

# CARACTÈRES SPECTROPHOTOMÉTRIQUES DE L'ÂGE

D. CHALONGE

(d'après les déterminations de J. BERGER, D. CHALONGE, L. DIVAN, A-M. FRINGANT, B. WESTERLUND)

## R É S U M É

Sur les trois paramètres utilisés dans la classification tridimensionnelle deux sont indépendants de l'absorption interstellaire : ce sont  $D$  et  $\lambda_1$  qui mesurent la grandeur et la position dans le spectre de la discontinuité de Balmer. Si l'on classe les étoiles de la population I en se bornant à l'emploi de ces deux paramètres, on obtient directement et sans qu'aucune correction soit nécessaire un graphique analogue au diagramme HR : les points représentant les étoiles de divers amas connus permettent de « graduer en âge » le diagramme composite ainsi établi directement et l'on peut en déduire des informations sur l'âge des étoiles individuelles n'appartenant pas aux amas précédents.

On a de même commencé à construire le diagramme relatif aux étoiles de la population II voisines du soleil.

## DIAGRAMME COMPOSITE $\lambda_1 D$ POUR LA POPULATION I [1]

Chaque point de l'espace E caractérise un type bien défini d'étoile et les aspects successifs d'une étoile au cours de son évolution sont représentés par les points d'une ligne de l'espace E, sa « courbe d'évolution ». Le problème qui se pose serait de déterminer l'âge relatif à chaque point : nous connaissons ainsi les caractères spectrophotométriques de l'âge.

De même que nous graduons l'espace E en magnitudes absolues en y plaçant des étoiles de luminosité connue, nous avons essayé de l'étalonner en « âge » en classant des étoiles d'âge aussi bien défini que possible.

Un certain nombre d'étoiles (en général les plus brillantes) appartenant aux amas ou groupes d'étoiles suivants, ont été classées :

amas NGC 2264, association I Ori, association  $\zeta$  Per [3, 5, 6];

groupe Cas-Tau;

Pléiades [3];

amas M 39 [7];

amas galactique de Coma [7];

Hyades.

Ces étoiles sont représentées en projection sur les Fig. 3a-3b (1) (voir la légende de ces figures). La figure d'ensemble se présente à peu près comme se présente la surface  $\Sigma$  pour un observateur qui l'examine de face (comparer la Fig. 2 à l'ensemble des deux Fig. 3). Elle peut également se comparer à un diagramme HR : les types spectraux sont représentés par des bandes grossièrement verticales; l'échelle des magnitudes absolues est remplacée par l'échelle des  $\lambda_1$  qui varie dans le même sens pour les étoiles voisines de la surface. Les courbes empiriques séparant les classes de luminosité V, IV, III sont reportées sur la figure.

(1) Figures de l'article précédent [2]. La numérotation des figures des deux articles se suit.

Ce mode de représentation à deux variables a sur les diagrammes HR ou sur les diagrammes CL les deux avantages suivants :

1) les deux coordonnées  $\lambda_1$  et D étant insensibles à l'absorption interstellaire, les corrections d'absorption, toujours incertaines, sont évitées;

2) la variable  $\lambda_1$  (qui, dans l'intérieur de chaque classe spectrale, varie dans le même sens que la magnitude absolue) n'étant pas fonction de la distance, *il est possible de placer dans le diagramme des étoiles appartenant à des amas différents sans aucune correction et de construire ainsi directement un diagramme composite.*

La Fig. 3 constitue en effet un diagramme composite des divers amas étudiés. A gauche, une large bande (—·—·—·—) contient les amas très jeunes NGC 2264, Ori I, etc...; à partir du type AO elle commence à sortir de la région des naines pour pénétrer dans celle des sous-géantes (étoiles en contraction W 46, HD 34317). On voit ensuite, vers la droite, successivement la bande des Pléiades (++++), celle de M 39 (—·—·—), celle de l'amas de Coma (— — — —). Les limites des Hyades qui viennent ensuite n'ont pas été marquées afin de ne pas surcharger la figure (mais elles sont marquées sur la Fig. 7).

*Série principale.* — Bien que le petit nombre d'étoiles classées empêche des conclusions très sûres, l'examen de la Figure 3 appelle tout d'abord la remarque suivante : vers le type F les bandes qui contiennent les membres des divers amas (sauf les amas très jeunes) ont une partie commune, *mais la coïncidence entre elles ne semble jamais totale* de sorte qu'on ne pourrait définir qu'une « série principale moyenne » : en effet, la bande qui contient les étoiles de M 39 est un peu au-dessous de celle des Pléiades pour les types plus avancés que B9; celle de Coma montre le même phénomène; par contre les Hyades avancées ont, dans l'ensemble, des  $\lambda_1$  supérieurs à ceux de Coma.

Ce phénomène demande à être confirmé par l'étude d'un plus grand nombre d'étoiles F.

*Détermination de l'âge d'étoiles doubles (J. Berger) [4].* — Les points figuratifs d'un certain nombre d'étoiles doubles classées par J. Berger ont été reportés sur la Fig. 3 : les points représentant les composantes d'une étoile double sont joints par une droite et le nom de l'étoile est inscrit auprès de la composante brillante. Il est possible d'estimer l'âge de certaines d'entre elles (en admettant que la composition chimique est peu différente). 62 Tau,  $\nu$  Gem,  $\pi$  And peuvent être considérées comme un peu plus jeunes que les Pléiades : la composante faible de chacun des trois couples se place en effet dans la partie commune aux séries principales des quatre amas (Pléiades, M 39, Coma, Hyades) mais la composante brillante, qui évolue plus vite, en est déjà sortie et se trouve dans la partie de la bande IV dont l'âge est moins avancé que celui des Pléiades.

HD 217943 serait encore un peu plus jeune.

HR 2174 et HR 4892 seraient un peu plus jeunes que M 39.

35 Psc et 14 Aur seraient plus âgées que les Hyades.

$\tau$  Tau qui est un membre du groupe Cas-Tau et est classée B5 V, a un compagnon qui se place tout à fait normalement dans la région relative au type A2 V (Fig. 3) et non dans la bande IV comme les étoiles A2 appartenant à NGC 2264 : l'âge du groupe Cas-Tau serait donc intermédiaire entre celui de NGC 2264 et celui des Pléiades.

*Age de  $\delta$  Cep (D. Chalonge) [8].* —  $\delta$  Cep est une étoile double dont le compagnon se place dans la bande des Pléiades (Fig. 3). L'âge de  $\delta$  Cep serait donc au maximum celui des Pléiades.

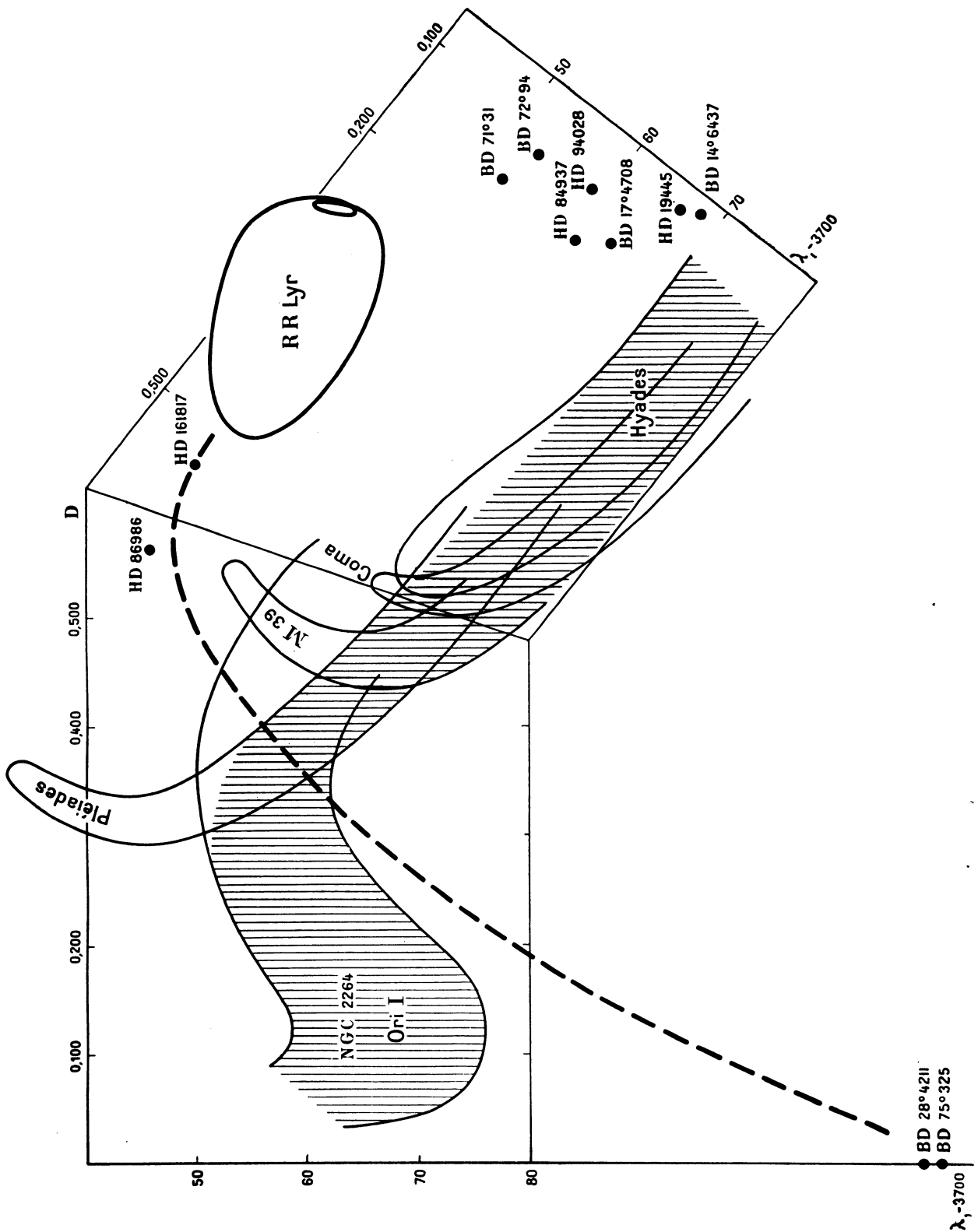


FIGURE 7. Ébauche d'un diagramme  $\lambda_1 D$  pour la population II voisine du soleil.

Cette figure est analogue à la figure 3 mais elle ne contient que les points figuratifs d'étoiles de la population II. La zone hachurée correspond à la série principale pour la population I.

*Régions communes.* — La région des Pléiades et celle des amas très jeunes ont une partie commune en projection sur le plan  $\lambda_1 D$ . Il reste à voir si elles se croisent réellement dans l'espace : il semble peu probable qu'un même point puisse représenter simultanément deux étoiles d'âge différent.

Nous avons déjà vu [2] que W 215 et 22 Tau qui se projettent au même point du plan  $\lambda_1 D$  ont des  $\Phi_b$  différents. Mais dans le cas de W 24 et de HR 1172 (membre des Pléiades) qui ont presque mêmes coordonnées  $\lambda_1$  et  $D$ , il est très difficile de savoir si elles ont des  $\Phi_b$  différents à cause de l'absorption interstellaire.

C'est le problème qu'il faut essayer de résoudre maintenant en éliminant cette absorption.

*Première ébauche d'un diagramme  $\lambda_1 D$  pour la population II voisine du soleil [1]*

La Fig. 7 reproduit, dans ses grands traits, la Fig. 3 mais les seules étoiles marquées sur la figure sont les membres de la population II que nous avons classés jusqu'ici.

Deux sous-naines très bleues (hot sub-dwarfs) BD + 28°4211 et BD + 75°325 se placent sensiblement sur l'axe des  $\lambda_1 - 3700$  ( $D \simeq 0$ ) à une ordonnée d'environ 100 à 130 Å (1) : une telle ordonnée est assez incertaine pour l'instant [9].

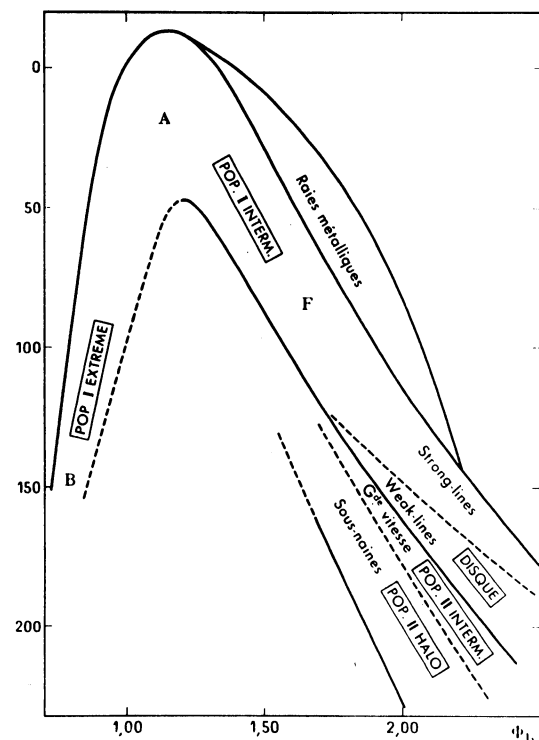


FIGURE 8. Section de l'espace  $E$  par le plan  $xy$ . Cette figure (analogue à la figure 4 mais plus complète) montre les régions de l'espace qui correspondent aux diverses espèces d'étoiles.

(1) Note à la correction. — L'étoile BD + 75°325 est une étoile à hélium; elle est sans doute de constitution très différente de BD + 28°4211 et ne doit pas être placée à côté de cette dernière. Elle ne peut sans doute pas être classée dans le système tridimensionnel qui s'applique aux étoiles riches en hydrogène (remarques résultant d'une conversation avec G. Münch).

On peut imaginer que ces deux étoiles bleues d'une part et les deux étoiles à grande vitesse de type A, HD 86986 et HD 161817 [10] d'autre part, forment les deux extrémités d'une branche (ligne en trait discontinu) du diagramme des étoiles de la population II voisines du soleil : cette branche correspondrait à la « branche horizontale » du diagramme C-L d'un amas globulaire tel que M3 [11] et qui aboutit au « cluster variable gap ». Sur la Fig. 7, la ligne en trait discontinu aboutit, de même, à la courbe représentant la variation de RR Lyr [12].

Les sous-naines classées par L. Divan [10] (sous-naines de la liste de N. Roman [13]) se placent dans la partie droite du diagramme (Fig. 7).

Ce diagramme  $\lambda_1 D$  de la population II a une position très bien définie par rapport à celui de la population I; c'est un grand avantage du diagramme  $\lambda_1 D$  sur les diagrammes HR de la population II dont la situation, par rapport à ceux de la population I, conserve en général quelque incertitude.

Il faut ajouter que, les étoiles de la population II considérées ici étant voisines du soleil,

la troisième coordonnée  $\Phi_b$  peut être déterminée aisément et qu'il est possible de tracer le diagramme à trois dimensions  $\lambda_1 D \Phi_b$  pour ces étoiles.

*Classification des diverses populations.* — La Fig. 8 représente la section de l'espace E par le plan xy (analogue à la Fig. 4 mais plus complète). On y voit, grossièrement indiquées, les régions de l'espace qui représentent les diverses populations. Lorsque les séparations entre ces diverses régions ne sont pas très exactement connues, elles sont indiquées en trait discontinu.

On voit que l'on peut passer de façon continue de la population I extrême (étoiles très jeunes) à la population II la plus ancienne (halo) et que l'on rencontre les différentes catégories d'étoiles dans l'ordre de l'âge croissant.

Ce résultat est obtenu, sans faire intervenir aucune considération théorique, simplement par l'usage d'une classification précise et rationnelle.

#### CONCLUSION

Nous disposons d'une méthode qui permet d'obtenir la position relative des points figuratifs d'étoiles membres d'amas différents et de populations différentes, par de simples déterminations spectrophotométriques, sans aucune hypothèse sur l'évolution et sans aucune correction d'absorption interstellaire. Il est vrai que les résultats sont obtenus seulement en projection sur le plan  $\lambda_1 D$  et non dans l'espace car la valeur de  $\Phi_b$  dépend, elle, de l'absorption interstellaire. Mais les diagrammes couleur-luminosité qui sont, eux aussi, des diagrammes à deux dimensions ne peuvent fournir de résultat comparable que moyennant des corrections incertaines d'absorption et d'âge.

Les renseignements déduits de cette étude qui est commencée depuis peu, sont encore sommaires. Ils se compléteront lorsque nous aurons classé un plus grand nombre d'amas et un plus grand nombre d'étoiles.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Berger, J., Chalonge, D., Divan, L., Fringant, A.-M. et Westerlund, B., *J. d. Obs.*, **41**, 100, 1958.
- [2] Chalonge, D., IAU Symposium No. 10 contr. 10, p. 59.
- [3] Berger, J., *J. d. Obs.* **38**, 353, 1955 et **39**, 148, 1956.
- [4] Berger, J., *J. d. Obs.* **41**, 105, 1958.
- [5] Atanasijevic, I. et Chalonge, D., *J. d. Obs.* **41**, 97, 1958.
- [6] Divan, L., non encore publié.
- [7] Westerlund, B., *J. d. Obs.* **39**, 117 et 159, 1956.
- [8] Chalonge, D., non encore publié.
- [9] Fringant, A.-M., *J. d. Obs.* **41**, 98, 1958.
- [10] Divan, L., *Ann. Astrophys.* **19**, 287, 1956.
- [11] Sandage, A.R., *A. J.*, **58**, 70, 1953.
- [12] Fringant, A.-M., *J. d. Obs.*, **39**, 178, 1956.
- [13] Roman, N., *A. J.* **59**, 178, 1954.