

QUELQUES SOUS-NAINES DANS LA DIRECTION DU GRAND NUAGE DE MAGELLAN

M.-N. PERRIN

Observatoire de Lyon, 69230 – Saint Genis-Laval, France

Abstract. Six G and K type stars, chosen among Fehrenbach's stars, in the direction of the Large Magellanic Cloud, were recognized as metal deficient galactic stars, on ground of multicolour photometry (UBV system and Lick six-color system). Data concerning these stars are given in Tables I and II. The stars are plotted in a $U - B/B - V$, and in a $U - G/G - I$ diagram.

Three more of Fehrenbach's stars also appear in the Tables and Figures. They are: HD 30 229 and HD 268 957 – Thackeray's extreme and moderate subdwarfs – and HD 270 011, already recognized by Fehrenbach *et al.* as an extremely deficient galactic giant. This last star falls close to HD 122 563 in the $U - G/G - I$ diagram. The I -Colour of HD 30 229 is probably contaminated by nearby cooler stars.

Cette communication porte sur des observations photoélectriques faites au télescope de 1 m de diamètre de l'ESO à La Silla, en U , B , V et en six couleurs (système de Lick), sur des étoiles de type G et K, dans la direction du Grand Nuage de Magellan.

On sait que, dans cette direction ($l \sim 280^\circ$, $b \sim -33^\circ$), les grandes vitesses radiales observées sont le reflet de la rotation galactique et que la composante V de la vitesse spatiale (comptée positivement dans le sens de la rotation galactique) qui correspond à une vitesse radiale q est approximativement égale à $-q \cos b$.

Dans ces conditions, une vitesse radiale très grande (de l'ordre de 250–300 km s⁻¹) peut signifier: appartenance au Nuage ou appartenance au halo galactique, une vitesse moins grande pouvant signifier: étoile galactique de Population II plus ou moins extrême.

On s'attend donc à trouver des sous-naines galactiques parmi les étoiles de vitesse radiale grande ou moyenne, signalées par Fehrenbach et Duflo (1970).

Les deux premières sous-naines ainsi mises en évidence ont été HD 30229 et HD 268957, que nous appellerons sous-naines de Fehrenbach-Thackeray (Thackeray, 1966). J'ai essayé d'en trouver d'autres par la photométrie multicolore.

Pour cela, j'ai trié, parmi des étoiles de type F avancé, G et K déjà observées en 1968, les étoiles les plus riches en ultra-violet (les supergéantes du Nuage, supposées pauvres en UV, étant étudiées par ailleurs).

Pour une quinzaine d'étoiles ainsi choisies (magnitude visuelle entre 9.5 et 12.5), j'ai eu à ma disposition des mesures en U , B , V (valeurs moyennes) et des mesures en six couleurs (généralement, 3 observations par étoile).

Les mesures photoélectriques (observations et réductions aux standards de l'hémisphère Nord) font partie d'un travail collectif effectué par les équipes de photométrie des Observatoires de Marseille et de Lyon.

Sur le matériel d'observation, j'ai d'abord procédé à divers contrôles, nécessaires à deux points de vue: les rattachements sont récents; les étoiles observées sont faibles pour la photométrie en six couleurs.

Un premier contrôle a porté sur la comparaison des deux systèmes photométriques. On peut constater que, pour les nombreuses étoiles G et K, naines et sous-naines, étudiées en six couleurs par Sears et Whitford (1969) et étudiées aussi en U, B, V la différence $D = (U - V)_{3c} - (U - G)_{6c}$ est constante.

Pour les étoiles de la Séquence Principale (Johnson et Knuckles, 1955; Sears et Whitford, 1969) D est égale à 0.82 ± 0.02 (rms).

Pour divers groupes d'étoiles plus ou moins déficientes en métaux, l'erreur quadratique moyenne est plus forte (0.05), mais la moyenne ne change pas. Je me suis assurée que, pour les observations dont je disposais, on retrouve cette même valeur moyenne.

Un second contrôle s'applique aux 6 couleurs: les couleurs moyennes de chaque étoile ont été portées dans un diagramme en 6 couleurs des Hyades, où une étoile déficiente en métaux, comparée à une étoile des Hyades de même indice $B - R$, fait apparaître un effet Code (Code, 1959; Rousseau, 1968 Figure 6b). Je considère comme sûre une étoile qui fait apparaître un effet Code normal (excès de I , de V et de U bien proportionnés).

Les contrôles m'ont fait rejeter quatre étoiles, pour lesquelles les mesures en six couleurs sont d'ailleurs discordantes. Ces étoiles ont été conservées seulement dans

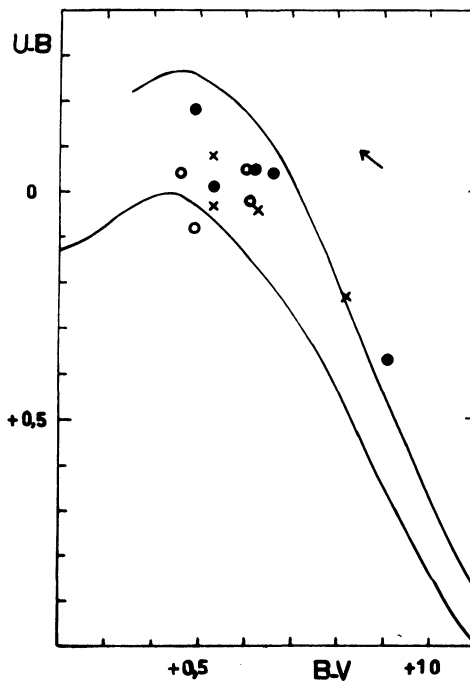


Fig. 1. Diagramme $U - B/B - V$. Séquence Principale des Hyades et enveloppe supérieure d'après Sandage (1969, Table IA, colonnes 1, 2 et 3). Points noirs: étoiles de la Table I (les plus sûres en 6 couleurs). Cercles: étoiles de la Table II (moins sûres). Croix: quatre étoiles qui ont été rejetées parce que douteuses en 6 couleurs. Ces étoiles ne sont pas portées dans la Figure 2. Ce sont: NC. 71, NC. 64, P 282, NC. 67 (n° OM). La flèche représente un rougissement de $A_v = 0.15$.

le diagramme $U - B/B - V$, (Figure 1). De plus: parmi les objets que j'avais considérés comme galactiques, parce que riches en UV, il semble se trouver des amas et même des objets bleus présentant des caractères de supergéantes, dont la discussion dépasse la photométrie en 6 couleurs (G 480, G 234B et G 296).

Il reste alors 9 étoiles, situées dans la direction du Grand Nuage de Magellan ou de la Jonction Grand Nuage-Petit Nuage de Magellan, et qui comprennent:

(1) L'étoile G 446, classée G5III par Ardeberg *et al.* (1971) et déjà signalée par Fehrenbach *et al.* (1970) comme géante galactique très déficiente en métaux.

(2) Les deux sous-naines de Fehrenbach-Thackeray.

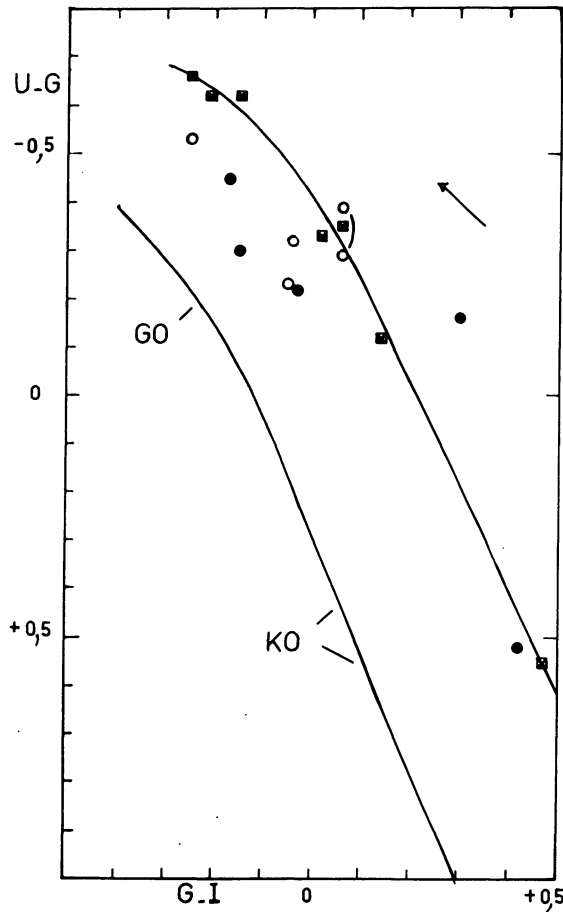


Fig. 2. Diagramme $U - G/G - I$. Séquence Principale des Hyades, d'après Sears et Whitford (1969). Enveloppe supérieure tracée à partir de six sous-naines extrêmes (dont 4 sous-naines de Roman, 1954) et de HD 122 563 géante du halo ($G - I = + 0.47$). Les sous-naines sont, par ordre de $G - I$ croissant: $+ 72^{\circ}94$, HD 219617, $+ 26^{\circ}2606$, HD 64090, $- 13^{\circ}3834$ et HD 195636. Points noirs et cercles, mêmes notations que pour la figure 1. Pour l'étoile NC. 65, on donne la valeur observée et une valeur corrigée (cf. texte). La flèche représente un rougissement interstellaire de $A_V = 0.15$.

(3) Quatre étoiles de vitesses radiales positives moyennes.

(4) Deux étoiles de vitesses radiales négatives.

Au sujet de ces deux dernières étoiles, rappelons que la théorie du Collapse de Eggen, Lynden-Bell et Sandage (1962) prévoit l'existence d'étoiles du halo ayant un grand moment angulaire (composante V de la vitesse spatiale, positive). De telles étoiles, observées dans la direction du L.M.C., auront des vitesses radiales négatives. (Pour les étoiles du halo à grand moment angulaire, voir en particulier Sandage (1969).)

Parmi les 9 étoiles, j'ai distingué: 5 étoiles sûres et 4 étoiles moins sûres. Ces étoiles sont portées dans les Tables I et II, par ordre de $G-I$ croissant. Elles sont portées aussi dans un diagramme $U-B/B-V$, et dans un diagramme $U-G/G-I$ (Figure 2).

Dans ce second diagramme, les lignes de blanketing sont verticales, dans la mesure où les effets de line-blocking et de backwarming se compensent pour l'indice $G-I$. D'après Cayrel (1968, Table III) la compensation se produit entre les types spectraux G0 et K0, et l'effet total reste faible pour les types considérés ici.

De plus, d'après ce qui a été dit plus haut, le diagramme est équivalent au diagramme $(U-V)_{3c}/G-I$, les deux diagrammes étant superposables, aux erreurs de mesures près.

La Figure 2 met donc en évidence les corrections:

$$\Delta(U-G)_{6c} = \Delta(U-V)_{3c} = \Delta(B-V) + \Delta(U-B).$$

Autrement dit: les corrections $\Delta(B-V)$ et $\Delta(U-B)$, qui se contrarient dans la Figure 1 (effet de guillotine), s'ajoutent dans la Figure 2.

1. Explication des tables

Colonne 1: numéro HD ou HDE.

Colonne 2: numéro de l'étoile dans les listes de Ardeberg *et al.* (1971).

Colonne 3: numéro de l'Observatoire de Marseille.

(1) Les étoiles précédées des lettres G et P sont extraites des listes G et P de Fehrenbach et Dufлот (1970).

(2) Les étoiles de la Jonction sont précédées de NC et sont extraites des listes de Carozzi (1971).

Colonnes 4 et 5: ascension droite et déclinaison 1950.

Colonnes 6-10: résultats de la photométrie U , B , V , et indices $G-I$ et $U-G$ de la photométrie 6 couleurs.

Colonne 11: différence $D = (U-V)_{3c} - (U-G)_{6c}$; D doit être égal, en moyenne, à 0.82.

Colonnes 12 et 13: vitesse radiale au Prisme Objectif, et vitesse radiale obtenue à partir de spectres pris au spectrographe RV Cas. (Ardeberg *et al.*, 1971).

Colonne 14: types spectraux de Ardeberg *et al.* (1971).

Colonnes 15 et 16: pour huit étoiles, Magnitudes absolues approximatives et dis-

TABLE I
Étoiles les plus sûres

HD ou HDE (1)	No. A (2)	No. OM (3)	α 1950 (4)	δ 1950 (5)	V (6)	B-V (7)	U-B (8)	G-I (9)	U-G (10)	D (11)	ϱ_{PO} (12)	ϱ_A (13)	Types spectraux (14)	M_r (15)	r_{pc} (16)
269 221	171	G 237	5 ^h 13 ^m 07	-71°00'3	11.25	+0.50	-0.18	-0.17	-0.45	0.76	+149	+150	G0-F0	5.3	155
270 668	607	P 99	4 42.39	-69 10.4	11.37	+0.53	-0.00	-0.15	-0.30	0.82	-101			5.4	156
269 764	682	P 1173	5 34.63	-69 15.2	11.02	+0.61	-0.05	-0.03	-0.22	0.79	+129			6.0	101
30 229 (1)	604	'Cl'	4 40.90	-65 24.5	9.40	+0.66	-0.04	+0.30	-0.16	0.78		-307	G2-F0	7.3	26
270 011	693	G 446	5 42.99	-70 15.0	11.25	+0.92	+0.36	+0.42	-0.52	0.76	+267	+262	G5III	(-0.7)	(2500)

TABLE II
Étoiles moins sûres

268 957 (2)	632	NC 51	1 ^h 14 ^m 40	-73°47'8	10.73	+0.46	-0.04	-0.25	-0.53	0.95	-72	-88		4.3	193
		P 474	5 02.15	-70 07.2	9.78	+0.49	+0.08	-0.04	-0.32	0.89	+179	+173	G0-F2	5.9	60
		NC 59	2 16.43	-74 17.9	11.58	+0.60	-0.05	-0.05	-0.23	0.78	+161	+173	G2V-V1	5.85	140
	(3)	NC 65	2 42.06	-74 1.2	12.52	+0.61	+0.02	+0.06	(-0.39)	(1.02)	+101			6.4	167
									-0.29	0.92					

(1) Sous-naine extrême de Fehrenbach-Thackeray.

(2) Sous-naine modérée de Fehrenbach-Thackeray.

(3) Colonnes 10 et 11 - entre parenthèses: valeur observée - Au-dessous: valeur corrigée.

tances r , d'après les données de Cayrel (1968, Table III), dans l'hypothèse où les étoiles sont des sous-naines.

Pour la géante G 446, j'ai adopté la magnitude absolue attribuée à HD 122563 par Wallerstein *et al.* (1963).

Si l'indice $G-I$ de HD 30229 est rendu trop positif par un compagnon rouge, l'éclat et la distance de cette étoile sont sous-estimés.

2. Commentaires sur quelques étoiles

P 474 (la sous-naine modérée de Fehrenbach-Thackeray) est l'étoile la plus douteuse de la Table II, pour les 6 couleurs. Ses observations U , B , V paraissent erronées, elles aussi.

Dans la Figure 2, l'étoile NC 65 se place un peu au-dessus de l'enveloppe supérieure. Mais, dans le diagramme en 6 couleurs, l'étoile présente un excès de U exagéré (par rapport aux excès de I et de V). De plus la différence D , trop grande, confirme que le U des 6 couleurs pourrait être trop brillant de 0.20. Si on corrige $U-G$ de 0.10, on obtient un point situé sur l'enveloppe supérieure. Si on faisait la correction entière de 0.20, l'étoile aurait encore les couleurs d'une sous-naine très déficiente en métaux (à peu près celles de 85 Peg).

L'étoile la plus remarquable de la Figure 2, est la sous-naine de Fehrenbach-Thackeray (Table I), qui se situe nettement en dehors de l'enveloppe. Cette fois, tout paraît correct dans les observations. La position anormale de HD 30229 pourrait provenir d'un compagnon rouge: une étoile M pourrait rendre l'indice $G-I$ trop positif de 0.15, sans presque modifier l'indice $U-G$. On peut se demander si les étoiles B et C signalées par Thackeray n'ont pas contaminé les couleurs de l'étoile principale dans l'infra-rouge, malgré la distance angulaire ($21''$).

L'étoile la plus froide de la Table I (la géante G III de Fehrenbach *et al.*, 1970), se place, dans la Figure 2, au voisinage de HD 122563, la géante de déficience extrême de Wallerstein *et al.* (1963), étudiée aussi par Cayrel et Fringant (1964). Les six couleurs des deux étoiles sont très voisines. HD 122563 (située au voisinage du Pôle Galactique Nord) n'est pas rougie. Si G 446 est elle-même peu rougie, elle peut être aussi une géante du halo de déficience extrême, ce qui est compatible avec sa vitesse radiale de $+262 \text{ km s}^{-1}$.

3. Conclusion

La recherche d'étoiles galactiques de Population II plus ou moins extrême, est une application intéressante des mesures de vitesses radiales de Fehrenbach et Duflot dont l'objet principal est la mise en évidence des objets appartenant au Grand Nuage de Magellan.

Reconnaisances

Je remercie l'équipe des vitesses radiales de l'Observatoire de Marseille, pour m'avoir communiqué des vitesses avant publication. Je rappelle que le présent travail n'est

qu'une partie isolée du travail des équipes photométriques de Marseille et de Lyon.

Je remercie R. Canavaglia, qui m'a encouragée dans la rédaction de la présente communication.

Bibliographie

- Ardeberg, A., Brunet, J.P., Maurice, E., et Prévot, L.: 1972, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **6**, 249.
Carozzi, N.: 1971, Communication privée.
Cayrel, G.: 1968, *Astrophys. J.* **151**, 997.
Cayrel, G. et Fringant, A-M.: 1964, *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris* **258**, 3195.
Code, A.: 1959, *Astrophys. J.* **130**, 473.
Eggen, O. J., Lynden-Bell, D., et Sandage, A.: 1962, *Astrophys. J.* **136**, 748.
Fehrenbach, Ch. et Duflot, M.: 1970, *Astron. Astrophys., Special Supplement Series*, No. 1.
Fehrenbach, Ch., Brunet, J-P., Maurice, E., et Prévot, L.: 1970, *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris*, **271**, 470.
Johnson, H. L. et Knuckles, C. F.: 1955, *Astrophys. J.* **122**, 209.
Roman, N. G.: 1954, *Astron. J.* **59**, 307.
Rousseau, J.: 1968, *Ann. Astrophys.* **31**, 413.
Sandage, A.: 1969, *Astrophys. J.* **158**, 1115.
Sears, R. L. et Whitford, A. E.: 1969, *Astrophys. J.* **155**, 899.
Thackeray, A. D.: 1969, *Observatory* **86**, 60.
Wallerstein, G., Greenstein, J. L., Parker, R., Helfer, H. L., et Aller, L. H.: 1963, *Astrophys. J.* **137**, 280.