

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 55 (1997)
Heft: 280

Artikel: L'univers, dis moi ce que c'est? : Épisode 10 : les étoiles, première partie
Autor: Barblan, Fabio
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898664>

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: 14.03.2025

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

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

Episode 10: Les étoiles, première partie

FABIO BARBLAN

1. Introduction

Les étoiles peuplent notre univers. Personne ne peut rester insensible à la fascination qu'exercent ces milliers de petits points lumineux d'un ciel nocturne par une belle nuit d'hivers loin de toute pollution lumineuse. Quelle que soit l'acuité visuelle d'un observateur qui regarde ce ciel, il pourra, tout au plus, apprécier un soupçon de couleur bleu, rouge ou jaune, associée à l'un ou l'autre des astres et déceler l'existence des planètes à cause du changement fréquent de leur position. Pour lui, le ciel est immuable et rien ne ressemble plus à une étoile qu'une autre étoile.

C'est l'astronomie moderne, avec ses instruments d'observation perfectionnés, qui a mis en évidence que dans l'univers tout est mouvement, changement et

différences, et qu'il existe dans l'espace une multitude d'objets étranges et dissimulés.

Dans cette approche phénoménologique des étoiles nous allons aborder successivement les problèmes de classification, d'évolution et de typologie. Il ne sera donc pas pris en considération une description physique approfondie de la constitution et du fonctionnement de ces astres. Dans la mesure où il peut sembler étrange de parler des étoiles sans avoir une idée, même superficielle, du type d'objet que cela représente, donnons ici le modèle simplifié d'une étoile. On peut, en première approximation, considérer qu'il s'agit d'une sphère de gaz, en rotation plus ou moins rapide, constituée principalement d'hydrogène et d'hélium. Elle est en équilibre hydrostatique, cela

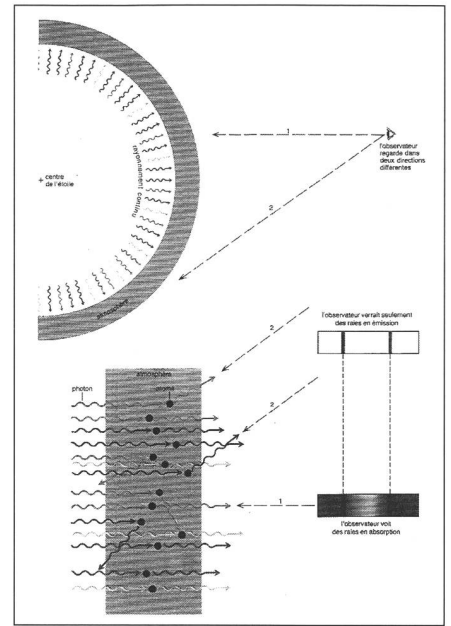


Figure 1. Formation du spectre continu, des raies d'absorption et des raies d'émission¹ dans le spectre d'une étoile (Source [1]).

¹ Une raie d'émission est produite par un atome excité qui effectue une transition vers un état d'énergie plus bas. Les gaz très chauds sous faible pression sont, par exemple, producteurs de raies d'émission.

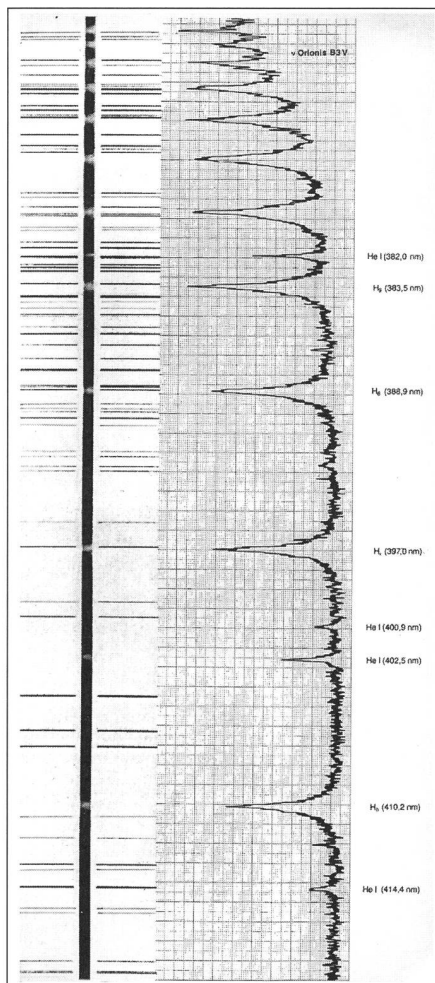


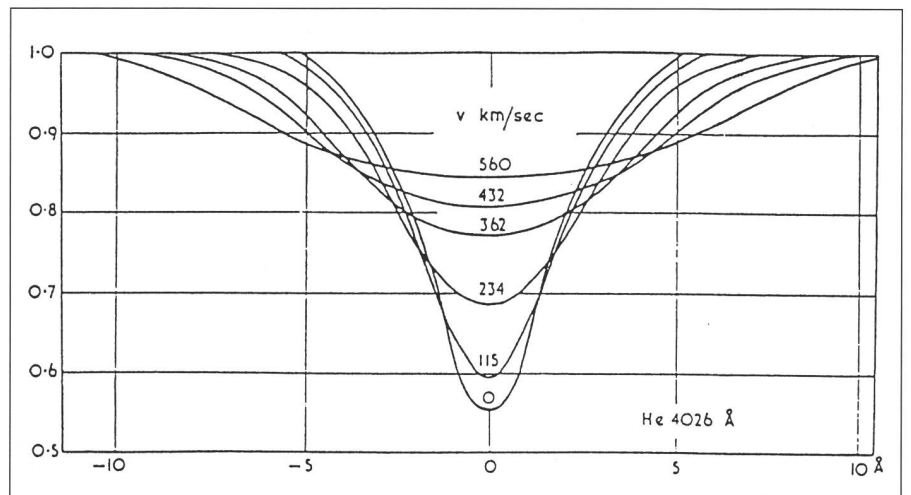
Figure 2. Identification d'un spectre stellaire. Le spectre (la bande sombre) est encadré par un spectre d'émission (arc au fer) dont les longueurs d'ondes sont connues et qui sert à la calibration. L'analyse des variations de densité de la plaque photographique sur laquelle est enregistré le spectre donne le tracé de la partie droite de l'image (Source [1]).



Figure 3. Effet de la rotation de l'étoile sur la largeur et la profondeur d'une raie (Source [2]).



signifie que en chaque point de l'étoile la force de gravitation, qui tire la matière vers l'intérieur de l'étoile, est équilibrée par la pression du gaz qui pousse la matière vers l'extérieur de l'étoile. Elle possède une source interne d'énergie, qui lui confère sa luminosité, due à la fusion nucléaire de l'hydrogène ou de l'hélium. Cette réaction de fusion s'établit lorsque la température, dans les régions centrales de l'étoile, atteint au moins dix millions de degrés. Il est donc clair que cette masse de gaz doit avoir une dimension suffisante pour que, sous l'effet de la pression, la partie centrale puisse accéder à cette température limite.



2. Comparaison avec le soleil

Le soleil est l'étoile la plus proche (± 150 millions. de Km) de la Terre et, en tant que telle, la seule de l'univers dont on peut facilement observer la surface (des techniques toutes récentes d'interférométrie² permettent maintenant d'observer la surface des étoiles les plus proches). Il est clair qu'il est l'objet, de la part des astronomes, d'une attention toute particulière et que beaucoup de progrès dans la connaissances en général des étoiles proviennent des études spécifiques sur le soleil. On a pris l'habitude, en astronomie, de prendre le soleil comme étoile de référence pour les comparaisons des masses, des rayons et des températures effectives (température des couches externes de l'étoile) stellaires. La masse du soleil est de 2×10^{30} Kg, son rayon de 690000 Km et sa température effective de 5800 degrés Kelvin (échelle des températures absolues : zéro degré Kelvin = $-273,2$ degrés Celsius).

Les masses des étoiles s'étalent entre 0.02 et 100 masses solaires, leurs rayons entre 0.01 et 150 rayons solaires et les températures effectives entre 0.5 et 7 fois celle du soleil.

3. Critères de classification

Toute la connaissance que nous pouvons avoir d'une étoile provient essentiellement de l'analyse de la lumière qu'elle nous envoie. Plus la couverture

² L'interférométrie est une technique qui permet d'augmenter le pouvoir de résolution d'un télescope en utilisant l'interférence lumineuse. C'est à dire l'annulation ou le renforcement de la luminosité d'un rayonnement électromagnétique par la superposition de deux ondes.

Figure 4. Abondance des éléments. Pour les raies faibles (a), lorsqu'on double le nombre d'atomes, l'intensité de la raie est presque doublée aussi; pour les raies moyennes (b), l'augmentation de la concentration d'atomes ne change pas l'intensité de façon sensible; pour les raies très intenses (c), l'augmentation de la concentration provoque un élargissement sensible des ailes des raies (Source [2]).

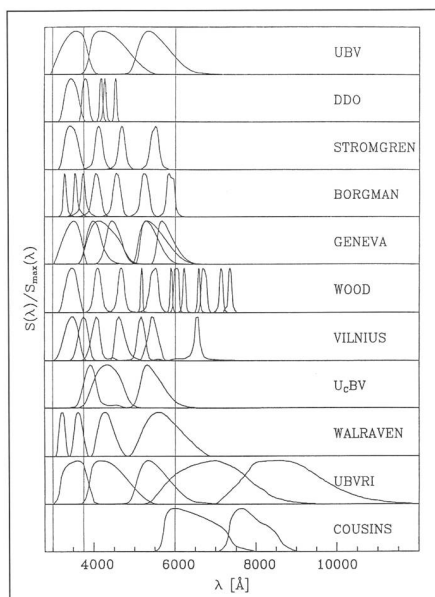
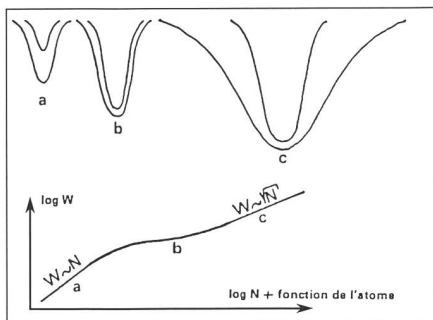


Figure 5. Les différents systèmes photométriques.

du spectre électromagnétique (du rayonnement gamma [lumière de très courte longueur d'onde] aux ondes radio [lumière de très grande longueur d'onde]) est large plus notre perception et compréhension de l'objet sera complète. Le décodage du message contenu dans la lumière se fait principalement à l'aide de techniques spectroscopiques et photométriques.

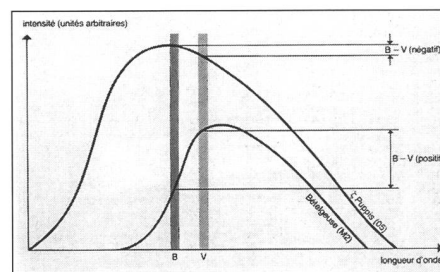


Figure 6. Définition d'un indice de couleur (Source [1]).

3.1 La classification spectrale

On appelle spectre l'ensemble des longueurs d'ondes de la lumière émise par une source lumineuse. Une masse de gaz incandescente émet un spectre continu, cela signifie que toutes les longueurs d'ondes, d'un intervalle donné, sont présentes dans son spectre. Si ce rayonnement continu passe à travers de la matière qui se trouve à une température plus basse, certaines longueurs d'ondes sont absorbées. Le spectre présente des lignes noires en correspondance avec les longueurs d'ondes manquantes.

La lumière qui nous provient d'une étoile est émise dans les couches profondes de l'atmosphère de celle-ci et

possède initialement un spectre continu; la haute atmosphère, qui se trouve à une température plus basse, agit comme un filtre sélectif sur ce rayonnement continu, en absorbant en fonction de sa constitution chimique certaines des longueurs d'ondes du spectre continu (figure 1 et 2). On a ainsi mis en évidence un certain nombre de «signatures» qui définissent différents «types» spectraux selon les importances relatives des raies d'absorption présentes dans les spectres stellaires.

Pour des raisons historiques trop longues à évoquer ici, les différentes classes spectrales portent les dénominations

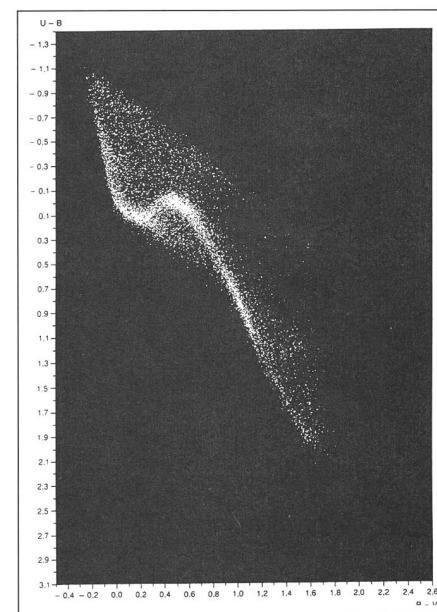
W, O, B, A, F, G, K, M, S et C;

chaque classe étant subdivisée en 10 sous-classes de 0 à 9 (par exemple B0, B1, B2, B3.....B9).

Presque toute étoile actuellement connue peut être libellée par l'une ou l'autre de ces classes spectrales.

La constatation que des étoiles de même classe spectrale pouvaient avoir des luminosités différentes a eu pour effet l'introduction de classes de luminosité qui accompagnent le type spectral. Dans la classification de Morgan-Keenan (étoile de type MK), il y a cinq classes de luminosité indiquées par des chiffres romains I à V (I pour les supergéantes et V pour les étoiles naines). Ainsi la dénomination complète du type spectral d'une étoile est par exemple B9 III. Des codifications supplémentaires peuvent s'ajouter pour des étoiles à caractère particulier, comme celles qui possèdent des raies en émission par exemple.

Figure 7. Diagramme U-B/B-V des étoiles mesurées dans le système de Genève (Source[1]).



La table N° 1 résume les principales caractéristiques qui définissent chaque type spectral.

Il est vite apparu que la classification spectrale était en relation directe avec la température effective de l'étoile. Ainsi, les étoiles de type O sont les plus chaudes (de 20000 à 40000 degrés Kelvin), la température diminuant progressivement en passant aux types spectraux suivants (± 3000 degrés Kelvin pour une étoile M), ce qui se manifeste aussi par un changement de la couleur de l'étoile qui passe du bleu, pour une étoile de type O, au rouge pour une étoile du type M.

On a pris l'habitude de dire que les étoiles O, B et A appartiennent à un type spectral précoce et les étoiles G, K et M à un type spectral tardif.

La spectroscopie n'est pas seulement utilisée à des fins de classification. L'étude approfondie des raies spectrales permet de tirer toute une série de renseignements sur les paramètres physiques caractérisant l'étoile (fig. 3, 4) ou sur son état de multiplicité, étoiles binaires non séparées visuellement par exemple.

3.2 La photométrie et les indices de couleurs

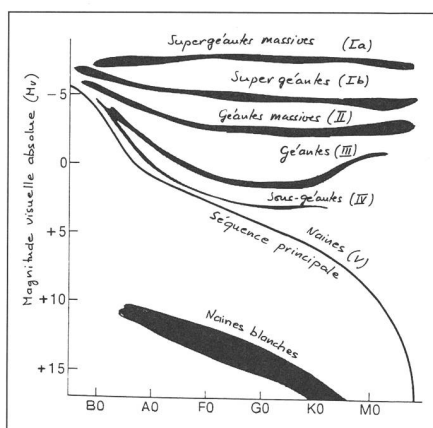
La photométrie consiste à enregistrer, en utilisant un photomètre³, le flux lumineux provenant d'une étoile à travers une série de filtres à bande passantes plus ou moins larges. Il existe une multitude de systèmes photométriques selon le nombre de filtres utilisés, la largeur des bandes passantes et leurs positions dans le spectre lumineux (figure 5). Les mesures photométriques permettent de définir une magnitude de couleur pour chaque bande passante utilisée, ainsi que des indices de couleur qui sont des différences entre deux magnitudes de couleur (figure 6). Dans le cas, par exemple, de la photométrie de Genève en sept couleurs (figure 5), des combinaisons linéaires d'indices de couleur ont permis de définir trois grandeurs d , Δ et g , directement reliées à des paramètres physiques de l'étoile comme la température effective et l'accélération de gravitation à la surface de l'atmosphère stellaire.

Dans le système UBV, les deux indices de couleur U-B et B-V sont directement corrélés avec le type spectral et la classe de luminosité. Le diagramme U-B en fonction de B-V est un diagramme

Type spectral	Etoile Type	Caractéristiques
W	HD 211853	Ce sont les étoiles de Wolf-Rayet. La particularité de leur spectre est d'avoir des raies d'émission ¹⁾ et de présenter des éléments du cycle CNO issus de la nucléosynthèse
O	ζ Pup	Etoiles les plus chaudes. Raies de He II, O II, C III, N III, Si IV.
B	α Leo (Regulus)	Spectre dominé par les raies de He I. Les raies de He II disparaissent. Les raies de l'hydrogène se renforcent et celles d'éléments une fois ionisés (C II, Si II, Mg II) apparaissent.
A	α CMa (Sirius) α Lyr (Vega)	Les raies de l'hydrogène dominant et passent par un maximum pour le sous type A0. Les raies de Mg II et Si II sont fortes, celles de Ca II deviennent progressivement plus intenses.
F	α CMi (Procyon)	Les raies métalliques croissent en intensité (atomes neutres et ions tel Ca II). Les raies de l'hydrogène sont plus faibles.
G	α Cen A (Rigel Kent)	Ce sont les étoiles de type solaire, au sens strict. La raie de résonance de Ca I est très intense, de même que certaines raies de Fe I. Ca II est toujours fort. La bande G (spectre du radical CH) se développe.
K	α Boo (Arcturus)	Les raies de résonance de Ca II passent par leur maximum. Les raies de H I deviennent faibles. D'autres bandes moléculaires apparaissent (CN ...).
M	HD 09573	Le spectre est dominé par les bandes moléculaires, en particulier TiO. Il subsiste des raies d'éléments neutres (Ca I) très fortes.
C	o Cet (Mira)	Ce sont les étoiles carbonées. Les bandes moléculaires C2, CN, CO, CH sont très intenses, alors que TiO est absent.
S	R Gem	Les bandes moléculaires dominantes sont celles de ZrO, LaO, YO.

d'indices de couleur (figure 7). Il permet de détecter des étoiles ayant une distribution d'énergie particulière puisqu'il couvre pratiquement tout le spectre visible.

Figure 8. Diagramme de Hertzsprung-Russell et classes de luminosité



4. Le diagramme de Hertzsprung-Russell

La mise en relation du type spectral avec la luminosité de l'étoile donne le diagramme de Hertzsprung-Russell. Ce diagramme délimite dans l'espace «Type spectral-Luminosité» des régions correspondant à différents types d'étoiles. Ces régions possèdent une certaine «épaisseur» puisque les paramètres physiques et chimiques d'une étoile peuvent varier dans certaines limites sans pour autant faire changer celle-ci de type. La figure 8 donne le schéma de principe d'un diagramme HR.

Il montre que les paramètres physiques d'une étoile, comme sa luminosité, son rayon, sa température effective, son type spectral ou ses indices de couleurs, ne peuvent pas apparaître dans la nature sous toutes les combinaisons possibles.

En fait le diagramme HR joue un rôle tout particulier en astronomie puisque on s'est aperçu que la position d'une

³ Un photomètre classique est un appareil constitué schématiquement d'une photocathode (composé conducteur qui libère des électrons sous l'effet d'un rayonnement lumineux) et d'un photomultiplicateur, un système qui permet d'accélérer et d'amplifier le nombre d'électrons libérés par la photocathode)

étoile dans ce diagramme est significative de son stade d'évolution. Il est maintenant acquis qu'une étoile naît, évolue et meurt. On distingue ainsi les étapes d'évolution suivantes:

celle de protoétoile (l'étoile est en train de naître), celle d'étoiles de la séquence principale (du diagramme HR); c'est le stade adulte de l'étoile, celle de géantes ou supergéantes; c'est le début de la fin, pour aboutir en fin d'évolution avec des étoiles de type naine blanche, étoile à neutrons ou trou noir, selon les caractéristiques que l'étoile possédait à sa naissance.

Chacun de ces stades est caractérisé par une position déterminée dans le diagramme de Hertzsprung-Russell (voir épisode suivant et figure 8).

Bibliographie

- [1] *Le grand atlas de l'astronomie*, Encyclopédie Universalis
- [2] *Initiation à l'astronomie*, A. ACKER, Masson 1979; *Les étoiles, astrophysique*, E. SCHATZMAN ET F. PRADERIE, InterEditions/Éditions du CRNS 1990; *Physique der Sterne und der Sonne*, H. SCHEFFLER, H. ELSÄSSER, B. I. Wissenschaftsverlag Zürich 1974

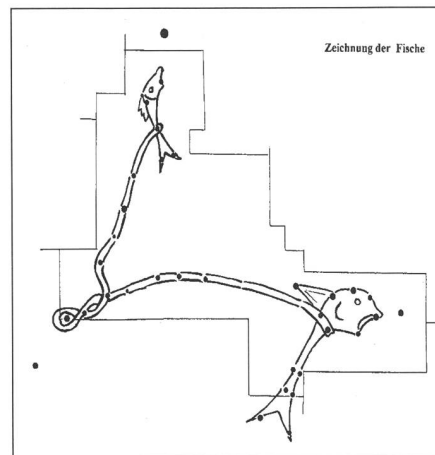


Bild 4

Fische Písces, Píscium Psc

KARL OECHSLIN

Der Typhón (griech. = «Wirbelwind») war der Sohn der Gáia (=Erde) und des Tártaros (=Unterwelt). Er war ein Unhold mit 100 Drachenköpfen und Schlangenfüßen. Zeus (lat. = Jupiter) hat ihn in einen Vulkan verbannt. Einst brach er aber wieder hervor und Zeus bekämpfte ihn mit Blitz und Donner (bei Vulkanausbrüchen gibt es oft Gewitter). Aphrodite (lat. = Venus), die Tochter von Zeus, floh vor dem Kampfgetümmel mit Ihrem Söhnchen Éros (lat. = Amor) an das Ufer des Euphrat, wo sie sich im Schilf versteckten. Wie ein Wirbelwind im Schilf raschelte, glaubte sie, Typhón sei im Anzug und sprang vor Schreck in den Fluss.

Zwei Fische schwammen herbei und trugen Aphrodite und Éros weg in Sicherheit. – Diese **Fische** sind als Sternbild im Tierkreis verewigt. Schon um 1500 v.Chr. sind bei den Babyloniern die beiden Fische durch ein Band verbunden. Die Griechen – nach 1000 v.Chr. – kannten die Begründung für das Band nicht mehr. Die Fische lassen sich leicht in einem einfachen Strichzug darstellen: Der Westliche der Fische schwimmt unter dem «Pégasusviereck». Die Ellipse des Kopfteils (1 0 7 γ κ λ 19) ist von Auge zu sehen. Südlich der Ekliptik ist das Rechteck (27-33) hinten im Fischschwanz mit dem Feldstecher gut zu finden. Die Spitzen der Schwanzflosse (3 1) gehören zum Sternbild Walfisch. Das Band der Fische schwingt sich mit 4 Sternen bis zur Verzweigung (ν), wendet mit dem hellen (α) nördlich von Mira (ο) im Walfisch und zieht von (ν) mit weiteren 4 Sternen zum nördlichen der Fische. Dieser besteht aus schwa-

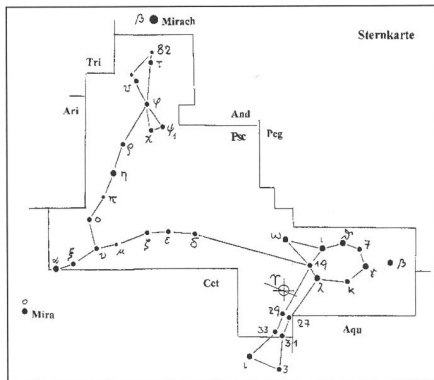


Bild 2

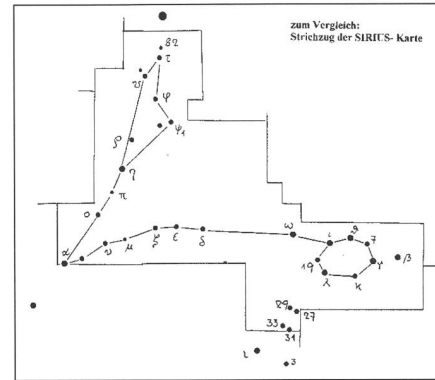


Bild 3

chen Sternen und ist ebenfalls besser im Feldstecher aufzusuchen. Seine Nase (τ 82) zupft gegen den Hüftstern Mírach der Androméda (β).

Bild 1

Der Frühlingspunkt der Ekliptik steht in unserer Zeit nachfolgend dem Schwanz des westlichen Fisches.

PS: da es sich beim Perseusartikel in Nr. 270 ORION gezeigt hat, daß die Darstellung der Eigennamen in griechischer Schrift nicht klappt, (alle Akzente weggelassen, aus Athéne eine Adene gemacht, usw), ist diesmal nur die griechische Originalbetonung mit Akzent angegeben.

30. Oktober 1995,
KARL OECHSLIN neu 24.
November 1995 (Akzente)

