

45. CLASSIFICATIONS SPECTRALES ET INDICES DE COULEUR A PLUSIEURS BANDES (SPECTRAL CLASSIFICATIONS AND MULTI-BAND COLOUR INDICES)

PRÉSIDENT: Ch. Fehrenbach.

VICE-PRÉSIDENT: B. Westerlund.

COMITÉ D'ORGANISATION: W. P. Bidelman, E. K. Haradze, C. O. C. Jaschek, H. L. Johnson,
W. W. Morgan.

INTRODUCTION

Des classifications spectrales et des mesures photométriques ont été faites dans de nombreux Observatoires.

La classification à un seul paramètre, comme celle de Harvard, a été remplacée dans la plupart des cas par une classification bidimensionnelle. La classification simplifiée est réservée aux étoiles faibles. Les classifications dans le système MK ont été faites dans de nombreux Observatoires et nous signalons les importantes listes d'Abastumani.

De nombreux astronomes ont recherché les étoiles riches ou pauvres en métaux, ce qui est l'amorce des classifications à trois paramètres. Des listes d'étoiles Am et Ap ont été publiées.

De nombreux Observatoires se sont attachés à déterminer directement les magnitudes absolues M_v , par des mesures de largeur de raies ($H\gamma$, HeI , etc.). La classification de Chalonge qui est à trois paramètres a été poursuivie.

Une situation analogue existe pour la classification par photométrie photoélectrique. Le système de Lick est de moins en moins utilisé. Le système de Johnson et Morgan est encore très employé mais diverses variantes sont utilisées notamment à Genève. Ces classifications sont en principe bidimensionnelles mais divers auteurs montrent qu'il est possible d'atteindre un troisième paramètre. C'est le système *uvby* $H\beta$ de Strömgen et Crawford qui est l'approche la plus efficace d'une classification photométrique à trois ou quatre paramètres. Diverses variantes à ce système, notamment celles de Walraven et de van den Bergh, permettent des mesures analogues. Il est regrettable qu'une entente pour le choix d'un système ne puisse se faire. On constate que peu de progrès ont été faits dans les mesures des systèmes à bandes fines ou par exploration spectrale (scanning). Ceci s'explique par les difficultés inhérentes à ces méthodes.

Nous donnons ici un résumé des mesures qui ont été faites dans la classification spectrale et les mesures photométriques.

1. CLASSIFICATION SPECTRALE PAR LA PHOTOGRAPHIE

1.1. Les classifications par inspection de spectres

1.1.1. Système MK

1.1.1.0. Étoiles standards

1.1.1.1. Listes de travaux

1.1.2. Système simplifié

1.1.3. Groupes naturels

1.1.4. Étoiles particulières

1.1.4.0. Étoiles M, C ...

1.1.5. Spectres infrarouges

1.2. Les classifications par mesure de l'intensité des raies

1.2.0. Méthode de Stockholm

1.2.2. Mesures de W_λ

- 1.2.2.0. Petrie
 - 1.2.2.1. Vatican – Torun – Herman
- 1.3. Les classifications par mesure de gradient
 - 1.3.0. Chalonge
- 1.4. Listes de spectres et atlas
 - 1.4.0. Atlas spectraux
 - 1.4.1. Catalogues
 - 1.4.1.0. Étoiles OB
 - 1.4.1.1. Étoiles Ap, Am

2. CLASSIFICATIONS PAR PHOTOMÉTRIE PHOTOÉLECTRIQUE

- 2.1. Système à bandes larges
 - 2.1.0. Système Johnson *UBV, RI*
 - 2.1.1. Système de Stebbins Whitford (Lick)
 - 2.1.2. Système de Genève
- 2.2. Systèmes à bandes intermédiaires
 - 2.2.1. Strömgen – Crawford *u, b, v, y*
 - 2.2.2. Walraven – *ULBV*
 - 2.2.3. Van den Bergh
 - 2.2.4. Système de Vilnius
 - 2.2.5. Divers
- 2.3. Système à bandes fines
 - 2.3.0. Sinnerstad
 - 2.3.1. Nissen
 - 2.3.2. Sci
- 2.4. Mesures par monochromateur (scanning)
 - 2.4.0. Uttar Pradesh
- 2.5. Catalogues

1.1.1. Classification MK

De nombreux observatoires ont continué la classification de types spectraux dans le système MK.

1.1.1.0. Étoiles standards

A Perkins Observatory, P. C. Keenan a étudié un certain nombre d'étoiles G0-M5 géantes et supergéantes pour compléter les listes de W. W. Morgan et P. Keenan un peu insuffisantes dans ce domaine (dispersion $40\text{--}80 \text{ \AA mm}^{-1}$, $6 < V < 10$).

A Cordoba, J. L. Dessy a fait en liaison avec P. Keenan un travail analogue pour les étoiles brillantes K2-M6 avec une dispersion de 42 \AA mm^{-1} . Une liste analogue pour les types F-K a été publiée, une liste F0-G2 est en préparation. Un atlas de tous les types spectraux sera publié en collaboration avec M. et C. Jaschek.

1.1.1.1. Nouvelles classifications

Nous indiquons les classifications spectrales effectuées dans les divers Observatoires. Souvent les clichés ont été pris dans l'hémisphère austral.

U.S.A. A Northwestern University, Evanston, W. Buscombe a indiqué les classes MK d'un certain nombre d'étoiles pour lesquelles il a aussi mesuré les largeurs équivalentes des raies (121 étoiles australes, 30 dans M7).

A la NASA, N. G. Roman a publié les classifications de 679 étoiles $8 < V < 12$, ainsi que de 30 étoiles dans les SA 164, 166, 167 et 185.

A Kitt Peak, Ch. L. Perry et H. E. Bond ont déterminé le type spectral pour 20 étoiles près de IC 2391 observées à Tololo (Chili).

A Yerkes Observatory, A. Cowley, W. A. Hiltner et A. Witt ont publié les spectres des étoiles $m < 10$ des étoiles de Luyten à grand mouvement propre.

A Michigan University, une classification de 1700 étoiles brillantes de type spectral entre B9 et A9 ($\delta > -21^\circ$) a été exécutée par A. et C. Cowley et M. et C. Jaschek.

W. P. Bidelman et F. D. Miller projettent la classification de toutes les étoiles entre 7 et 9.5 avec le télescope de Schmidt de l'Université de Michigan installé à Tololo. F. Miller demande si on peut trouver une aide pour cet important programme; 593 excellents clichés sont déjà pris et représentent 50 % des clichés nécessaires à la couverture du Ciel austral.

A Naval Observatory, Harry Guetter a classé 182 étoiles de types B et A dans les associations Per OB1, Ori OB1, Lac OB1.

A Perkins Observatory, A. Slettebak, R. R. Wright et J. A. Graham ont classé 77 étoiles de type A $70 < m < 9.5$.

S. C. Simonson a classé 75 étoiles dans Cep OB2.

En Argentine. A La Plata, la classification de toutes les étoiles plus brillantes que 6.5 est prévue par M. et C. Jaschek.

En Europe. A. Lund, B. Karlsson: 39 étoiles OB distantes, $l_{II} = 203^\circ$, $b_{II} = 2^\circ$; G. Lyngå: 17 étoiles, $l_{II} = 300^\circ$.

A l'Observatoire de Marseille, sur des clichés pris à l'Observatoire de Haute Provence ou à l'Observatoire Européen Austral du Chili à la Silla les classifications suivantes ont été faites.

Les étoiles dont les vitesses radiales sont mesurées sont aussi classées dans le système MK. Avec le petit prisme objectif ($m < 10$), la classification est très précise mais avec le grand prisme objectif ($m < 12.5$), très sensible à la turbulence, les classes de luminosité sont plus difficiles à déterminer.

Les listes suivantes ont été publiées ou sont sous presse:

322 étoiles dans un champ de $4 \times 4^\circ$, $l_{II} = 124.6^\circ$, $b_{II} = -1.40^\circ$ – M. Barbier;

275 étoiles dans un champ de $4 \times 4^\circ$, $l_{II} = 139^\circ$, $b_{II} = 2.3^\circ$ – D. Jonas;

236 étoiles de l'amas NGC 752 – E. Rebeiro.

Les classifications des champs suivants sont très avancées:

6 champs de $4 \times 4^\circ$ aux longitudes (hémisphère austral); $l_{II} = 283^\circ, 302^\circ, 320^\circ, 327^\circ, 331^\circ, 352^\circ$ – Y. Georgelin;

4 champs de $2 \times 2^\circ$ à $l_{II} = 313^\circ, 318^\circ, 324^\circ, 333^\circ$ – A. Laval;

1 champ de $4 \times 3^\circ$ à $l_{II} = 188^\circ$, $b_{II} = 3^\circ$;

1 champ de $4 \times 5^\circ$ à $l_{II} = 101^\circ$, $b_{II} = -1.25^\circ$ – M. Barbier, N. Martin *et al.*;

2 champs galactiques de $2 \times 2^\circ$, $l_{II} = 245^\circ, 338^\circ$ – D. Jonas;

champ de $4 \times 4^\circ$ près de NGC 6231 – A. Laval;

champ de $4 \times 4^\circ$ près de IC 4628, $l_{II} = 343^\circ$.

Au spectrographe à fente, avec une dispersion de 73 \AA mm^{-1} , Ch. Fehrenbach et E. Maurice ont classé 200 étoiles supergéantes du Grand Nuage de Magellan.

Y. Georgelin a entrepris la classification des étoiles excitatrices de diverses nébuleuses gazeuses entre $l_{II} = 200^\circ$ et $l_{II} = 360^\circ$ (dispersion 73 \AA mm^{-1}).

L. Prévot exécute la classification d'étoiles faibles bleues de population II aux grandes latitudes galactiques.

En U.R.S.S. A l'Observatoire d'Abastumani, de très nombreuses classifications spectrales ont été faites par E. K. Kharadze et R. A. Bartaya *et al.* Les listes très importantes publiées sont les suivantes:

6000 étoiles dans les SA 7, 8, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 37, 38, 39, 40, 41, 42 et 43;

3000 étoiles dans les associations O: Cam I, Cas III, Cas IV, Cas VII;

6500 étoiles dans NGC 2129, 6802, 6823, 6834, 6913, 7086, 7654 (N. B. Kalandadze et M. D. Metreveli);

4000 étoiles dans les SA 25, 48, 50, 73, 75, 97, 99 et 122 (A. D. Chuadze);

2000 étoiles ont été classées près du pôle galactique nord (D. G. Chipashvili et L. I. Zaitseva);

4000 étoiles dans association T And T1, Oph T1, Lyr T1 (M. A. Shiukashvili et L. Skhirtladze).

T. A. Uranova finit la classification des étoiles O-F5 dans 7 champs de la région 1 du plan P. P. Parenago (environ 7000 étoiles).

1.1.2. *Classifications simplifiées*

Les classifications spectrales sur des spectres à petite dispersion sont faites par simple inspection par divers observatoires.

U.S.A. N. Sanduleak, C. B. Stephenson ont commencé l'extension au ciel austral des étoiles à haute luminosité. Ce travail complètera ceux de Cleveland et Hambourg.

A Perkins Observatory, A. Slettebak *et al.* classent 900 étoiles moins avancées que F0 et plus brillantes que 14 près du pôle galactique sud (580 \AA mm^{-1} vers H γ) spectres obtenus à Tololo.

B. E. Westerlund a classé des étoiles OB australes autour des restes des Supernovae RCW 86 et RCW 103 ainsi que dans Norma (dispersion 140 \AA mm^{-1}).

Europe. A Bonn, Dr. W. C. Seitter a publié un Atlas spectral pour les dispersions de 645 et 1280 \AA mm^{-1} vers H γ . Cet atlas sera très utile pour la classification des étoiles faibles. Au même observatoire, une classification des étoiles < A5 du ciel austral ($l_{II} = 233^\circ$ à $l_{II} = 20^\circ$ $|b_{II}| < 12.5$) est en cours.

A Lund, B. Karlsson a classé 800 étoiles situées vers $l_{II} = 203^\circ$ $b_{II} = +2^\circ$ et B. Virdefors met au point une classification bidimensionnelle pour les étoiles B à F (480 \AA mm^{-1} vers H γ).

A Stockholm, 446 étoiles de la SA M3 ont été classées (206 \AA mm^{-1} vers H γ).

1.1.3. *Groupes naturels*

M. F. McCarthy et P. J. Treanor étudient la distribution des étoiles dA et gK d'après les critères des groupes naturels de W. W. Morgan (SA 28, 54, 106 et 107).

1.1.4. *Étoiles particulières*

1.1.4.0. *Étoiles froides*

La classification précise des étoiles froides a été étudiée dans divers observatoires.

A Abastumani, G. N. Dzhimshelishvili a mis au point une méthode pour classer les étoiles carbonées; une séquence de 24 étoiles a été établie et 40 autres étoiles ont été classées. A Perkins Observatory, A. Slettebak, P. C. Keenan et R. K. Brundage ont aussi classé 7 étoiles carbonées du pôle galactique nord. P. Keenan essaye la plus petite dispersion qui permette une détection des étoiles C.

De nombreux essais de classification d'étoiles particulières ont été tentés. Les variables du type Mira Ceti ont été étudiées dans ce but à Perkins, Mt Wilson et Toronto par P. Kennan, R. Garrison et A. Deutsch (1000 clichés).

A l'Observatoire de Marseille, M. Barbier a dressé une nouvelle liste d'étoiles M, S, C découvertes au cours des inspections de clichés de prisme objectif.

B. E. Westerlund a terminé un catalogue de 1200 étoiles C de l'hémisphère austral (clichés de Mont Stromlo).

Un catalogue des étoiles C est en préparation (C. B. Stephenson à Warner Swasey Observatory).

1.1.4.1. *Classifications diverses*

C. Jaschek, M. Jaschek et M. Arnal ont commencé une recherche d'étoiles trop bleues pour leurs types spectraux dans toutes les aires qu'ils ont étudiées.

D. S. Evans, S. V. M. Clube et D. H. P. Jones ont observé les spectres d'un nombre d'étoiles RR Lyrae australes et D. Evans avec P. A. T. Wild a recherché des sous-naines.

D. D. Meisel a déterminé les types spectraux, les vitesses de rotation et Δm pour 50 composantes d'étoiles binaires visuelles. 10 de ces étoiles sont des étoiles Be.

A. Markowitz a fait la classification de toutes les étoiles à spectres composites $V < 70$, $b > -25^\circ$, le type spectral, la luminosité et la rotation ont été estimés pour toutes les étoiles.

1.1.4.2.

Des groupes d'étoiles O et B particulières ont été étudiés par W. W. Morgan (Yerkes Observatory).

(1) Les étoiles à hydrogène très fort (membres des amas de la Nébuleuse d'Orion). Ces étoiles de type O à B2 permettent une discrimination des étoiles se trouvant à un certain état d'évolution. Ces étoiles sont moins lumineuses que les étoiles normales.

(2) Les étoiles à HeI de type B2, membres d'amas.

(3) Les étoiles "quasi géantes B8" sur des spectres à petite dispersion. Elles ont la classe de luminosité III mais sur des grandes dispersions, CII 4267 a l'intensité correspondante aux classes B2-B3. Ces étoiles apparaissent dans certains amas mais elles peuvent aussi exister isolées.

(4) Des étoiles B avancées avec des raies K anormalement intenses.

1.1.5. Spectres infrarouges

R. F. Wing et H. Spinrad ont fait un inventaire des spectres connus dans la région $\lambda > 9000\text{\AA}$. Pour les étoiles M les bandes de CN sont particulièrement intenses dans la région $1-2.5\ \mu$. L'identification de ces bandes avec H₂O est rejetée.

1.2.0. Classification par mesure photométrique

1.2.0.1. Classification de Stockholm-Uppsala

Les astronomes suédois ont continué les mesures des spectres en vue de leur classification. L'état de ce travail est le suivant:

(1) Dans le programme des étoiles galactiques $|b| < 3^\circ$:

(a) résultats publiés $73^\circ < I_{II} < 133^\circ$;

(b) résultats pratiquement achevés $43^\circ < I_{II} < 73^\circ$;

(c) plaques prises $133^\circ < I_{II} < 153^\circ$.

(2) Les résultats dans les SA sont analysés par ailleurs, 19 champs publiés.

(3) Des études sur le pôle galactique sud sont en cours: région de 40 degrés carrés $V < 15$.

(4) K. G. Malmquist a étudié une région de 120 degrés carrés 3000 étoiles $m_{pg} < 13.5$. Cette étude a permis de mettre en évidence des nuages absorbants à 200 et 400 pc.

(5) Häggkvist et T. Oja ont mis en route un programme d'observations qui comprendra la mesure des étoiles brillantes par photoélectricité.

Les étoiles faibles seront mesurées photographiquement.

Le programme comprend les étoiles plus brillantes que 11 (magnitude B) pour $b > 70^\circ$ et les étoiles plus brillantes que 14 pour $b > 75^\circ$. Les clichés sont pris.

(6) L. O. Lodén et Mlle B. Nordström font une classification préliminaire pour 15000 étoiles de types spectraux très chauds ou très froids dans le Centaure entre $280^\circ < I_{II} < 320^\circ$.

1.2.0.2.

A. Broerfelde, J. Andersen et J. V. Clausen ont commencé la classification de spectres de $105\ \text{\AA}\ \text{mm}^{-1}$ vers Hy.

1.2.0.3.

A l'Université de Bochum, Th. Schmidt-Kaler a entrepris la classification ($B < 9$) dans 107 SA (étendues) de l'hémisphère austral. Les classifications seront basées sur des mesures photoélectriques.

1.2.2. Mesures de largeurs équivalentes

La mesure de la largeur équivalente des raies permet de déterminer indépendamment la magnitude absolue, la composition chimique et la turbulence lorsque les raies sont choisies spécialement.

1.2.2.0. *Méthode de Petrie*

Poursuivant les mesures de R. M. Petrie, W. Buscombe à Evanston a classé 121 étoiles australes de type O5 à A3 et a déterminé les magnitudes absolues de 380 autres étoiles australes; il a aussi pu déterminer les vitesses de rotation $v \sin i$ pour une centaine de ces étoiles.

B. E. Westerlund a déterminé les M_v pour 25 étoiles.

A l'Observatoire de Marseille, N. Martin a indiqué une méthode très expéditive, dérivée d'une méthode d'Öhman, pour déterminer une grandeur qui est en relation simple avec W_λ .

En fait, toutes les étoiles OB-A2 des champs de P.O. indiquées dans les listes de spectres MK sont ainsi mesurées. Ce qui permet de déterminer M_v en se servant des étoiles de Petrie. N. Martin détermine aussi le rayonnement de ces étoiles sur les mêmes clichés. Une vingtaine de champs galactiques sont ainsi mesurés par N. Martin, M. Barbier, Y. Georgelin et A. Laval.

A l'Observatoire de Toulouse, M. Azzopardi et R. Bouigue poursuivent des travaux sur la mesure des magnitudes absolues à partir de spectres obtenus au prisme objectif de 25 cm.

Les mesures de W_λ sont digitalisées. Les raies de Balmer $H\gamma$ et $H\delta$ ainsi que les raies de l'hélium sont mesurées. Cette méthode doit permettre de préciser les critères de luminosité en établissant conjointement les critères de classification spectrale.

L'application de ces résultats à des champs situés sur l'anticentre et pôle galactique nord est en cours pour les étoiles de types O, B, A et F.

G. A. H. Walker, à l'Université de British Columbia a effectué des mesures des raies $H\gamma$ et 4388 et 4471 de HeI (largeur équivalente et profondeur); il en déduit la relation entre l'abondance de He et la vitesse de rotation des étoiles: 425 étoiles O, B étudiées. Il trouve que ces résultats suppriment une difficulté de la théorie de la diffusion de HeI de J. L. Greenstein.

A Meudon, Mme R. Herman et N. Yilmaz font des mesures de l'intensité des raies de l'hydrogène pour des étoiles Be.

1.2.2.1.

M. F. McCarthy, P. J. Treanor et W. K. Ford ont classé les étoiles K4 à M5 à l'aide de l'intensité des raies de NaI (228 \AA mm^{-1}) et des bandes de CaH (6365 et 6850 \AA) et MgH (5622 et 5211).

A Ambastumani, V. V. Lenshin a fait une classification quantitative de 29 étoiles normales B3-F0 et 15 étoiles Ap avec des spectres de 15 \AA mm^{-1} .

R. M. West à Copenhague a classé 194 spectres de P.O. en ultraviolet, obtenus à Abastumani (110 \AA mm^{-1} à 3900 \AA). Il a mesuré 1031 raies et calculé 47 rapports d'intensité de raie. Il en déduit les classes spectrales, la luminosité et le rapport Fe/H. La région 4000–4550 est étudiée pour 250 spectres.

A Torun, J. Smolinski, A. Strobel *et al.* font aussi des classifications multiparamétriques par la mesure de la profondeur et de l'intensité des raies dans des spectres de P.O. Ils calibrent leurs clichés à l'aide de spectres de grande dispersion pour déterminer en plus de Te, g, Fe/H la vitesse de micro-turbulence des étoiles.

1.3.0. *Classification BCD* (Barbier, Chalonge et Divan)

A Paris, L. Divan continue ce travail. Les résultats donnent les trois gradients φ_{rb} , φ_b , φ_{uv} , la valeur de la discontinuité de Balmer D et sa position λ a été déterminée pour 380 étoiles; les 30 étoiles standards sont publiées et 350 sont prêtes pour la publication. Cette classification est très précise et permet une bonne détermination du rougissement interstellaire.

Une étude particulière des étoiles O et B est entreprise avec M. L. Burnichon. Environ 1000 spectres sont déjà photographiés. Ces auteurs montrent que les magnitudes des étoiles O varient avec les valeurs de λ et D.

J. Berger effectue, à l'Institut d'Astrophysique de Paris, sur des clichés obtenus à l'Observatoire de Haute Provence, la classification BCD des étoiles bleues faibles du halo galactique. 130 étoiles ($7.5 < m < 13$) sont classées. Un effort spécial est fait pour établir des séquences d'étoiles de diverses populations.

Dans une étude sous presse, A. Ardeberg étudie les gradients des étoiles O9 à G0 par classe de luminosité séparées. Ces résultats sont comparés aux théories des atmosphères stellaires.

1.4.0.

An Atlas of Low-dispersion Grating Stellar Spectra a été publié par Abt, Meinel, Morgan et Tapscott. Des exemplaires peuvent être obtenus à Kitt Peak National Observatory. Des suppléments sont en préparation. Des améliorations nettes au système MK sont indiquées dans cet atlas.

Listes diverses

Nous avons signalé au fur et à mesure les listes de classifications spectrales de diverses étoiles. Ajoutons les catalogues actuellement en préparation pour des étoiles particulières.

Étoiles à émission. Le catalogue des étoiles à émission préparé par F. C. Bertiau et M. F. McCarthy contient 3216 étoiles à émission $< F$ et reprend notamment les listes de Mont Wilson, de Tonantzintla et de Case-Hambourg.

K. G. Henize publie une liste de 1929 étoiles présentant $H\alpha$ en émission, la plupart de ces étoiles sont des premiers types spectraux et situées dans le ciel austral.

Le catalogue L. R. Wackerling contient 5290 étoiles à émission des premiers types spectraux dont l'auteur a eu connaissance.

C. Jaschek, M. Jaschek et L. Ferrer ont préparé une bibliographie contenant 990 références pour 1900 étoiles Be.

Étoiles Ap. A. Cowley *et al.* ont publié une nouvelle liste d'étoiles Ap. Ch. Bertaud a publié un catalogue d'étoiles Ap.

2.1. SYSTÈMES À BANDES LARGES

2.1.0. *Système UBVR I de Johnson-Morgan*

De nombreuses classifications spectrales ont été accompagnées par la mesure des magnitudes dans le système de Johnson et Morgan. Ceci est le cas pour les travaux déjà signalés :

- (1) 25 étoiles OB près de RCW 86 et RCW 103 étudiées par B. E. Westerlund.
- (2) Pour 764 étoiles, classées par N. Roman, la publication n'est pas encore faite à cause d'une difficulté de raccordement.
- (3) Les amas galactiques de l'hémisphère sud étudiés par E. R. Hill et Ch. L. Perry.
- (4) L'Association Céphée OB2 étudiée par S. C. Simonson III.
- (5) Les étoiles brillantes du programme d'Uppsala pour $V < 5.05$ et $b_{II} > -10^\circ$, pour $V < 6.05$ et $b_{II} > 60^\circ$.
- (6) Les étoiles des agrégats stellaires faites par E. E. Mendoza comportent des mesures dans le système *UBVR I, JHKLM*.
- (7) A. Lyon, J. Bigay *et al.* mesurent les magnitudes des *U, B, V* des étoiles excitatrices de région H_{II} , étoiles Be Ap Am, les amas jeunes NGC 6823, 6871, 6910, IC 1805-1848 et des amas et associations dans M33, M51-LMC.

Une très importante série de mesures dans le système étendu (*UBVR IJKL*) a été faite par E. E. Mendoza à Mexico. 500 étoiles ont été mesurées.

D'après son analyse, la meilleure valeur de la température effective est obtenue à partir de *V-R* et *R-I*.

Parmi ces étoiles, 50 ont des excès de couleur infrarouge, qui ne peuvent pas être expliqués par l'extinction interstellaire; diverses causes sont étudiées: T⁺Tau, enveloppes de gaz ou de poussières, atmosphères anormales, etc.

C. et M. Jaschek et L. Ferrer montrent que l'effet de serre (blanketing effect) pour les étoiles Ap et Am peut être déterminé par la photométrie *UBVR I*. Il est possible de déterminer la métallicité des étoiles Am.

2.1.1. *Système de Lick* (J. Stebbins et A. E. Whitford)

Ce système n'a pas été utilisé par de nombreux auteurs. J. Rousseau a mesuré et étudié les étoiles de O. C. Wilson de type spectral G5 à K3 dans ce système. Son travail a surtout consisté à discuter les deux thèses en présence, sur la raison de la dispersion des indices $P - V$ pour ces étoiles pour un type spectral donné (O. C. Wilson et B. E. J. Pagel). Il existe une contradiction formelle entre les conclusions de ces deux auteurs: pour O. Wilson, les étoiles à petit $P - V$ sont des étoiles chaudes et riches en métaux alors qu'elles sont pauvres en métaux pour B. Pagel. Cet auteur tient compte de l'effet de serre (blanketing). Les indices bleus étant plus sensibles à la composition chimique et les indices rouges à la température, J. Rousseau montre, par des observations en six couleurs, que l'effet Pagel est prédominant pour les étoiles G8-K0 alors que les deux effets existent pour les étoiles plus avancées. Ceci montre que les indices $P - V$ seuls ne permettent pas une classification distinguant ces deux effets.

2.1.2. *Système de Genève*

Le système à 7 couleurs utilisé par les astronomes de Genève dans diverses stations d'observation est le système UBV complété par les couleurs B_1B_2 qui coupent l'intervalle B en deux parties et V_1G l'intervalle V .

Cinq paramètres sont définis: l'un $[d]$ est un paramètre de luminosité, $[A]$ permet d'estimer la rotation des étoiles B0-B7; pour les étoiles Am, il permet de déterminer la métallicité et pour les étoiles F, la composition chimique.

Le programme comprend surtout l'observation des étoiles Ap.

2.2. LES SYSTÈMES À BANDES INTERMÉDIAIRES

2.2.0.

Le système photométrique de Strömberg u, v, b, y quelquefois complété par des mesures de $H\beta$ a été utilisé par divers observateurs.

Ch. L. Perry a publié un catalogue $ubvy$ de la plupart des étoiles F5 à G0 entre 6.5 et 7.5 et $-10^\circ < \delta < +60^\circ$.

Ces observations doivent servir de base pour des études plus spécialisées. Des mesures dans ce système complétées par des mesures $H\beta$ ont été faites à Cerro Tololo par Ch. Perry et E. R. Hill pour les amas IC 2391, IC 2602, NGC 6231.

L'appartenance des étoiles aux amas et la détermination des âges des amas ont été faites.

H. E. Bond a mesuré à Kitt Peak plus de 250 étoiles de magnitude 7 à 9 suspectées comme étoiles à raies métalliques faibles (weak lines). La fréquence de ces étoiles est rare; elles seraient des géantes évoluées. H. Bond trouve que la relation entre composition chimique et excentricité des orbites galactiques est douteuse.

E. H. Olsen a comparé les calibrations dans le système u, v, b, y, β pour les étoiles A-F de la série principale avec les calibrations dans le système k, n, m, g pour les géantes G-K, en étudiant des étoiles doubles. L'accord est bon particulièrement pour les rapports $[Fe/H]$.

Pour les géantes, les résultats sont moins clairs et semblent indiquer une dépendance de $M_v(K)$ avec $[Fe/H]$. Les mesures continuent.

A. G. Davis Philip a mesuré un certain nombre d'étoiles dans le système $ubvy$. 40 étoiles de champ de la branche horizontale ont été trouvées et leur couleur normale déterminée. Des étoiles bleues des branches horizontales dans les amas globulaires M 4, NGC 362 et 6809 ont été mesurées et comparées aux étoiles normales.

La distribution des étoiles de Pop. I et II dans la région du pôle galactique nord est étudiée pour les étoiles A. (mesure $ubvy$ et UBV pour 57 étoiles $5 < m < 14.5$). 11 sont de Pop. II, 10 de Pop. I pour $m > 12$ les étoiles de Pop. II prédominent.

A l'Observatoire National de Kitt Peak, D. L. Crawford *et al.* ont étudié les étoiles brillantes et

des étoiles d'amas pour calibrer le système u, b, v, y, β (couleurs intrinsèques et magnitudes absolues) pour les étoiles B A et F. En général, les couleurs intrinsèques ($b - y$), sont prédites avec une dispersion cosmique de ± 0.010 , et les magnitudes absolues avec des précisions de ± 0.6 ou ± 0.2 suivant le type spectral pour les étoiles B et ± 0.2 pour les étoiles A. Les étoiles F des Hyades sont anormales. Liste des mesures faites:

1. Sp B5 toutes les étoiles $V \leq 6.5$
2. Sp G0 toutes les étoiles $V \leq 5.0$
3. Sp B0 $\delta > 0^\circ$ $V \leq 6.5$

Amas: 1. Hyades; 2. Coma; 3. UMa; 4. Praesepe; 5. α Per; 6. Pléiades; 7. IC 2391; 8. IC 2602; 9. η et χ Per; 10. NGC 6231 et Sco OB1; 11. IC 4665; 12. NGC 752.

L'étude d'autres amas est en cours.

2.2.1.

D'autres systèmes intermédiaires sont à l'étude. L. Hansen et P. U. Jacobsen ont étudié 215 étoiles G-K (géantes et naines) pour les longueurs d'onde 3440, 4060, 4590, 5110, 5400 et 6390 Å et comparé ce système avec le système k, n, m, g . Un catalogue dans le système k, n, m, g de 1160 étoiles de type avancé (K. Gyldenkerne *et al.*) et un catalogue d'étoiles A (K. T. Johansen et K. Gyldenkerne) sont sous presse.

P. B. Boyce *et al.* ont exécuté une classification des étoiles M géantes à l'aide d'un photomètre avec la bande 7050 de TiO.

La calibration des quantités k, n, m, g pour déterminer les indices de couleur, $[Fe/H]$ et M_v sont en cours – en partie sous presse. (5 P. K. Rasmussen).

2.2.2. Système de Walraven

De nombreuses mesures dans le système à bandes intermédiaires de Th. et J. Walraven ont été faites par les astronomes de Leyde.

Ce système permet de définir des indices de couleur corrigés de l'absorption interstellaire. Les quantités calculées sont des mesures photoélectriques de la discontinuité de Balmer, de gradient φ_{uv} et de la magnitude absolue M_v .

Les listes publiées sont: 469 étoiles OB dont 391 de la liste de Lyngå dans l'association Centaure-Norma (Van Houten); 69 supergéantes du G. N. M. (Van Genderen); 30 étoiles dans la partie nord de Sco OB1; 169 étoiles dans NGC 5662 (Pel et Velthuis); 20 étoiles dans NGC 4755; 24 étoiles dans NGC 6421 (Wamsteker); 36 étoiles dans NGC 6475; 500 étoiles bleues entre le PNM et le GNM.

2.2.3. Le système de van den Bergh

S. van den Bergh a utilisé un système photométrique à cinq couleurs à bandes intermédiaires avec des largeurs d'ondes effectives.

	λ_{eff}	$\Delta\lambda$
35	3490	± 370
38	3795	176
41	4165	84
42	4255	83
45	4513	84

L'indice $C(35-38)$ est sensible à la fois à T_e et à M_v ; $C(38-41)$ permet de mesurer l'effet "line blanketing"; $C(41-42)$ est une mesure de l'absorption de CN (Lindblad) et est sensible à M_v ; $C(42-45)$ mesure l'influence de CH et est sensible à T_e et M_v .

Van den Bergh a mesuré 210 étoiles isolées, 70 amas stellaires et 56 galaxies. La détermination

des paramètres essentiels, type spectral, m_v , abondances et rougissemments peuvent être obtenus en combinaison avec les mesures *UBV*.

La séparation des étoiles riches et pauvres en métal pour les étoiles naines est particulièrement nette dans un diagramme *C(38–41)-C(42–45)* corrigé du rougissemment. La mesure globale des galaxies et amas a été faite et est recommandée par van den Bergh.

2.2.4. *Système de Vilnius*

V. Straizys de l'Université de Vilnius a défini un nouveau système photométrique *UPXYZVS* avec les longueurs d'ondes effectives 3500, 3750, 4050, 4600, 5100, 5400 et 6500 Å. Des filtres en verre ont remplacé, sauf pour 6500, les filtres interférentiels. Sept jeux ont été réalisés et distribués à cinq observatoires. 400 étoiles ont été mesurées.

Des indices corrigés de l'absorption interstellaire sont définis et permettent de classer les étoiles de B à M. L'auteur pense que son système donne des résultats comparables au système de B. Strömngren même pour des étoiles rougies et permet de faire dans tous les cas une classification à deux dimensions et quelquefois à trois.

Il serait important de comparer ces systèmes.

2.2.5.

A l'Université d'Arizona, R. I. Mitchell et H. L. Johnson ont défini un nouveau système photométrique à bandes intermédiaires (narrow band photometry dans leur publication) centrées sur les longueurs d'ondes 3370, 3530, 3750, 4020, 4590, 5180, 5830, 6350, 7240, 8000, 8580, 9850 et 11080 Å dont les largeurs sont variables allant de 110 Å pour –3370 à 580 Å vers 7240. Les flux transmis pour les filtres pour des étoiles A0V sont indiqués.

Le système est défini par la mesure de 1000 étoiles brillantes pour lesquelles on donne la magnitude 52 et 12 couleurs. Ces mesures sont complétées par une photométrie dans le rouge (8 et 6 couleurs) pour un certain nombre d'étoiles. Ces données sont surtout utiles pour un rattachement au système rouge de Johnson *JHKL*. Cette photométrie sera étendue à l'hémisphère austral.

R. F. Wing utilise deux systèmes photoélectriques à bandes multiples. Un système à 27 couleurs pour la classification des étoiles de type M avancé. Il y a accord avec les types spectraux de P. C. Keenan.

Une différence sensible de la température effective T_e existe entre les étoiles Mira et M non variables pour le même type spectral.

R. F. Wing retrouve pour certaines étoiles géantes M une anomalie d'abondance de CN comme pour certaines étoiles K.

Un système à 13 couleurs (3000–5000 Å) permet l'étude des étoiles avancées (mesure des raies d'émission et différence des répartitions spectrales de l'énergie).

Signalons que Th. Walraven construit un photomètre à canaux multiples. Le spectre est décomposé en 22 bandes alternativement brillantes et obscures à contours rectangulaires. Un dispositif optique simple permet de changer les bandes brillantes en bandes obscures et vice versa. De sorte que 11 photomultiplicateurs permettent de déterminer en deux mesures les 22 bandes. La mesure de polarisation est aussi possible.

2.3. SYSTÈMES À BANDES FINES

2.3.0.

La photométrie à bandes très étroites a été faite dans divers Observatoires.

A Lyon et à l'Observatoire de Haute Provence, J. Bigay *et al.* utilisent un système à bandes passantes étroites.

λ	3600	4035	4102	4220	4340	4500	4700	4861	4900Å
$\Delta\lambda$	120	60	30	98	35	85	92	35	98

Ce qui permet de déterminer la valeur de la discontinuité de Balmer et les largeurs équivalentes de $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$ ainsi que des grandeurs analogues à ϕ_0 et $B-V$. Il s'agit d'une classification à trois paramètres.

Le programme comporte la détermination de la distance des étoiles O-B, une étude des étoiles Be ainsi qu'un indice de métallicité.

A Paris et à l'Observatoire de Haute Provence, N. Morguleff et M. P. Véron utilisent la classification décrite par D. Barbier (1960). Ce système comprend 11 bandes centrées sur NaI , MgI , $H\beta$, CaI , CN , CaII et 5 bandes dans des régions peu perturbées par des raies vers 5950, 5325, 4960, 4040 et une vers 3612 Å. Ceci permet de définir; trois gradients, une discontinuité de Balmer et six intensités de raies. Une étude de la corrélation entre ces grandeurs et les grandeurs $B-V$, $U-B$, classe de luminosité, est déterminée. Cette classification faite pour 100 étoiles G et K donne des résultats très intéressants.

U. Sinnerstad et J. Arkling ont mesuré les largeurs équivalentes des raies $H\beta$, $H\gamma$ et 4471 et 4922 de HeI. La combinaison d'un filtre de 6 Å avec un autre de 28 Å pour $H\beta$ permet de déterminer $v \sin i$ avec une précision de $\pm 45 \text{ km s}^{-1}$ pour les étoiles de classe V.

Les étoiles Be sont très faciles à mettre en évidence.

A l'Observatoire de Copenhague, de nombreux travaux ont été exécutés à l'aide de divers systèmes photométriques à bandes étroites notamment pour la classification des géantes G et K.

2.3.1.

P. E. Nissen a mesuré avec le télescope solaire McMath l'intensité d'une bande très étroite centrée sur 4800 Å avec une largeur totale de 3.51 Å.

Le paramètre $A = 2.5 \log(I_{\text{cont}}/I_{\text{raie}})$ est déterminé.

P. E. Nissen montre qu'on peut déterminer à l'aide de ce paramètre l'abondance $[\text{Fe}/\text{H}]$ si on connaît l'indice $H\beta$ déterminé par D. L. Crawford *et al.*

Une photométrie à bandes étroites faite par M. Rudkjøbing et P. Nissen à l'Observatoire de Haute Provence et à Kitt Peak montre que la microturbulence n'est pas un paramètre indépendant de la structure stellaire. L'indice m de B. Strömgen a été d'autre part calibré.

2.3.2.

R. F. Griffin à Cambridge (U.K.) a étudié l'intensité de la raie Sc I 6305 pour les étoiles avancées.

2.4.0.

La classification spectrale par la mesure directe des répartitions spectrales à l'aide de monochromateur (spectral scanning) ne semble guère avoir fait de grands progrès.

J. P. Chaturvedi à Uttar Pradesh State Observatory a commencé des mesures des étoiles K et M avec une définition de 50 Å. G. S. D. Babu étudie avec le même instrument les étoiles magnétiques.

2.5.

Le problème de la constitution de centres de données pour l'établissement d'un catalogue et d'un fichier des données spectrales et photométriques pour toutes les étoiles mesurées est devenu d'une importance capitale et une coordination s'impose.

L'U.S. Naval Observatory a publié un catalogue photométrique (V. M. Blanco, S. Demers, G. C. Douglas et M. P. Fitzgerald) contenant les magnitudes V et les couleurs ($B-V$), ($U-B$) et ($U-B$) contenant ces mesures pour environ 17000 étoiles. Ce catalogue présente un intérêt considérable.

"Un catalogue photométrique" est préparé pour la publication à La Plata; il contient toutes les mesures photoélectriques de magnitudes et couleurs publiées avant 1968-0. Il contient 20000 étoiles et 1800 références bibliographiques (C. Jaschek).

A l'Université de Lausanne, B. Hauck a mis en route la compilation d'un catalogue analogue à celui publié par l'U.S. Naval Observatory pour les principaux systèmes actuellement utilisés avec une homogénéisation et la corrélation entre les divers systèmes.

CONCLUSION

De nombreuses classifications spectrales et des mesures photométriques ont été exécutées. Elles sont souvent des données accessoires pour l'étude de nombreux problèmes sur la Structure galactique, les Nuages de Magellan, l'étude de l'absorption interstellaire. De nombreux résultats obtenus sont signalés dans les rapports des Commissions correspondantes.

Indiquons que pour la classification, par spectrographie ou photoélectricité, deux problèmes se posent: la standardisation des systèmes photoélectriques et la collection des données. Il s'agit là de deux problèmes d'entente entre les astronomes que notre Commission doit essayer de résoudre.

CH. FEHRENBACH
Président de la Commission