

CLASSIFICATION SPECTRALE DANS LE FUTUR

Ch. Fehrenbach

Observatoire de Haute Provence

Ce Colloque, organisé en l'honneur du Centenaire du Père Secchi, arrive à un bon moment pour faire le point sur le passé: les classifications de Secchi, de Harvard, le système Morgan et Keenan et examiner les problèmes d'avenir.

D'abord, quel est le but des classifications? Certains théoriciens ont l'impression que nous sommes dans la même position qu'un zoologiste classant des animaux. Mais cette impression est fautive: d'abord les animaux existent en espèces discontinues alors que les spectres stellaires forment un continuum.

Nous classons les étoiles à l'intérieur de cet ensemble d'après certaines apparences du spectre, sans nous intéresser a priori à la signification. Mais le progrès, essentiel vint lorsqu'on s'aperçut que la classification de Harvard, après quelques retouches, était une classification par la température.

Le second progrès vint lorsque Morgan et Keenan introduisirent les classes de luminosité. Leur classification est aussi empirique mais les domaines des classes I à V correspondent, pour une classe donnée, à des valeurs définies des magnitudes absolues. Il est maintenant possible d'introduire de nouveaux paramètres, notamment la composition chimique. Je suis en accord complet avec la grande majorité des participants à ce Colloque pour affirmer l'importance des systèmes MK et l'intérêt de classer autant d'étoiles que possible dans ce système.

La question est maintenant de savoir que faire avec ces étoiles classées.

1a. Nous pouvons choisir des étoiles "bona fide", qui sont des étoiles normales représentatives de la population moyenne. Ces étoiles "standard" peuvent être étudiées avec de très grandes résolutions, ce qui permet de déterminer les intensités des raies, les couleurs, etc. et ensuite ces étoiles réelles peuvent être comparées avec des modèles théoriques, qui seront ajustés sur la réalité, et on peut ainsi espérer connaître tous les paramètres introduits par le théoricien; le plus petit nombre sera le plus satisfaisant. Mme Böhm-Vitense a fait un excellent exposé sur cette question.

Il apparaît dans certaines contributions que les analyses à très haute résolution, avec des spectrographes classiques, des interféromètres, la spectroscopie de Fourier et les calculs de modèles avec des ordinateurs de plus en plus puissants, se développent dans de nombreux observatoires ou laboratoires de physique.

1b. Mais le raffinement de la classification spectrale des étoiles montre aussi que toutes les étoiles ne sont pas "normales". Certaines sont vraiment anormales: ce sont des monstres et, comme en biologie, leur étude, la tératologie, est importante pour leur intérêt propre et aussi pour la compréhension des étoiles normales. On n'a pas beaucoup abordé ce sujet dans ce colloque mais les étoiles à enveloppe (shell stars) les W.R. ont été mentionnées.

1c. La classification spectrale permet maintenant de trouver des étoiles ne présentant que de petites différences avec les étoiles normales: étoiles à raies intenses ou faibles, à compositions un peu anormales. Leur découverte et leur étude sont essentielles pour notre connaissance de la formation et de l'évolution des étoiles.

2a. La seconde raison de l'intérêt de la classification spectrale provient du fait qu'elle permet d'étudier les populations stellaires, c'est-à-dire, la répartition dans l'espace des différents types d'étoiles, leur cinématique, leur évolution. Cette étude peut d'abord être faite dans le voisinage du Soleil où nous possédons les classes MK, les mouvements propres, les vitesses radiales et surtout les distances, obtenues par photométrie et calibration des magnitudes absolues par les types MK. Ce travail est poursuivi activement par de nombreux collègues.

2b. Mais ce travail doit être étendu a des régions de plus en plus lointaines de la Galaxie, et ensuite à la Galaxie entière et au halo. Mais pour les parties lointaines, la classification devient de plus en plus difficile et nous sommes amenés a employer des résolutions de plus en plus petites, nettement inférieures aux valeurs de 80 a 100 Å/mm, recommandées par Morgan et Keenan. Des efforts doivent être faits pour essayer de déterminer néanmoins les classes de luminosité. Certes un gain de précision est inévitable. Nous devons alors nous rappeler l'utilité des "groupes de Morgan".

L'emploi de grands prismes-objectifs devant des télescopes de Schmidt, l'emploi des plaques à grain fin d'une part, l'adaptation de prismes a champ normal ou de "grisms" aux grands télescopes par des reducteurs focaux ont été abordés. La limitation vient maintenant du fond du ciel (sky back ground) et Geyer a indiqué une solution.

L'emploi de systemes photoélectriques pour l'obtention de spectres par diverses techniques: il est ainsi possible d'obtenir facilement l'intensité des spectres dans 1000 ou 2000 domaines spectraux contigus, il est possible d'éliminer le fond du ciel par soustraction.

Ces instruments doivent permettre un gain considerable en magnitude et la détermination des classes MK doit être possible en étalonnant, avec certaines précautions, ces instruments a l'aide des étoiles standards MK.

Une détermination automatique, avec un ordinateur branché sur le télescope, doit être possible.

Des techniques analogues peuvent être utilisées pour l'analyse des spectres de prismes-objectifs. Les méthodes de corrélation, de reconnaissance de formes doivent être utilisées. Grâce aux possibilités de stockage des mesures dans des mémoires l'intercomparaison de divers clichés doit être possible.

En augmentant le diamètre des télescopes, la sensibilité des récepteurs, il sera aussi possible de classer certainement dans le système MK de nombreuses étoiles jusqu'a la distance de 2000 pc, qui selon Morgan, est la distance jusqu'a laquelle son système est valable. Je suis plus optimiste que lui et je pense que sa classification peut être étudiée a une plus grande région de la Galaxie.

Mais nous avons vu les difficultés qui apparaissent lorsqu'on

essaye d'appliquer ses critères sans discernement aux Nuages de Magellan.

Lorsque les astres deviennent de plus en plus faibles, nous sommes contraints de nous contenter de classification de moins en moins fine. Mais l'intérêt est souvent considérable, ne serait-ce que pour distinguer, comme les Drs. Nandy et Brück l'ont montré, entre étoiles et galaxies.

3. La classification spectrale par photométrie est une technique très intéressante et qui permet d'atteindre des étoiles plus faibles que la spectrographie

La photométrie a bandes larges, par exemple UBV, doit être faite pour toutes les étoiles classées dans le système MK pour pouvoir utiliser les données combinées. Les systèmes a bandes intermédiaires, comme le système de Genève ou celui de Straižys permettent d'excellentes classifications. La photométrie a bandes étroites (système de Strömgen et analogues) permet la détermination de nombreux paramètres, magnitudes absolues, métallicité, etc. Elle permet aussi la découverte d'étoiles anormales.

Malheureusement, les systèmes utilisés sont très nombreux leur unification, si souvent demandée, est aussi difficile que la quadrature du cercle.

La détermination des gradients et discontinuité de Balmer, du système BCD est continuée, des mesures de ces quantités par photoélectricité ont été exposées.

4. La classification des étoiles dans l'ultraviolet lointain, grâce aux possibilités spatiales, a montré que des spectres ayant mêmes types MK peuvent avoir des spectres très différents dans ce domaine. Il est, dans l'état actuel de la théorie, très difficile d'expliquer ces différences considérables.

5. La classification des spectres stellaires dans l'infrarouge est particulièrement intéressante pour les étoiles froides des classes M, S, et RN pour lesquelles les bandes d'oxydes métalliques ou de composés carbonés sont très fortes.

Mais cette classification est aussi importante pour les étoiles a enveloppes de gaz et surtout de poussières. Dans le domaine IR lointain, des étoiles de même type MK peuvent se comporter tout à fait différemment.

Pour terminer, non pas ce résumé du colloque, mais cette série d'impressions que j'ai retirées de ces intéressantes journées, je vous dirai que je ne pense pas que la photographie classique soit morte. Cette impression est surtout très vive depuis l'introduction par Kodak des plaques à grain très fin IIIa-J

Sur une bonne plaque de Schmidt de 300 x 300 mm et donnant une résolution de 10μ , le nombre d'informations collectées est de l'ordre de 10^9 . Même si nous tenons compte de la nécessité d'avoir des spectres élargis, ce nombre est hors de comparaison avec les $5 \cdot 10^5$ pixels des meilleurs récepteurs photoélectriques actuels. D'autre part, la conservation des informations est plus simple et facile (éviter de rayer et de casser les plaques!)

Pour terminer, laissez moi vous dire que de nouveaux développements ne sont pas exclus en photographie. Parlant à l'Observatoire de Haute Provence avec G. Jaschek des classifications spectrales, il m'indiquait qu'il fallait essayer d'obtenir la classification spectrale dans la troisième dimension, l'épaisseur du cliché. J'ai ri, en indiquant que l'astronome qui trouverait cela serait un bon candidat au Prix Nobel. Lorsque quelques mois plus tard, j'étais invité à Lund, j'appris que deux jeunes chercheurs de ce laboratoire, Lindgren et Dravins, ont étudié l'utilisation de la photographie de couleur de Lippmann (1890) pour obtenir des interférogrammes dans l'épaisseur de la plaque. En faisant la transformée de Fourier de cet interférogramme, on rétablit le spectre.

Malheureusement, l'ordre d'interférence est très peu élevé et surtout la sensibilité des plaques Lippmann, forcément transparentes, est très faible et la méthode ne leur a permis que de classer quelques étoiles très brillantes et au prix de grandes difficultés de prises de clichés et d'exploitation, de sorte que je ne pense pas qu'on parlera de leurs essais à l'Académie de Stockholm d'autant plus que leur nationalité suédoise ne doit pas les avantager.

What is the purpose of spectral classification? Some theoreticians imagine that astronomers are like zoologists classifying the animals. This is not quite true, for the animals are of distinct species whereas stellar spectra form a continuum within the same species. We look back to Suclic and his followers and we prepare to go forward.

The first step in classification occurred when it became clear that the Harvard Classification, after some adjustments and modifications, represented a true temperature classification. The next step came when Morgan and Keenan introduced their luminosity classes. Now we are ready to introduce new parameters, notably that of chemical composition. We ask: what shall we do with the stars we classify? We can select standard stars and study these at high resolution to determine the intensities of the lines in order to compare real stars with theoretical models. In this way we may hope to understand all of the parameters discussed by the theoreticians. Or we can study the "non-normal" stars, the "monsters" such as the shell stars or the Wolf Rayet stars. Or we can study stars which show only slight differences from the standard stars. **This will help us better to understand stellar evolution.**

The second reason for classifying spectra is to study entire stellar populations. Ultimately we shall want to examine and inter-compare their spatial distribution, kinematics and so their evolution. We can then extend this work to the most distant regions in our own galaxy and specifically to stars in the halo. For this work the methods of Morgan's natural groups will be important.

In these tasks we are ever aided by new large observing facilities and by new and more sophisticated instrumentation. We have the large objective prisms and even the "grisms" (combinations of grating and prism) and then there are the new and improved photometric devices to aid us in spectral classification. We should in the future be able to give two-dimensional classifications for stars as distant from us as 2000 pcs. The author realizes that Morgan put a limit for the validity of his systems at 200 parsecs, but he (Fehrenbach) is more optimistic and of course realizes that the classification in these circumstances has to be less detailed. **however, careful use of natural group methods can allow the segregation of very faint stars for studying stellar evolution.**

The region of the far ultraviolet as studied thus far from spacecraft is a most exciting branch of our science. Stars which look the same in the "normal" i.e. blue spectral region appear sometimes to show marked differences when observed in the far UV.