

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 42 (1984)
Heft: 200

Artikel: Classification photométrique des étoiles de type B dans le système de Genève = Fotometrische Klassifizierung der B-Sterne im Genfer System
Autor: Cramer, N.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-899255>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.01.2026

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

Classification photométrique des étoiles de type B dans le système de Genève

N. CRAMER

Fotometrische Klassifizierung der B-Sterne im Genfer System

L'astrophysicien n'a pas la possibilité d'examiner de près les objets de ses recherches, ni de contrôler les conditions dans lesquelles se déroulent les phénomènes qu'il veut étudier comme peuvent le faire les chercheurs de la plupart des autres disciplines scientifiques. L'information dont il dispose est contenue essentiellement dans le rayonnement électromagnétique qui nous vient de l'univers. Cette information est extrêmement dense et porte la trace de l'ensemble des phénomènes physiques qui se déroulaient dans le milieu étudié au moment où le rayonnement a été émis. Le problème de l'observateur est donc de décrypter ce message surabondant pour en dégager les paramètres physiques qui permettront de comprendre la nature de l'objet étudié. Ce décryptage, ainsi que l'interprétation des résultats observationnels est possible avec l'aide de modèles théoriques établis à partir des lois de la physique. Inversément, la théorie peut proposer des modèles ou des scénarios que l'observation devra confirmer ou non. L'astronomie est donc loin d'être démunie de moyens d'investigation; mais l'allure avec laquelle progressent les connaissances dépend, peut-être plus qu'ailleurs, de la virtuosité et de la perspicacité des théoriciens et des observateurs.

Une des techniques observationnelles les plus efficaces utilisées de nos jours est la photométrie photoélectrique à plusieurs couleurs. Cet article vise à illustrer les types d'informations que peut fournir cette méthode au moyen du cas particulier de l'analyse des étoiles chaudes (9000°K , et plus) avec la photométrie de Genève. Ce système photométrique, créé par les professeurs M. GOLAY et F. RUFENER en 1960, est appliqué par une partie des chercheurs des observatoires de Genève et de Lausanne en plusieurs stations d'observation situées dans les deux hémisphères. Les bandes passantes des 7 filtres utilisés se situent dans la fenêtre dite «visible» de transparence de l'atmosphère terrestre. La transmission spectrale de chaque bande est schématisée dans la figure 1 par l'épaisseur du contour correspondant.

Nous savons que la distribution spectrale de l'énergie rayonnée par un objet incandescent (ou en d'autres termes, sa

couleur) dépend de sa température. Pour un rayonnement thermique provenant d'un milieu en équilibre thermodynamique, autrement dit un rayonnement «de corps noir», cette distribution d'énergie suit la loi de Planck. A une distribution donnée correspond alors une seule température bien définie, et la mesure de l'intensité du rayonnement à deux longueurs d'onde distinctes suffit, dans ce cas, pour définir cette température. En photométrie stellaire, nous pouvons tirer parti de cette propriété en formant des rapports entre les flux mesurés dans deux voisinages spectraux, et lier ensuite ces valeurs à la température de l'étoile. Selon l'usage ces rapports d'intensités sont présentés sous la forme de différences de magnitudes mesurées dans des bandes passantes distinctes, et sont appelés «indices de couleur». Mais la lumière qui nous parvient de la surface d'une étoile n'a pas été émise dans les conditions idéales d'équilibre thermodynamique. De nombreuses raies d'absorption, des absorptions continues et même des bandes d'absorption moléculaire apparaissent dans les spectres des divers types d'étoiles. Ces absorptions, qui portent la signature des conditions physiques rencontrées dans l'atmosphère de l'étoile, modifient la distribution spectrale d'énergie, donc aussi les indices de couleur. Un indice de couleur destiné à fournir une mesure de température contiendra donc également de l'information sur la pression gazeuse superficielle (c.à.d. aussi sur la valeur du champ gravifique superficiel) de l'étoile, sur sa composition chimique, sa vitesse de rotation axiale, un éventuel champ magnétique, etc.... Le problème du photométriste est celui de séparer le mieux possible les observables liés aux différents effets astrophysiques.

Regardons maintenant à nouveau la figure 1. Au bas de cette figure est représentée la série de Balmer du spectre de l'hydrogène, qui domine dans les spectres d'étoiles chaudes. Les raies apparaissent en absorption et, en dessous de 3700 \AA environ, a lieu l'absorption continue de Balmer schématisée ici par une plage sombre. La comparaison de l'intensité lumineuse mesurée à travers le filtre U avec celle mesurée avec un des autres filtres donnera une mesure de la «discontinuité de Balmer» qui est un bon indicateur de température pour les étoiles des types O à A0. On voit que le filtre B1 recouvre de nombreuses raies. Un indice de couleur formé à partir de ce filtre et d'un filtre moins affecté, tel que B2 par exemple, fournira une mesure de l'absorption par les raies de Balmer. Cette valeur est liée à la gravité superficielle et à la luminosité de l'étoile, les raies d'étoiles évoluant vers le stade de géante devenant progressivement plus fines. De même, des indices formés au moyen de filtres contenant peu de raies, tels que B2 combiné avec V1 ou G par exemple, seront liés plus directement à une mesure de température. Une manière de séparer ces informations multiples contenues dans chaque indice de couleur est de former des représentations à partir de deux ou plusieurs indices de couleur.

Une représentation bi-dimensionnelle de l'ensemble des 15 000 étoiles mesurées dans la photométrie de Genève est

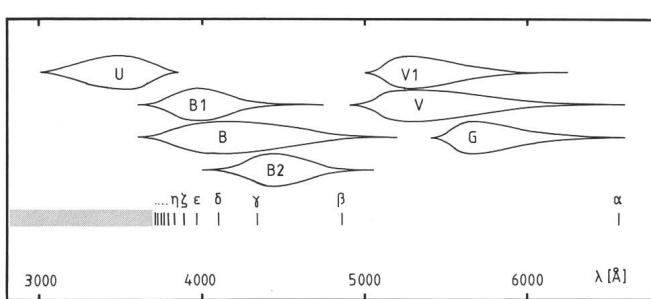


Fig. 1: Transmission spectrale des 7 filtres de la photométrie de Genève. Le spectre d'absorption de la série de Balmer de l'hydrogène est dessiné pour comparaison.

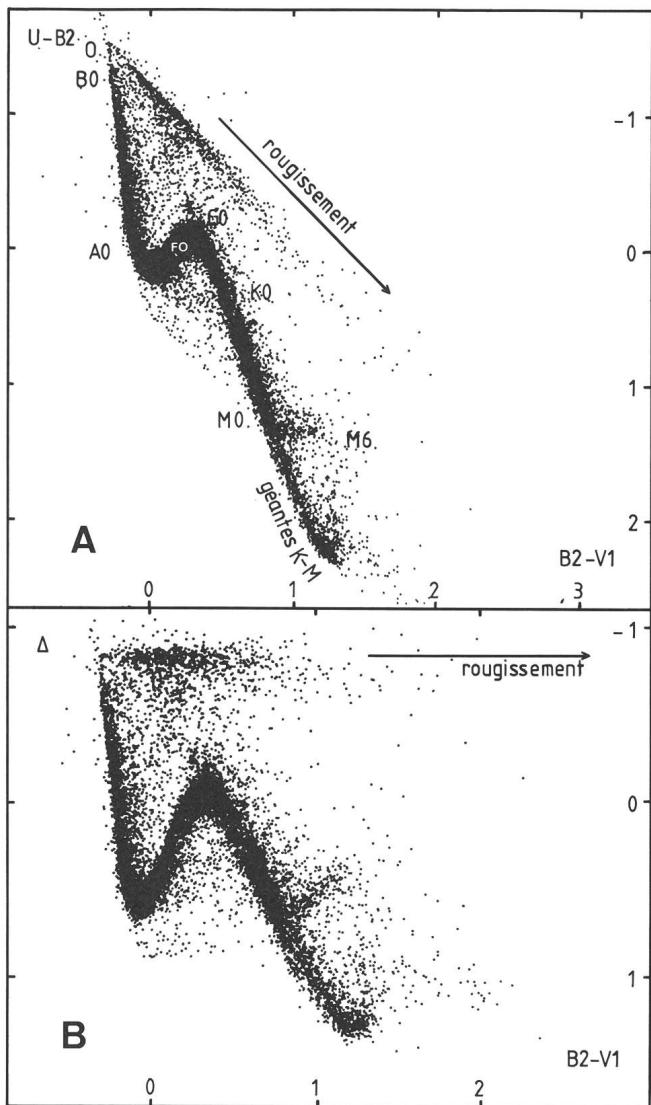


Fig. 2: A: Le diagramme d'indices $U-B2$ vs. $B2-V1$. On remarque l'effet de l'absorption (rougissement) par la matière interstellaire. B: Diagramme semblable mais utilisant cette fois le paramètre Δ qui est insensible au rougissement.

donnée dans la figure 2A. Les différents types d'étoiles s'alignent essentiellement le long d'une séquence en forme de S qui est aussi, dans les grandes lignes, une séquence de températures. Les emplacements des divers types spectraux de la classe V (étoiles non évoluées) sont indiqués, et on remarque l'importante déviation des géantes K et M de la séquence non-évoluée. Pour ces étoiles «froides» les effets photométriques sont progressivement dominés par des absorptions moléculaires. Du côté des étoiles plus chaudes nous remarquons plusieurs autres effets. On voit que l'indice $U-B2$ est un bon indicateur de température pour les étoiles des types O à A0, mais que pour les types A, F et G une valeur de cet indice peut correspondre à 3 températures différentes. Ceci vient du fait que la discontinuité de Balmer, que mesure en premier lieu cet indice, atteint sa valeur maximale vers le type A0 et décroît pour des températures plus- et moins élevées. L'indice $B2-V1$ par

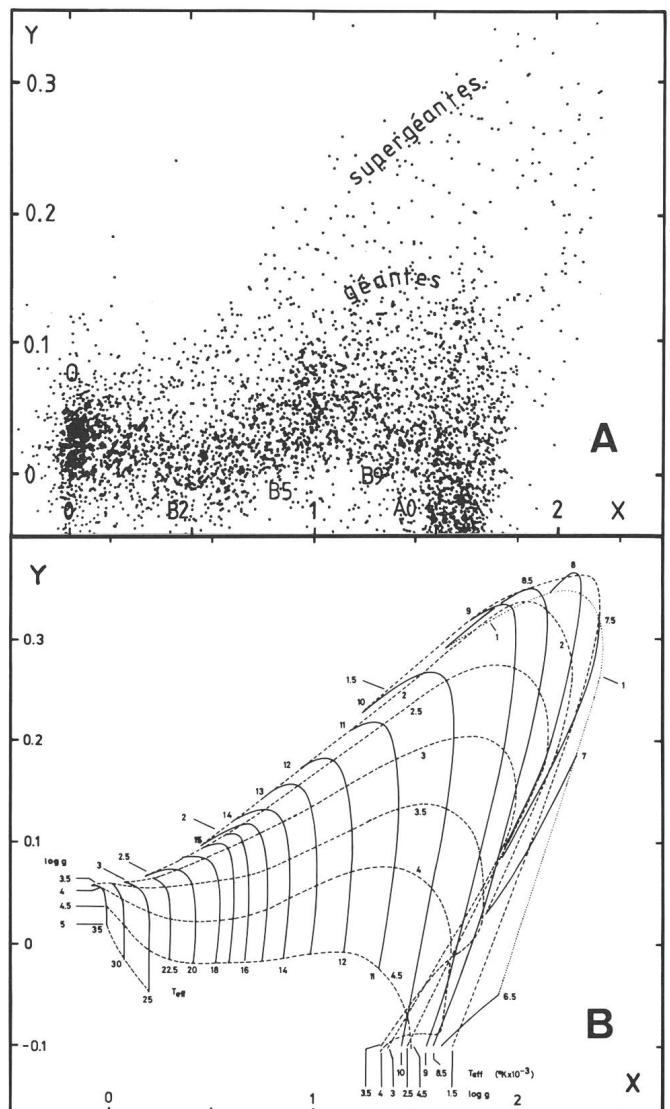


Fig. 3: A: Le diagramme de paramètres X vs. Y des quelques 7000 étoiles plus chaudes que le type spectral A3 mesurées dans le système de Genève. X est essentiellement déterminé par $U-B1$ et Y par $B2-B1$. B: Interprétation de ce diagramme à l'aide des modèles d'atmosphères stellaires de R. L. Kurucz.

contre fournit une mesure moins ambiguë de la température en vertu de ce qui a été dit plus haut. Mais le caractère marquant qui ressort de ce diagramme est le «rougissement» des indices de couleur provoqué par l'absorption (ou, plus précisément, l'extinction) de la lumière des étoiles par la poussière interstellaire. Ce phénomène est particulièrement prononcé dans cette figure pour les étoiles de type O; ceci est dû à une sélection observationnelle, ces étoiles très lumineuses et peu fréquentes ayant été observées à des distances généralement plus grandes. On voit que le rougissement perturbe de manière importante l'interprétation des diagrammes d'indices, en y introduisant des ambiguïtés supplémentaires (une étoile de type B rouge peut par exemple se situer sur la séquence des types F, G, ou même K dans ce diagramme). Une manière de s'affranchir en grande partie de cet effet est de former des «paramètres» composés de deux indices de couleur de maniè-

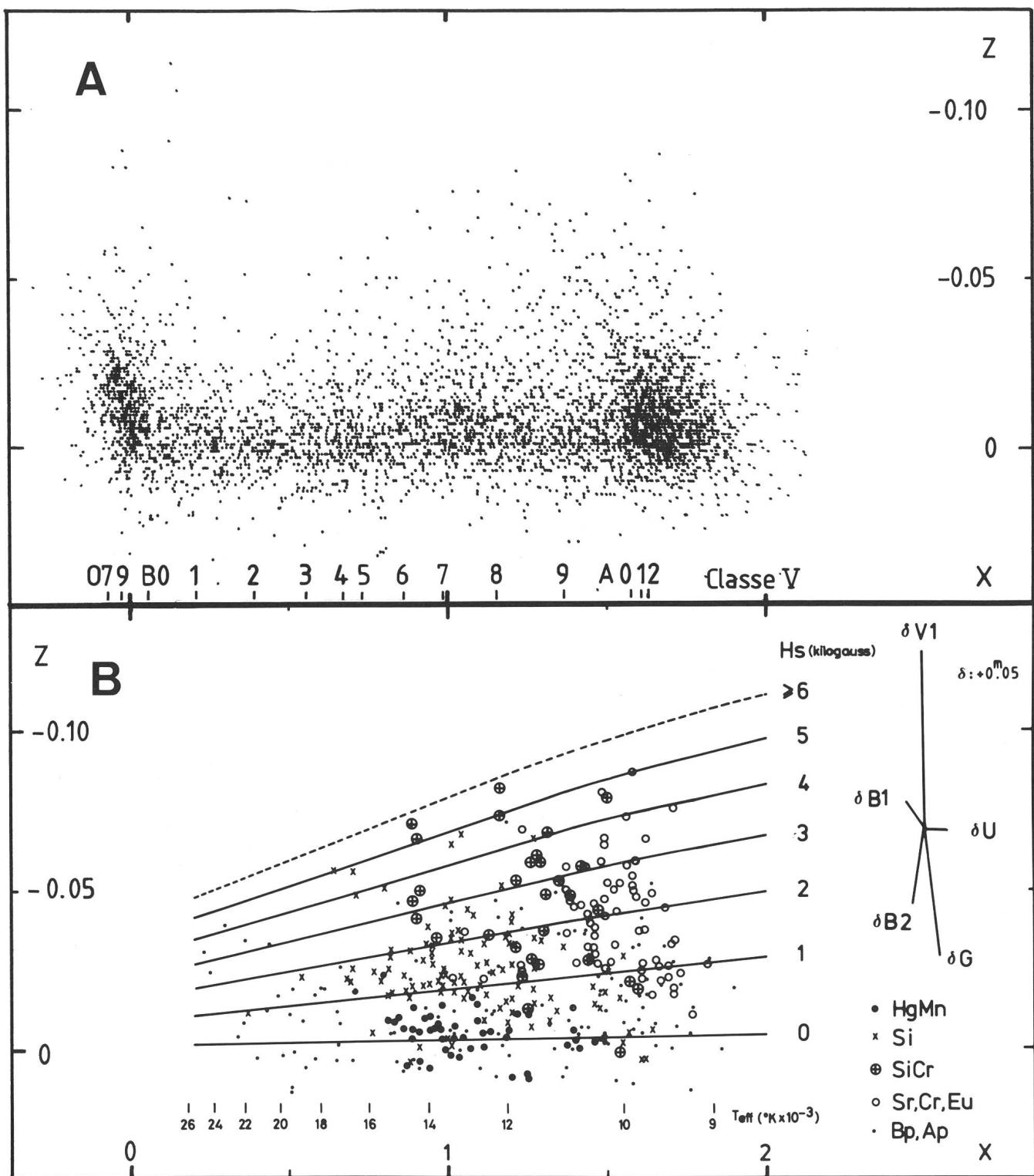


Fig. 4: A: Le diagramme de paramètres Z vs. X pour les étoiles de la figure 3A. Les étoiles de type B et A qui se détachent au dessus de la séquence sont des étoiles Ap magnétiques.
 B: Interprétation de ce diagramme en termes d'intensité du champ magnétique de surface et du type de particularité spectrale. Le paramètre Z est surtout déterminé par l'indice $G-V1$.

re à visionner, en quelque sorte, le diagramme correspondant le long des lignes de rougissement. Un exemple d'un tel paramètre est donné dans la figure 2B. Le paramètre Δ (delta) est une mesure de la discontinuité de Balmer et contient les mêmes types d'informations que U-B2. L'ambiguité sur la température subsiste, mais la sensibilité au rougissement a disparu comme le montre la ligne de rougissement qui est maintenant horizontale dans le diagramme Δ vs. B2-V1. De tels paramètres sont très utiles pour l'étude d'étoiles lointaines qui sont pratiquement toutes rouges. Les paramètres suivants sont couramment utilisés dans le système de Genève:

$$\begin{aligned}\Delta &= (U-B2) - 0.832(B2-G) \\ d &= (U-B1) - 1.430(B1-B2) \\ g &= (B1-B2) - 1.357(V1-G)\end{aligned}$$

On voit que les deux premiers mesurent essentiellement la discontinuité de Balmer (par le filtre U) mais avec des sensibilités différentes aux raies de l'hydrogène (utilisation ou non du filtre B1). Le dernier compare essentiellement les effets des raies de Balmer avec la partie rouge du spectre continu.

Si nous formons maintenant une représentation tri-dimensionnelle à l'aide de ces trois paramètres nous voyons se dessiner dans l'espace une séquence d'allure semblable à celles de la figure 2, mais sans les effets du rougissement. De plus, cette représentation dispose maintenant de l'information contenue dans les 5 filtres U, B1, B2, V1 et G. C'est dans cet espace qu'il est le plus avantageux d'étudier les étoiles de type B qui sont toutes lointaines et par conséquent rouges. Une translation suivie d'une rotation d'axes permet de définir un nouveau système de paramètres orthogonaux qui sont localement mieux adaptés à la description de ces étoiles. Ces nouveaux paramètres appelés X, Y et Z sont des combinaisons linéaires des 5 couleurs ci-dessus. La figure 3A montre l'avantage considérable qu'apporte cette représentation où les types spectraux et classes de luminosité sont clairement séparés par les paramètres X et Y. La figure 3B interprète ce diagramme en termes de gravité superficielle et de température à l'aide des récents modèles d'atmosphères stellaires de l'américain R. L. KURUCZ, qui tiennent compte des effets d'environ un million de raies spectrales. On voit que le paramètre X est lié sans ambiguïté à la température sur un large domaine tandis que Y estime la gravité; on a effectivement ici l'équivalent photométrique de la classification spectrale de Morgan-Keenan. Ce diagramme a donc pu être calibré en termes de «magnitudes absolues» (magnitudes qu'auraient les étoiles si elles étaient situées à 10 parsecs de nous) et de «couleurs intrinsèques» (couleurs qu'auraient les étoiles en absence de rougissement interstellaire). La comparaison de ces grandeurs avec celles qu'on observe permet d'estimer les distances des étoiles ainsi que d'étudier la répartition de la matière interstellaire. Les liens entre les couleurs et les paramètres physiques température et gravité définis par des modèles d'atmosphères permettent de transposer des scénarios d'évolution stellaire, tels que ceux calculés à Genève par A. MAEDER, dans les diagrammes photométriques. Il a ainsi été également possible de calibrer le présent diagramme en termes d'âges et de masses stellaires.

Regardons maintenant ce que signifie le paramètre Z. La figure 4A présente les mêmes étoiles que la figure 3A, mais dans ce cas le nuage de points est visionné par la tranche. L'axe X représente, comme avant, la température (c.à.d. le type spectral). On voit que la majorité des étoiles s'écartent peu de $Z = 0$. La concentration de points à gauche est due aux étoiles de type O; les quelques points qui s'en détachent vers le haut sont des étoiles du type «Wolf-Rayet». Mais la caracté-

ristique la plus frappante de cette figure est le nuage de points qui se détachent au dessus de la séquence des étoiles B. L'examen a montré que ces étoiles sont des étoiles «Ap magnétiques» (étoiles particulières de type spectral semblable à A possédant un champ magnétique intense); et, sur la base des quelques dizaines d'étoiles pour lesquelles ces champs ont été mesurés par spectroscopie à haute dispersion, il a été possible d'établir la calibration en termes de champ magnétique de la figure 4B. L'effet mesuré par le paramètre Z est une absorption vers 5200 Å (zone couverte par le filtre V1) observée dans les spectres de ces étoiles. Ceci est illustré par les vecteurs de sensibilité à la droite de cette figure. On voit aussi que les divers types de particularités spectrales semblent se manifester à des températures plus élevées pour des champs plus intenses. Le lien entre ces effets photométriques et l'intensité du champ magnétique n'a toujours pas été expliqué, et cette contrainte observationnelle devra être satisfait par les futurs modèles d'atmosphères d'étoiles magnétiques.

Il est encore intéressant de remarquer dans ce contexte que la mesure photométrique d'une étoile même faible, avec un petit télescope, ne prend que quelques minutes; tandis que l'analyse d'une étoile brillante par spectroscopie Zeeman avec les plus grands télescopes existants peut nécessiter plusieurs heures d'observation. Cette méthode photométrique apporte un important gain de temps aux spectroscopistes en leur fournissant rapidement des sélections d'étoiles magnétiques probables. Une telle liste de 258 étoiles a déjà été mise à profit par l'astronome soviétique Y.V. GLAGOLEVSKI et ses collaborateurs qui, travaillant au télescope russe de 6 m, ont pu mesurer pour la première fois les champs de plusieurs étoiles magnétiques, dont celui qui occupe le 5^e rang parmi les plus intenses connus.

Dans cet article nous avons brièvement présenté un domaine très restreint des applications possibles de la photométrie stellaire. Le but a été d'illustrer par cet exemple le type de cheminement nécessaire pour faire «parler» au mieux l'information contenue dans une mesure qui peut paraître sommaire à première vue. Une quantité appréciable de données fondamentales sont acquises par l'intermédiaire d'un petit nombre de filtres. On a vu l'importance des résultats théoriques pour l'interprétation des observations; mais aussi le type de question que peut poser un résultat observationnel aux théoriciens. Pour conclure, il faut encore signaler l'importance de la qualité du matériel observationnel. Les techniques d'acquisition des mesures et de leur réduction à leurs valeurs hors-atmosphère nécessitent des traitements sophistiqués; et ces difficultés sont souvent sous-estimées. L'acuité d'un système photométrique dépend de manière critique de sa précision (voir par exemple la faible variation du paramètre Z dans la figure 4), et de son homogénéité.

N. CRAMER

Zusammenfassung

Eine der erfolgreichsten Beobachtungsmethoden der Astrophysik ist die fotoelektrische Mehrfarbenfotometrie. In diesem Artikel wird der Informationsgehalt solcher Messungen anhand eines Beispiels der Analyse der B-Sterne im Genfer System illustriert. Dieses fotometrische System existiert seit 1960 und besteht aus 7 Filtern im visuellen Wellenlängenbereich (Abb. 1).

Die Energieverteilung im Spektrum der Sterne, oder in anderen Worten ihre Farbe, hängt im wesentlichen von ihrer

Temperatur ab. Diese Energieverteilung wird aber von Absorptionen beeinflusst, die entweder kontinuierlich oder in Linien vorkommen und deren Intensitäten stark von der Beschaffenheit der Sternoberfläche abhängig sind.

Üblicherweise wird der Informationsinhalt der Energieverteilung mittels Farbenindizes wahrgenommen, indem Verhältnisse für die in verschiedenen Spektralbereichen gemessenen Lichtintensitäten gebildet werden. Die Sterne können dann in Diagrammen klassifiziert werden, deren Achsen die Farbenindizes wiedergeben (Abb. 2A).

Für die hellen, aber seltenen (und deshalb meist weiter entfernten) O- und B-Sterne wirkt die Absorption durch interstellare Materie äußerst störend. Dieser Effekt kann aber weitgehend behoben werden, indem mit zwei Farbenindizes «Parameter» gebildet werden (Abb. 2B). Im Genfer System werden die drei Parameter Δ (Delta), d und g am häufigsten angewandt (siehe franz. Text). Diese ermöglichen eine 3-dimensionale Darstellung der verschiedenen Sterntypen, die von der interstellaren Absorption nicht beeinflusst ist.

Es ist vorteilhaft, in der obigen Darstellung für B-Sterne drei neue orthogonale Achsen zu definieren, die drei neue Parameter, X, Y und Z ergeben. Die Bedeutung der beiden ersten Parameter ist aus Abb. 3 ersichtlich, wo theoretische Modelle (Abb. 3B) zeigen, dass die Temperatur mit X und die Oberflächenschwerkraft mit Y gemessen wird. Das XY-Diagramm erfüllt somit die Bedingungen der Morgan-Keenan-Klassifizierung und wurde auf absolute Helligkeiten und Eigenfarben geeicht. Diese Eichungen ermöglichen es, Stern-

distanzen abzuschätzen und die Menge der interstellaren Materie entlang der Sichtlinie zu messen. Ferner wurde dieses Diagramm mit Hilfe von Entwicklungsmodellen auf Sternmassen und -alter geeicht.

Der senkrecht dazu stehende Z-Parameter (Abb. 4) ist, bei den B- und ersten A-Sternen, unabhängig von Temperatur und Schwerkraft, variiert aber mit der Stärke des Oberflächenmagnetfeldes bei den heißen Ap-Sternen. Dieser Effekt beruht auf einer Absorption, die bei 5200 Å im Spektrum dieser Sterne zu sehen ist und dessen Zusammenhang mit der magnetischen Feldstärke noch nicht theoretisch erklärt ist.

Anhand dieser Methode sind für die fotometrische Identifizierung magnetischer Sterne, auch für schwächere Objekte, nur wenige Minuten Beobachtungszeit erforderlich, während für die Messung eines Feldes mit Zeemanspektroskopie für helle Sterne selbst mit den größten existierenden Teleskopen bis zu mehreren Stunden benötigt werden können.

Eine vom Genfer Observatorium veröffentlichte Liste von 258 fotometrisch nachgewiesenen magnetischen Sternkandidaten ist von einer russischen Gruppe verwendet worden, die anhand dieser Liste mehrere Erstmessungen von Magnetfeldern mit dem 6m-Teleskop durchgeführt hat. Dabei wurde neu die fünftgrößte Feldstärke identifiziert.

Adresse de L'auteur:

N. Cramer, Observatoire de Genève, CH-1290 Sauverny.

Space Art – Weltraumkunst

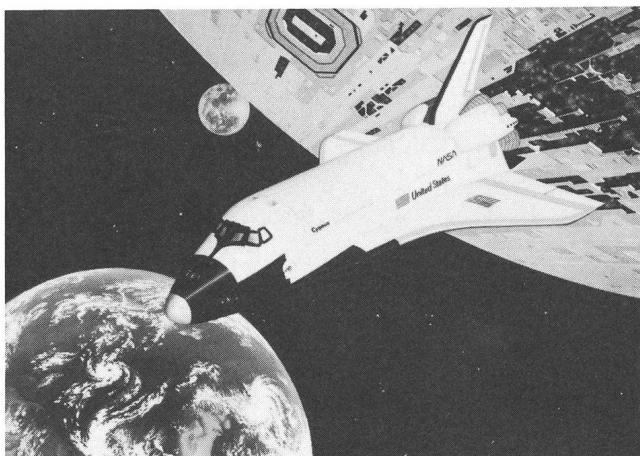


Abb. 1

Mit der bemannten Weltraumfahrt erlebte die Space Art besonders in den USA einen nie geahnten Aufschwung. Eigentlich ist die Space Art eine eher wissenschaftliche Disziplin, befasst sie sich doch mit Darstellungen von nicht oder noch nicht fotografisch erfassbaren außerirdischen Motiven. Anlässlich der 9. Amateur-Astro-Tagung 1982 fand in der Galerie Schlossberg in Burgdorf eine Ausstellung mit den bekanntesten Space-Art-Vertretern der Schweiz statt. Neben anderen Künstlern zeigte auch STEFAN BLASER aus Rüfenacht bei Bern seine Bilder. STEFAN BLASER wurde 1963 in Bern geboren. Mit 11 Jahren begann er bereits erste Weltraumbilder zu malen. Für seine Bilder bevorzugt er vorwiegend kräftige Farben, beschränkt sich aber meist auf einen dominierenden Farbton. Zurzeit befindet er sich im 4. Lehrjahr einer Grafikerlehre.

Vom 19. Juni bis 18. Juli 1984 (Vernissage 19.6., 18.00 Uhr) zeigt STEFAN BLASER seine Bilder in der Galerie «Atelier Worb», 3076 Worb, (beim Bahnhof). Die Ausstellung ist geöffnet am Freitag von 18.00 bis 20.00 Uhr, Samstag von 14.00 bis 17.00 Uhr und am Sonntag von 10.00 bis 12.00 Uhr.

W. LÜTHI