entwickeltes und zum Patent angemeldetes Achsenkreuz mit integrierten Servomotoren und serienmäßiger GoTo-Steuerung
- Zuladung Refraktoren bis ca. 130mm Öffnung und Reflektoren bis ca. 200mm Öffnung
- 180-zählige Präzisionsschneckenantriebe in beiden Achsen
- Polhöhe einstellbar von 0° bis 70° geografischer Breite per feingängiger Tangentialschnecke
- optionaler Polsucher (System Atlas) mit Dosenlibelle für hochgenaue Poljustage, Beleuchtung bereits ins Montierungsgehäuse eingebaut
- reduziertes Rotationsmoment durch kompakte und stabile Montierungs-Neukonstruktion
- robustes Tischstativ oder eine Weiterentwicklung des HAL110-Aluminium-Statives verfügbar
- Tubusmontage erfolgt über das bewährte Vixen-Schwalbenschwanzsystem
- versenkbare Edelstahl-Gegengewichtsstange
- Montierungsgewicht 6,8kg (Standardversion) bzw. 5,9kg (Tischversion)

### Starbook - die Pluspunkte

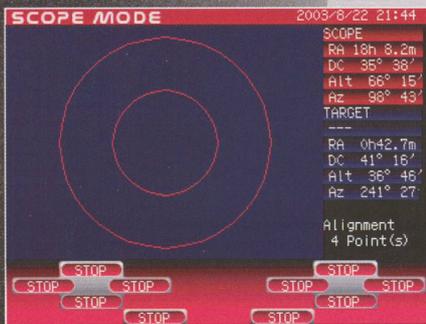
- weltweit erste GoTo-Steuerung mit integrierter Sternkarte und LCD-Monitor
- regelbares 4,7"-Farbdisplay mit intuitiver Benutzerführung, die auch für Einsteiger geeignet ist
- 320x240 Pixel-Monitorauflösung bei 4.096 Farben
- übersichtliche Menüstruktur (deutsch/französisch)
- manuelle Schwenkgeschwindigkeit abhängig von der gewählten Zoom-Stufe
- serienmäßige LAN-Buchse zum schnellen Update der internen Software
- Datenbank mit 22.725 Sternen, Messier-, NGC- und IC-Objekten
- Software-Update mit Autoguiding-Funktion und Getriebeausgleich verfügbar (optional)
- nur 10 Watt Stromverbrauch (12V Gleichstrom)
- Abmessungen: 195mm x 145mm x 28mm
- Gewicht: 400g

Noch nie war GoTo so einfach!

# SPHINX



So einfach funktioniert Starbook:  
Wechseln Sie in den Karten-Modus.



Drücken Sie die GoTo-Taste, das Teleskop beginnt zu schwenken.



Zoomen Sie sich noch etwas näher heran.



Das Ziel ist erreicht - jetzt können Sie Ihr Wunschobjekt beobachten!



Zentrieren Sie Ihr Wunschobjekt.



Auf geht's zum nächsten Objekt!