



HAL
open science

Étude de la région centrale de l'Amas Mel 111 dans la constellation Coma Bérénices

Loth Bounatiro

► **To cite this version:**

Loth Bounatiro. Étude de la région centrale de l'Amas Mel 111 dans la constellation Coma Bérénices. Astrophysique [astro-ph]. Observatoire de Paris, 1986. Français. NNT : . tel-01958577

HAL Id: tel-01958577

<https://theses.hal.science/tel-01958577>

Submitted on 18 Dec 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

T H E S E

présentée pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS 86OBSP 0002

PAR

Loth BOUNATIRO

SPECIALITE :

ASTRONOMIE STATISTIQUE ET DYNAMIQUE - GEODESIE

**Sujet : Etude de la région centrale de l'amas galactique Mel 111
dans la Constellation Coma Berenices.**

Soutenue le 7 mai 1986 devant la Commission d'examen :

Mme G. CAYREL	directeur de recherche, C.N.R.S.
M. J. DELHAYE	astronome titulaire, Observatoire de Paris
M. C. JASCHEK	professeur, Université de Strasbourg
M. F. NAHON	professeur, Université de Paris VI
Mme A. GOMEZ	astronome, Observatoire de Paris

T H E S E

présentée pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS

PAR

Loth BOUNATIRO

SPECIALITE :

ASTRONOMIE STATISTIQUE ET DYNAMIQUE - GEODESIE



**Sujet : Etude de la région centrale de l'amas galactique Mel 111
dans la Constellation Coma Berenices.**

Soutenue le 7 mai 1986 devant la Commission d'examen :

Mme G. CAYREL	directeur de recherche, C.N.R.S.
M. J. DELHAYE	astronome titulaire, Observatoire de Paris
M. C. JASCHEK	professeur, Université de Strasbourg
M. F. NAHON	professeur, Université de Paris VI
Mme A. GOMEZ	astronome, Observatoire de Paris

A mes parents

A ma femme

A ma fille

REMERCIEMENTS

Je voudrai tout d'abord témoigner ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à Monsieur Jean DELHAYE, astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, de m'avoir conseillé et appris beaucoup de choses en astronomie ainsi qu'à Madame Glusa CAYREL, directeur de recherche auprès du CNRS qui en a fait autant pour la seconde partie de mon travail.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Carlos JASCHEK et Monsieur Fernand NAHON d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

J'adresse également mes respectueux remerciements au gouvernement Algérien qui a subvenu à mes besoins financiers ainsi qu'à mon Oncle Latif BOUNATIRO qui m'a aussi beaucoup aidé.

Merci à Mesdames Claude MEGESSIER, Danièle MORIN et Monsieur Nobuo ARIMOTO de leurs étroites collaborations.

Je suis aussi reconnaissant à Madame Martine LEMIERE qui a bien voulu faire la frappe de mon mémoire ainsi qu'à Madame Renée WEINSTEIN, Monsieur Pierre NOGIER et Madame Josette ALEXANDRE qui m'ont rendu beaucoup de service sans oublier tout le personnel sympathique de l'Observatoire de Paris-Meudon.

PREMIERE PARTIE

ETUDE ASTROMETRIQUE

I	-	<u>INTRODUCTION</u>	5
II	-	<u>ETUDE STATISTIQUE DE LA REGION CENTRALE DE L'AMAS COMA</u>	6
		A) - Introduction	7
		B) - Test de King (1979)	8
		1°) Description	
		2°) Application	
III	-	<u>ETUDE DE LA REGION AVOISINANTE</u>	17
IV	-	<u>EXAMEN PHOTOMETRIQUE</u>	22
		A) - Liste définitive	23
		B) - Correction de LACROUTE et CORBIN	27
		C) - Liste complémentaire	31
		D) - Comparaison avec la liste de Trumpler	32
		E) - Examen photométrique du groupe de 14 étoiles observé lors de l'application du test de King	32
V	-	<u>TEST DE SCHWARZSCHILD APPLIQUE AU CHAMP RESULTANT</u>	34
		A) - Description	35
		B) - Application et détermination de l'apex et du vertex :	36
		après l'étude statistique, après l'examen photométrique	
		1°) Détermination de l'apex	
		2°) Détermination du vertex	
VI	-	<u>GRANDEURS ASTROMETRIQUES DEFINISSANT L'AMAS</u>	40
		A) - Mouvement propre moyen	41
		B) - Distance	41
		C) - Vitesse radiale et Vitesse spatiale	42
		D) - Coordonnées du centre	43
		E) - Diamètre angulaire et taux de concentration des étoiles	43

CHAPITRE I

INTRODUCTION

L'existence d'un amas ouvert dans la partie Nord-Ouest de la constellation COMA BERENICES est connue depuis longtemps. Le premier catalogue dans lequel il est mentionné est celui de Melotte (1915) ; il a ensuite retenu l'attention de plusieurs auteurs, en particulier celle de Trumpler (1938) qui dressa une liste de ses membres, liste qui sert encore de référence.

Le but du présent travail est d'établir à nouveau une telle liste, indépendamment de celle de Trumpler, en la limitant aux étoiles plus brillantes que 12, cette limite étant imposée par l'utilisation de l'AGK3 qui présente l'avantage de fournir des mouvements propres précis et homogènes.

La sélection des membres de l'amas par leurs mouvements propres ne résulte pas d'une simple inspection portant sur leur grandeur, mais de l'application d'une méthode statistique proposée par King (1979). Elle est accompagnée de différents tests statistiques portant sur l'amas aussi bien que sur le champ stellaire qui l'entoure. La vitesse et les propriétés photométriques sont aussi considérées. Une liste des membres brillants de l'amas en résulte.

Cette liste permet de construire le diagramme H-R de l'amas (jusqu'au type solaire), d'en déduire la population correspondante et d'estimer certains paramètres qui caractérisent l'amas, en particulier sa distance, ses dimensions, son âge et sa composition chimique.

CHAPITRE II

ETUDE STATISTIQUE DE LA REGION CENTRALE DE L'AMAS

A) INTRODUCTION

Le centre de l'amas Coma Berenices par rapport au repère de l'époque 1900 est d'après Trumpler (1938) :

$$\begin{aligned}\alpha &= 12^{\text{h}} 18^{\text{mn}}, \\ \delta &= + 26^{\circ} 30' ,\end{aligned}$$

Les coordonnées équatoriales du centre ramenées à 1950 pour être conformes au catalogue AGK3 deviennent :

$$\begin{aligned}\alpha_{1950} &= 12^{\text{h}} 20^{\text{mn}}, \\ \delta_{1950} &= + 26^{\circ} 13' .\end{aligned}$$

On se propose alors d'étudier la région de l'amas définie par :

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{centre}} - 3^{\circ} &< \alpha < \alpha_{\text{centre}} + 3^{\circ}, \\ \delta_{\text{centre}} - 3^{\circ} &< \delta < \delta_{\text{centre}} + 3^{\circ}.\end{aligned}$$

On dénombre dans le catalogue AGK3 227 étoiles qui ont leur mouvement propre mesuré ; de cette liste on retire 21 étoiles de mouvement propre certainement trop élevé en comparaison avec le mouvement propre moyen de l'amas calculé par Trumpler, à savoir :

$$\begin{aligned} \overline{\mu_{\alpha} \cos \delta} &= - 0''.013 \text{ / an,} \\ \overline{\mu_{\delta}} &= - 0''.017 \text{ / an.} \end{aligned}$$

on se fixe pour l'étude des mouvements propres un intervalle qui couvre largement le mouvement propre total de l'amas, soit :

$$0''.000 \leq \mu_T \leq 0''.100.$$

Il nous reste finalement 202 étoiles ayant un mouvement propre compris dans cet intervalle.

B) - TEST DE KING (1979)

Il consiste en une étude statistique des mouvements propres des étoiles afin de discriminer les étoiles de l'amas.

1°) Description du Test de King (1979)

Signalons tout d'abord que ce test s'applique uniquement aux amas ouverts parce que l'on peut dénombrer leurs étoiles.

Il permet d'estimer la probabilité d'appartenance à l'amas par la simple considération du mouvement propre en ascension droite et en déclinaison de l'étoile.

On définit alors une fonction de fréquence gaussienne à deux variables à l'aide de l'équation suivante :

$$\Phi(\mu_i ; \nu_i) = \Phi_i^c + \Phi_i^a, \text{ avec :}$$

- Φ_i^c : fonction de fréquence gaussienne à deux variables ellipsoïdales pour le champ
 Φ_i^a : fonction de fréquence gaussienne à deux variables circulaires pour l'amas
 μ_i : mouvement propre de l'étoile en ascension droite
 ν_i : mouvement propre de l'étoile en déclinaison.

Les μ_i , ν_i sont centrés sur le mouvement propre moyen de l'amas.

$$\begin{aligned} \Phi(\mu_i ; \nu_i) &= \frac{N_c}{2\pi \Sigma_x \Sigma_y} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(\mu_i - X_c)^2}{\Sigma_x^2} + \frac{(\nu_i - Y_c)^2}{\Sigma_y^2} \right] \right\} \\ &+ \frac{N_a}{2\pi \sigma_a^2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\mu_i^2 + \nu_i^2}{\sigma_a^2} \right] \right\} \\ &= \frac{N_c}{2\pi \Sigma_x \Sigma_y} \alpha + \frac{N_a}{2\pi \sigma_a^2} \beta \end{aligned} \quad (1)$$

- σ_a : dispersion des mouvements propres totaux des étoiles de l'amas,
 N_c : nombre d'étoiles du champ,
 N_a : nombre d'étoiles de l'amas,
 $X_c ; Y_c$: centre de la distribution des mouvements propres du champ,
 $\Sigma_x ; \Sigma_y$: dispersions respectives autour des valeurs moyennes $X_c ; Y_c$,
 $\mu_i ; \nu_i$: mouvements propres en α et δ de l'étoile i en centièmes de seconde par an.

La méthode du maximum de vraisemblance donne les équations de conditions non linéaires suivantes :

$$\begin{aligned}
 N & : \quad \Sigma_i \frac{1}{\Phi} \left\{ \frac{\alpha}{\Sigma_x \Sigma_y} - \frac{\beta}{\sigma_a^2} \right\} = 0 \\
 X_c & : \quad \Sigma_i \frac{\alpha}{\Phi} \left\{ \mu_i - X_c \right\} = 0 \\
 Y_c & : \quad \Sigma_i \frac{\alpha}{\Phi} \left\{ \nu_i - Y_c \right\} = 0 \\
 \Sigma_x & : \quad \Sigma_i \frac{\alpha}{\Phi} \left\{ \frac{(\mu_i - X_c)^2}{\Sigma_x^2} - 1 \right\} = 0 \\
 \Sigma_y & : \quad \Sigma_i \frac{\alpha}{\Phi} \left\{ \frac{(\nu_i - Y_c)^2}{\Sigma_y^2} - 1 \right\} = 0 \\
 \sigma_a & : \quad \Sigma_i \frac{\beta}{\Phi} \left\{ \frac{\mu_i^2 + \nu_i^2}{\sigma_a^2} - 2 \right\} = 0
 \end{aligned}$$

La somme s'effectue sur la totalité de la population $N_a + N_c$. De préférence on ajoute une autre équation qui rend compte de la rotation d'angle θ due à l'amas telle que :

$$\left. \begin{aligned}
 \mu_i \Phi - \mu_i \Phi' &= 0 \\
 \nu_i \Phi - \nu_i \Phi' &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad \begin{array}{l} \Phi' \text{ représentant la dérivée} \\ \text{première de } \Phi \end{array}$$

θ est ainsi défini par l'équation :

$$\sum_i \frac{\alpha}{\Phi} \left\{ \frac{\nu_i(\mu_i - X_c)}{\Sigma_x^2} - \frac{\mu_i(\nu_i - Y_c)}{\Sigma_y^2} \right\} = 0$$

Les sept équations précédentes sont résolues en prenant des valeurs initiales et en calculant les valeurs des paramètres de chaque équation qui leur sont associées. Après différentes itérations, les paramètres convergent dans tous les cas étudiés.

Ainsi on détermine pour une étoile donnée, la probabilité d'appartenance à l'amas :

$$\Pi_i^a = \frac{\phi_i^a}{\phi_i^a + \phi_i^c} \quad (2)$$

Un seul aspect a été négligé, c'est celui où la distribution des mouvements propres des étoiles n'est pas normale, ce à quoi conduisent le mouvement local et la rotation différentielle.

Dans ce cas on fait appel au test de χ^2 (statistique) pour essayer de trouver un compromis entre la normalité de la distribution du champ et de celle de l'amas, en changeant les affectations de certaines étoiles au champ ou à l'amas et vice-versa.

Ces réajustements vont porter essentiellement sur les étoiles se trouvant aux extrémités de chaque distribution, car ce sont ces valeurs extrêmes des mouvements propres qui perturbent le plus la distribution.

Ainsi pour l'amas ouvert NGC 4103, KING trouve un compromis après un réajustement portant sur 15 étoiles comme le montre son tableau :

TABLEAU I

$N_{\text{réajustées}}^{bz}$	χ^2		$N_{\text{obs.}} - N_{\text{cal.}}$	
	Champ.	Amas.	Champ.	Amas.
2	17.49	18.23	3.60	19.10
3	4.38	3.64	2.55	14.64
6	1.75	8.18	- 0.87	11.48
8	1.68	7.22	0.35	11.23
13	1.09	5.58	- 0.60	3.23
14	6.42	1.24	- 2.10	0.43
15	2.22	0.55	- 3.40	- 0.41
16	2.79	2.78	- 1.52	- 3.12
17	2.67	2.06	- 1.27	- 2.67

2°) Application du test de KING :

La valeur moyenne des mouvements propres totaux de la population des 202 étoiles est :

$$\mu_T^- = (0.037 \pm 0.020)''/\text{an}$$

La probabilité pour que cette population forme une distribution normale est pratiquement nulle, soit 0.002 (voir table 1). Nous sommes donc ramenés à la recherche d'un compromis entre les distributions des étoiles du champ et de l'amas.

A cet effet nous devons sélectionner a-priori quelques étoiles de l'amas en nous basant sur les grandeurs des mouvements propres estimés par Trumpler en 1938.

Ainsi on calculera les grandeurs σ_a ; Σ_x ; Σ_y ; N_a ; N_c et enfin les fonctions ϕ_1^a et ϕ_1^c pour en déduire la probabilité Π_1^a de chaque étoile d'appartenir à l'amas (voir tableau II - annexe I).

La répartition initiale affecte 37 membres à l'amas et 165 étoiles au champ. On enrichit ensuite l'amas au détriment du champ en procédant par pas successifs. Les résultats de l'opération sont donnés dans le tableau III et les tests de χ^2 relatifs à chaque distribution dans l'annexe I.

TABLEAU III

L'amas.				Le champ.			
$N_{\text{étoiles}}^{\text{obs}}$	$\chi^2(P(\chi^2))$	$N_{\text{obs.}} - N_{\text{cal.}}$	Table	$N_{\text{étoiles}}^{\text{obs}}$	$\chi^2(P(\chi^2))$	$N_{\text{obs.}} - N_{\text{cal.}}$	Table
37	4.23 (0.52)	0.033	2	165	33.18 (0.02)	5.623	11
40	6.77 (0.75)	0.086	3	162	34.16 (0.012)	1.422	12
44	6.09 (0.81)	0.018	4	158-14*	15.03 (0.66)	5.877	13
45	6.83 (0.58)	0.06	5	157	24.32 (0.15)	4.307	14
53	6.85 (0.37)	0.076	6	149	19.41 (0.34)	4.857	15
55	7.77 (0.45)	0.077	7	147	19.17 (0.38)		16
60	12.50	—	8	142	—	—	—
71	41.19	—	9	131	—	—	—
74	18.43	—	10	128	—	—	—

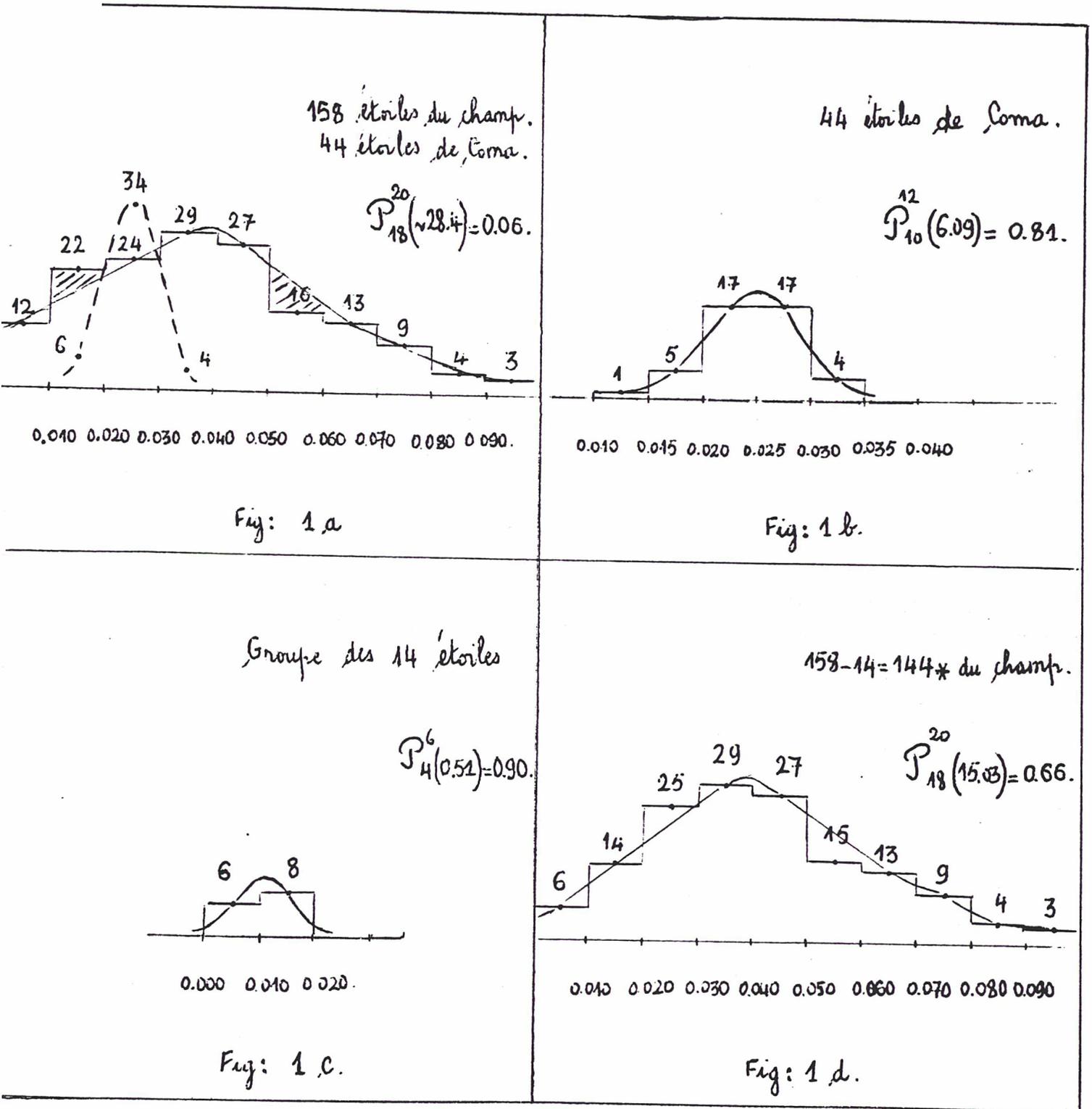


FIGURE: 1

FIGURE: 1

- Fig: 1a 158 étoiles du champ (en trait plein).
44 étoiles de l'amas Coma (en trait pointillé).
- Fig: 1b 44 étoiles de l'amas.
- Fig: 1c Groupe des 14 étoiles.
- Fig: 1d 158-14=144 étoiles du champ.

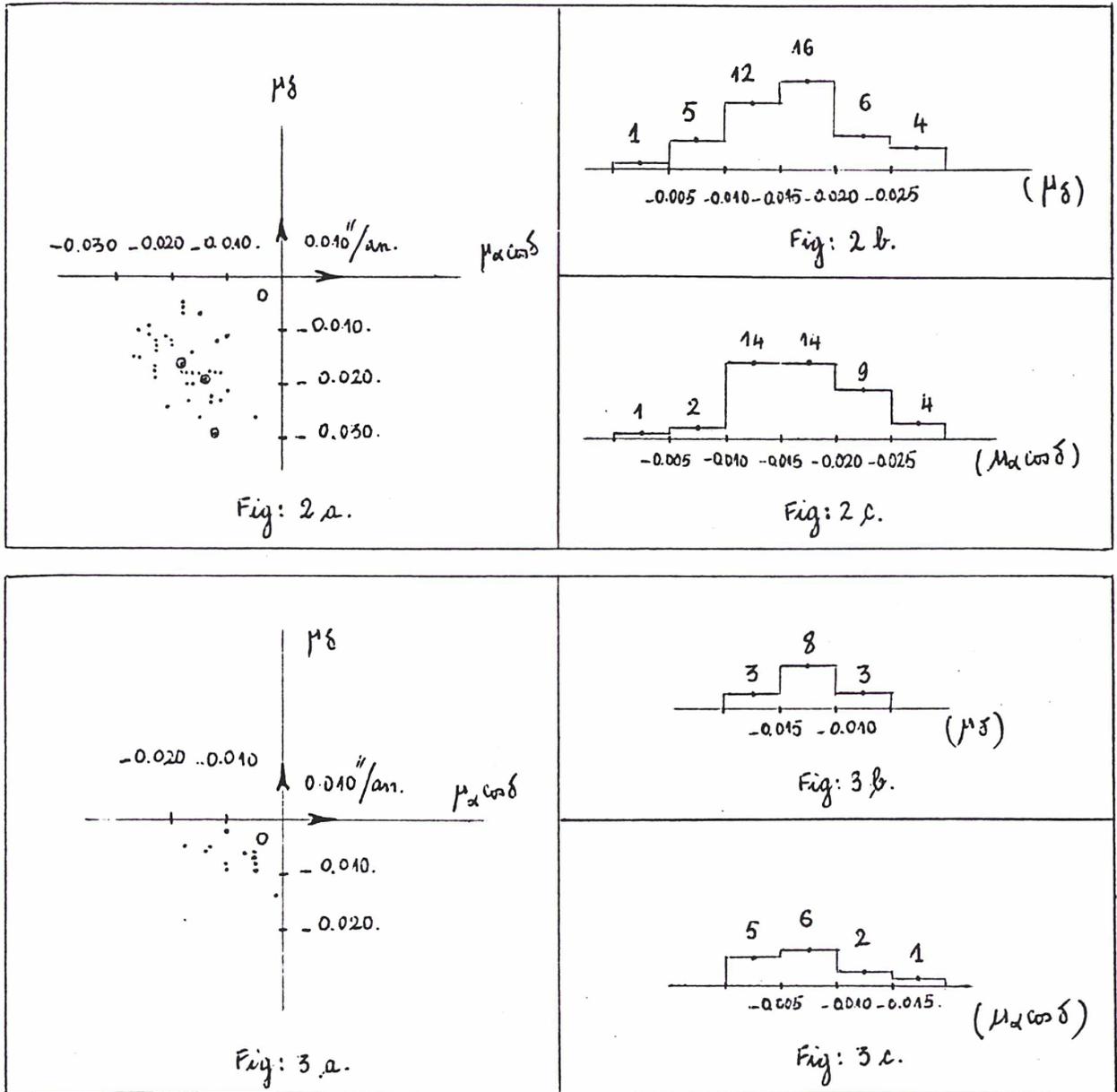


FIG:2 { Fig:2a Représentation des 44 étoiles de l'amas dans le plan $(\mu_{\alpha \cos \delta}, \mu_{\delta})$.
 Fig:2b Histogramme des μ_{δ} des 44 étoiles de l'amas.
 Fig:2c Histogramme des $\mu_{\alpha \cos \delta}$.

FIG:3 { Fig:3a Représentation des 14 étoiles dans le plan $(\mu_{\alpha \cos \delta}, \mu_{\delta})$.
 Fig:3b Histogramme des μ_{δ} des 14 étoiles.
 Fig:3c Histogramme des $\mu_{\alpha \cos \delta}$.

On constate qu'il existe deux compromis possibles et que le premier présente des valeurs de $\Pi(\chi^2)$ nettement meilleures, à condition toutefois de retirer 14 étoiles qui faussent considérablement la distribution normale du champ à l'une des extrémités de celle-ci comme le montre le test de χ^2 relatif à ce champ (Table 12 - annexe I).

De plus ces 14 étoiles semblent avoir des propriétés cinématiques communes. Cet excès sur un intervalle réduit $0.000 \leq \mu_t \leq 0.015$, nous incite à regarder de près les propriétés physiques de toutes les étoiles qui couvrent un intervalle un peu plus large.

On constate alors qu'il existe effectivement 14 étoiles qui ont sensiblement le même mouvement propre, des magnitudes photographiques variant entre 10 et 12, des types spectraux avancés et la classe de luminosité III.

De plus la distribution de leurs mouvements propres est normale à 90 % (voir table 17). Malheureusement on ne possède que deux vitesses radiales observées - 16 km/s et - 19 km/s. Un programme a été mis au point pour observer les 14 étoiles citées. Une étude plus détaillée sera donnée ultérieurement. Le tableau IV regroupe ces étoiles :

N° BOUNA TIRO	BD	HD	μ_i $\times 10^{-3}$	δ_i $\times 10^{-3}$	m_{pg}	Sp.	VR(km/s)	\mathcal{P}_i^{μ}
1	26 2337		-5	-6	11.2	K1 III		0.5707
2	29 2293		-7	-6	10.3	K4 III		0.5805
3	29 2271		-5	-8	10.8	M3 III		0.6289
4	26 2318		-10	-2	10.7	K0 III	-16.0 (r)	0.5082
5	27 2149	107742	-5	-9	10	K2 III	-19.0 (r)	0.6613
6	30 2250		-6	-11	10.3	K0		0.7398
7	24 2445		-10	-9	9.4	K0		0.6781
8	30 2279		-10	-8	10.3	M0 III		0.7220
9	27 2279	106857	-7	-12	9.7	M1 III		0.5857
10	23 2430		-13	-5	11.8	F8		0.5750
11	30 2290		-1	-14	11.42	A2		0.7462
12	24 2448		-14	-6	10.5	K2		0.6195
13	27 2107		-18	-5	10.1	K1 III		0.6913
14	30 2264		-5	-7	11.0	G8 III		0.6000

Enfin, Il nous reste un champ (statistique) de 144 étoiles dont les mouvements propres ont une distribution normale avec une probabilité de 66 %. Nous leur appliquerons, ultérieurement, un test que nous appellerons "test de SCHWARZSCHILD".

Il est à signaler que les valeurs des probabilités obtenues pour le champ et pour l'amas sont entachées d'une part d'une incertitude sur les mouvements propres de l'AGK3 étudiée par LACROUTE en 1970 et par CORBIN en 1978 et affectées d'autre part de la rotation différentielle qui comme nous l'avons dit favorise des écarts par rapport à la distribution normale.

Avant de poursuivre la suite logique de notre travail, nous avons jugé utile de tenter d'enrichir la liste (statistique) des étoiles de l'amas en étendant la région centrale jusque là étudiée.

CHAPITRE III

ETUDE DE LA REGION AVOISINANTE



Nous nous proposons d'étudier dans ce paragraphe, les champs "voisins". Nous couvrirons alors largement le cercle de rayon $4^{\circ}23'$ qui circonscrit le carré de notre région centrale en définissant quatre autres régions, désignées par les chiffres romains I, II, III et IV ; leurs limites en α et δ sont les suivantes : (Fig:3) .

$$\begin{array}{l}
 \text{I} \left\{ \begin{array}{l} 12 \text{ h } 08 \text{ mn} < \alpha < 12 \text{ h } 32 \text{ mn} \\ 29^{\circ} < \delta < 37^{\circ} \end{array} \right. ; \quad \text{II} \left\{ \begin{array}{l} 12 \text{ h } 08 \text{ mn} < \alpha < 12 \text{ h } 32 \text{ mn} \\ 14^{\circ} < \delta < 23^{\circ} \end{array} \right. \\
 \\
 \text{III} \left\{ \begin{array}{l} 11 \text{ h } 30 \text{ mn} < \alpha < 12 \text{ h } 08 \text{ mn} \\ 23^{\circ} < \delta < 29^{\circ} \end{array} \right. ; \quad \text{IV} \left\{ \begin{array}{l} 12 \text{ h } 32 \text{ mn} < \alpha < 13 \text{ h } 08 \text{ mn} \\ 23^{\circ} < \delta < 29^{\circ} \end{array} \right.
 \end{array}$$

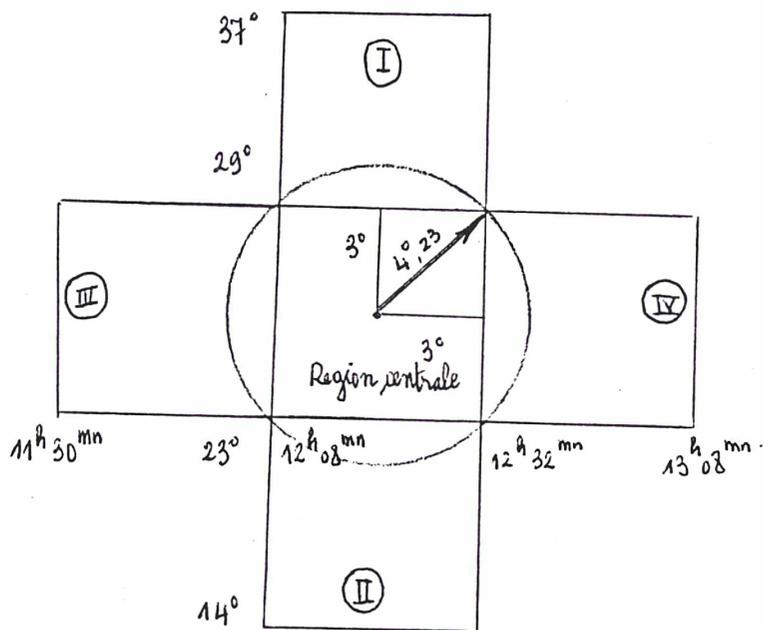


FIG:3

On dénombre dans les régions I, II, III et IV 1147 étoiles ayant un mouvement propre mesuré dans l'AGK3.

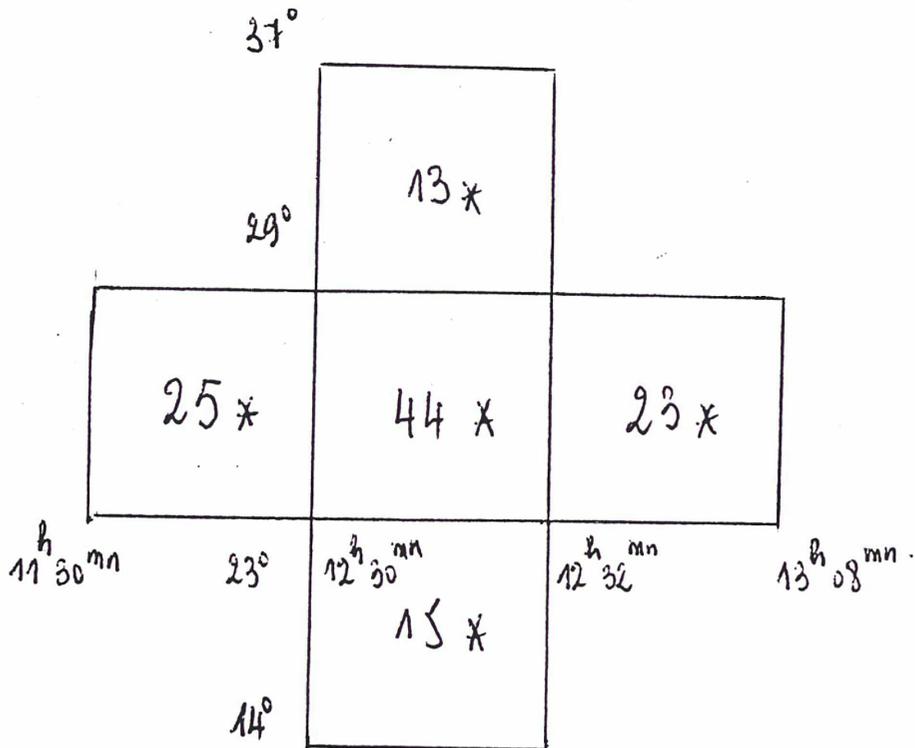
Lors de notre étude statistique de la région centrale nous avons sélectionné les étoiles ayant un mouvement propre voisin de celui de l'amas.

A présent nous allons les utiliser comme "témoins" pour les étoiles des nouveaux champs. Nous pourrons alors par une simple inspection reconnaître si telle étoile est suspecte ou non d'appartenir à l'amas.

Cette manière de faire est moins précise mais permet cependant d'avoir une estimation de l'étalement de l'amas.

On trouve 76 étoiles ayant des mouvements propres comparables à ceux de la région centrale, ce qui porte la population de notre liste à 120 étoiles (voir tableau V - annexe I). Le test de χ^2 concernant la normalité de la distribution des mouvements propres de ces étoiles donne une probabilité de 87 % (voir Fig. 4 et table 18 - annexe I).

Le schéma suivant illustre l'étalement de l'amas.



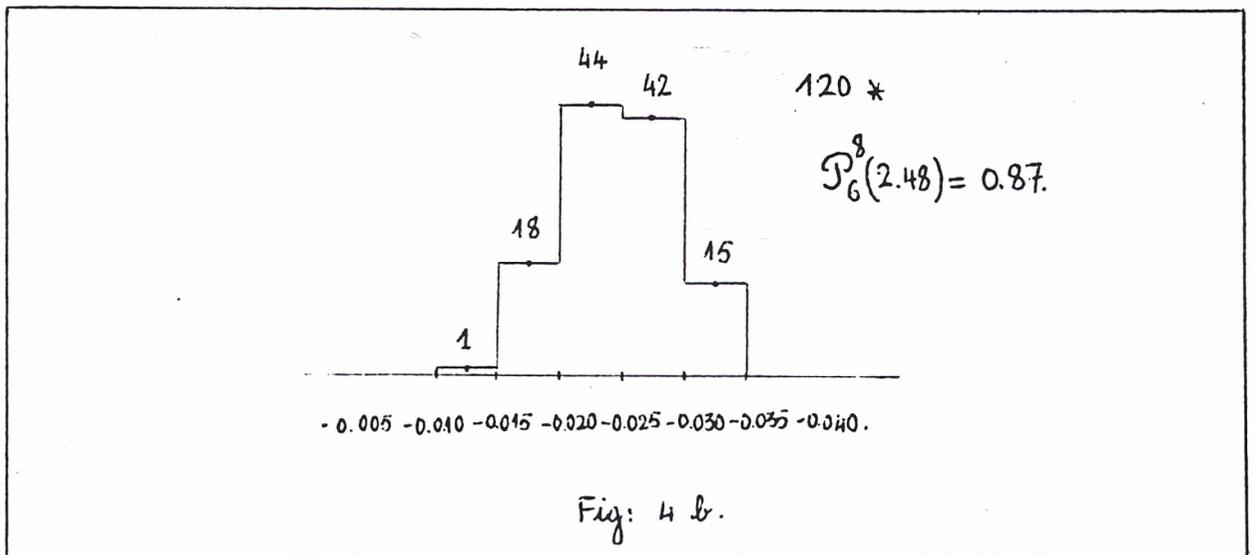
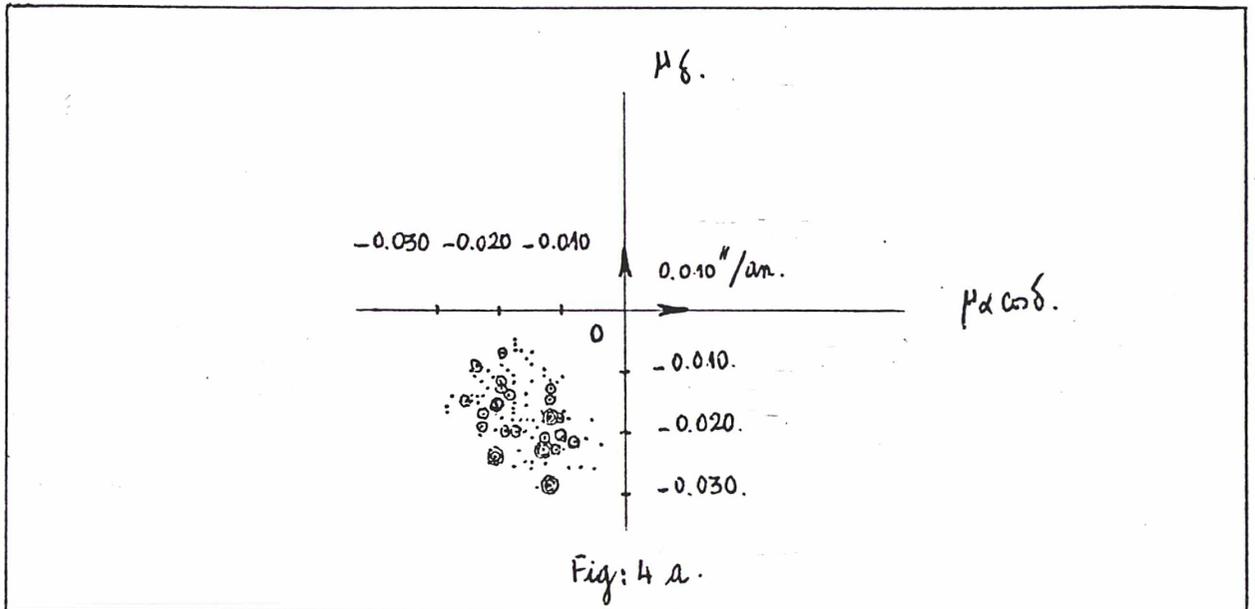


FIGURE:4 {
 Fig:4a Représentation des 120 étoiles de l'amas dans
 le plan $(\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta})$.
 Fig:4b Histogramme des μ_{tot} des 120 étoiles.

L'amas apparaît plus étendu en ascension droite qu'en déclinaison. Rappelons que la liste ainsi obtenue est basée comme la première sur la seule considération des mouvements propres. Une confirmation par l'inspection des vitesses radiales et un examen photométrique sont nécessaires et une comparaison avec la liste de Trumpler sera intéressante.

CHAPITRE IV

EXAMEN PHOTOMETRIQUE DE LA LISTE STATISTIQUE DE Coma

A) LISTE DEFINITIVE

Le tableau (V) donne les caractéristiques physiques de la liste (statistique) des 120 étoiles jusque là étudiées. Les premières 44 étoiles représentent la liste obtenue lors de notre étude de la région centrale (202 étoiles).

Les autres ont été sélectionnées dans les régions "voisines", I, II, III et IV.

A cette liste on ajoutera les étoiles du champ appartenant à la région centrale qui ont un mouvement propre proche des valeurs extrêmes de la distribution de l'amas pour éviter un rejet injustifié.

Les magnitudes visuelles ont été obtenues à partir des magnitudes apparentes photographiques données par l'AGK3 d'après la formule classique :

$$m_{pg} - m_v = \text{indice de couleur}$$

L'indice de couleur, lui, est lié au type spectral conformément à la figure 5a (Encyclopédie Universalis).

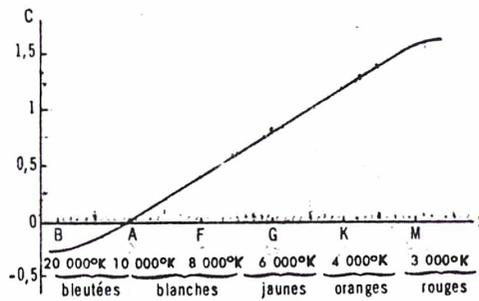


Fig: 5a

Variation de l'indice de couleur des étoiles en fonction de leur température.

Les magnitudes photoélectriques V et les indices de couleur ($B-V$; $U-B$) adoptés dans la région centrale ainsi que les types spectraux sont ceux donnés par J.C. Mermilliod (1976).

Pour les régions avoisinantes (I, II, III, IV) nous avons adopté les valeurs communiquées par le C.D.S. (Centre de Données Stellaires de Strasbourg).

Les magnitudes absolues ont été estimées à partir du type spectral en utilisant la table que l'on trouve dans "Basic astronomical Data" (K.Aa.Strand, 1980).

Enfin, pour les indices de couleur intrinsèques, nous avons utilisé la table donnée par Mihalas and Binney (1980).

Les corrections d'extinction ont été calculées d'après la formule classique :

$$A \approx 3 E(B-V) \quad (4)$$

avec $E(B-V) = (B-V)_{\text{obs}} - (B-V)_{\text{int.}}$: excès de couleur. Cela permet de corriger la magnitude apparente observée :

$$m = m_{\text{obs}} - A \quad (5)$$

Le calcul de l'extinction moyenne des 120 étoiles du tableau V donne :

$$A = (0.06 \pm 0.03) \text{ mag.}$$

Cependant on rencontre deux valeurs certainement erronées de l'extinction $A = 1.05$ et $A = 1.65$, dues probablement à une mauvaise détermination du type spectral.

Quand celui-ci n'existait pas, on l'a estimé en considérant le graphe théorique à deux couleurs (U-B ; B-V) pour les classes de luminosité III, V (Fig. 5b).

Nous avons ainsi constaté que les étoiles désignées par ~~Com~~ dans la dernière colonne du tableau (V) ne pouvaient pas être considérées comme des membres confirmés de l'amas ; la considération de leurs indices de couleur, de leurs magnitudes et de leurs positions dans le diagramme H.R par rapport à la séquence de l'amas démontrent qu'elles sont en fait des géantes considérablement plus éloignées que l'amas.

Par contre les étoiles désignées par "Coma" (au nombre de 17) et qui appartenaient statistiquement parlant au champ deviennent membres justifiés de l'amas à cause de leurs caractéristiques photométriques et, pour certaines, de leur vitesse radiale. Ces étoiles se trouvaient aux deux extrémités de la distribution normale de l'amas et ont échappé à celle-ci pour des raisons déjà citées.

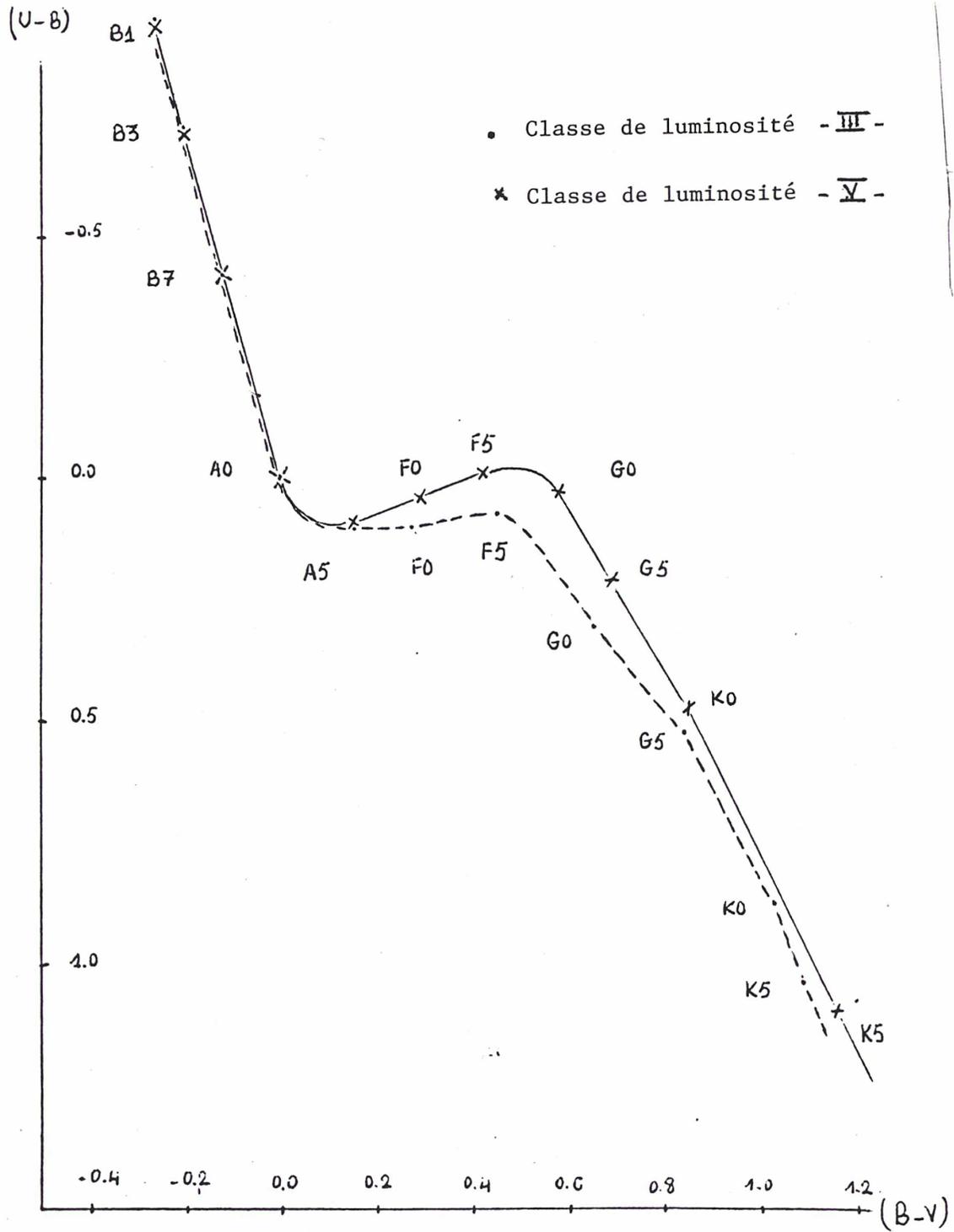


Fig: 54 Diagramme theorique a deux couleurs (U-B), (B-V) pour l'estimation de la classe de luminosité des étoiles.

On recense 51 étoiles groupées dans le tableau (VI) qui donne la liste définitive de l'amas.

La normalité du "champ" résultant connaît un gain de probabilité de 0.07 (voir Fig. 6 et table 19 - Annexe I).

En revanche, la distribution des mouvements propres des étoiles du tableau (VI) n'est plus normale (voir table 20 - Annexe I), mais cela est naturel car nous avons ajouté $17 - 10 = 7$ étoiles aux deux extrémités de celle-ci.

Il serait donc intéressant de voir si les corrections apportées aux mouvements propres du catalogue AGK3 par Lacroute en 1970 et Corbin en 1978 ne permettent pas d'expliquer de tels grands écarts pour les mouvements propres. Ceci sera le but de notre prochain paragraphe.

B) CORRECTIONS DE LACROUTE ET CORBIN

Les étoiles de la liste définitive de l'amas Coma Berenices sont classées dans la Table VI dans l'ordre de probabilité d'appartenance à l'amas décroissante.

Dans la colonne 19 du tableau V (annexe I) nous avons attribué une (*) aux étoiles qui ont un "bon" mouvement propre, une deuxième (*) à celles qui ont une "bonne" vitesse radiale et une troisième (*) à celles qui ont de "bons" indices de couleur. On constate qu'il y a 14 étoiles qui n'ont pas le "bon" mouvement propre (ne pas confondre avec le groupe des 14 étoiles).

La considération de ces signes (*) insérés dans le tableau (V) conduit ainsi à examiner si les corrections proposées par Lacroute et Corbin ne ramèneraient pas le mouvement propre à l'intérieur des limites définissant le critère d'appartenance à l'amas (voir tableau suivant).

		AGK3		LACROUTE		CORBIN		AGK3	LACROUTE	CORBIN
	BD.	μ_{AGK3}	μ_{δ}	μ_{LACROUTE}	μ_{δ}	μ_{CORBIN}	μ_{δ}	m.v.	μ_T	μ_T
1	26 2354	-38	-26	-41	-28			5.29	0.049	
2	25 2517	-10	-11	-14	-15	-12	-15	5.38	0.020	0.019
3	25 2482	-43	-21	-34	-19	-40	-29	8.8	0.039	0.049
4	24 2455	+37	-15	+36	-42			6.03	0.052	
5	23 24 47	-10	-9	-12	-11			8.6	0.016	
6	28 21 34	-26	-9	-26	-5	-28	-8	8.8	0.026	0.023
7	30 2287	+2	-14	-	-	-14	-19	7.6		0.024
8	27 21 28	-26	-7	-26	+6			10.9	0.027	
9	23 24 33	-10	-8	-19	-5			8.09	0.020	
10	25 25 23	-18	-8	-26	-3	-18	-10	6.02	0.026	0.021
11	26 23 30	-28	+1	-26	+6			9.1	0.027	
12	28 21 33	-30	+3	-29	+2	-17	+3	7.7	0.029	0.017
13	29 20 87	-31	-4	-29	-5	-9	-11	8.12	0.029	0.014
14	23 24 48	-15	-7	-23	+2	-22	-18	6.08	0.023	0.028

Signalons d'abord que les 37 étoiles qui possèdent un "bon" mouvement propre, désignées par (*;*) et (*;*;*), forment une distribution normale à 30 % (voir Fig. 6 - table 21 - Annexe I).

En appliquant la seule correction de Lacroute (1970) aux étoiles qui, parmi les 14, en ont une, on trouve, pour 42 étoiles, une distribution normale à 50 %, soit un gain de 20 % (voir table 22 - Annexe I).

Si maintenant l'on applique la seule correction de Corbin (1978), aux mêmes 14 étoiles, on trouve pour 43 étoiles une distribution normale à 39 % (voir table 23 - Annexe I), soit un gain de 9 % par rapport à la distribution des 37 étoiles dont le mouvement propre n'a pas été corrigé.

Si l'on applique à la fois les corrections de Lacroute et de Corbin, en préférant celles-ci (parce que plus récentes) quand ces deux corrections existent pour une même étoile, on obtient alors, pour 45 étoiles, une distribution normale à 75 % soit un gain de 45 % (voir table 24 - Annexe I).

TABLEAU VII

	Etoiles de l'amas sans correction.	Correction LACROUTE 1970	Correction CORBIN 1978	Correction L + C.
N^{bre} d'étoiles	37	42	43	45
$\bar{\mu}_T$	0.027	0.026	0.026	0.026
σ_n	0.004	0.005	0.004	0.005
χ^2	6.010	5.31	6.26	3.42
$P(\chi^2)$	0.30	0.50	0.39	0.75.

En résumé, nous avons sélectionné statistiquement 44 étoiles dans la région centrale de l'amas, l'examen de leurs propriétés photométriques en retient 34 sur 44 et en rajoute 11 sur 17 suspects, soit finalement un total de 45 étoiles.

Nous nous trouvons ainsi devant une liste définitive de 51 étoiles (tableau VI), parmi lesquelles nous sommes en droit de considérer 45 comme des membres "certains" de l'amas, les 6 autres n'étant au stade actuel que des membres "très probables" (Fig. 6).

A ces 51 étoiles qui appartiennent à la région centrale, nous pouvons en ajouter 19 qui appartiennent aux régions voisines (I, II, III, IV) et que nous pouvons considérer comme des membres "probables" (et non "très probables" parce qu'elles ont été sélectionnées par une simple inspection de leurs mouvements propres sans être soumises au test de KING).

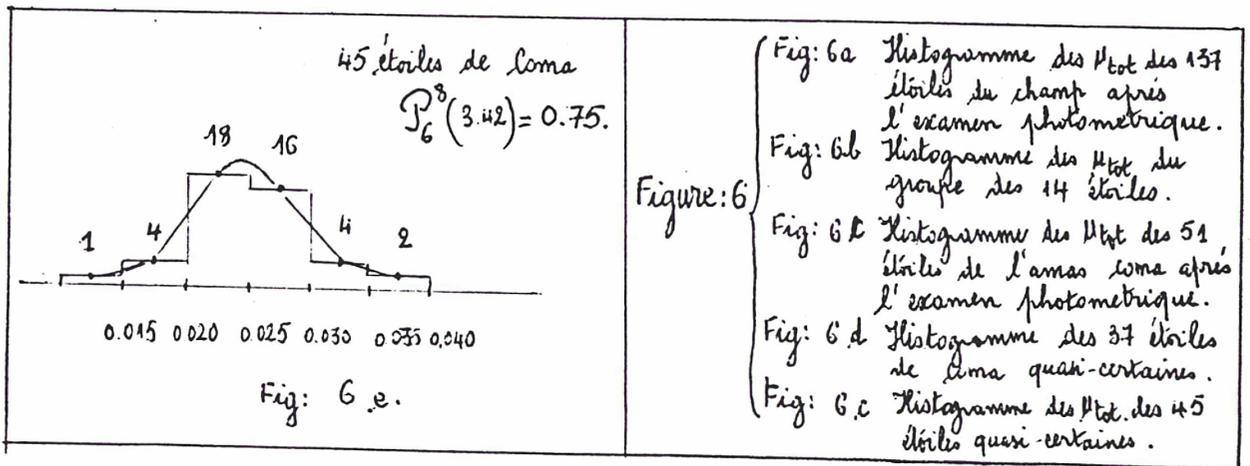
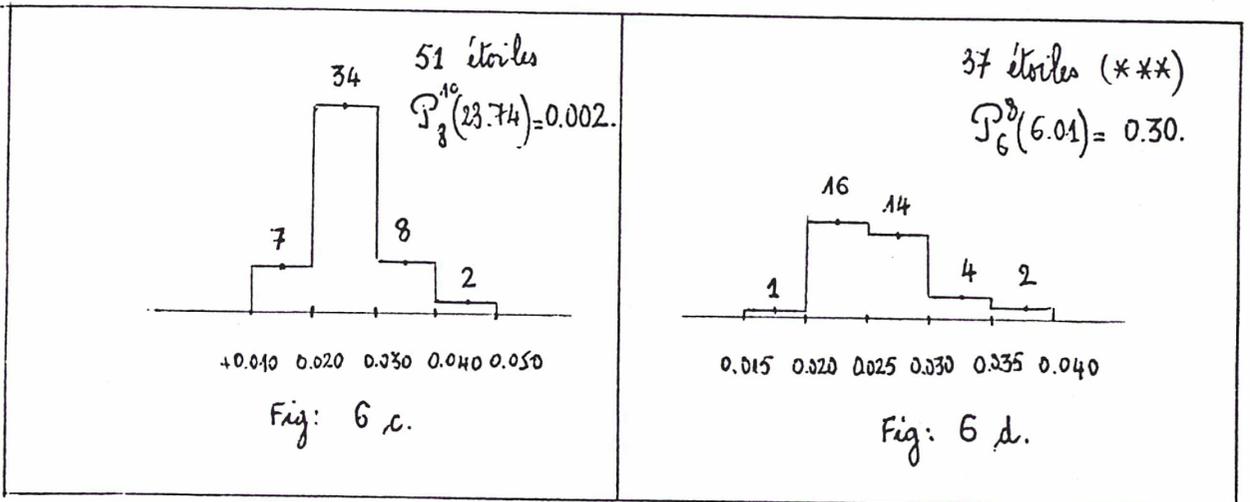
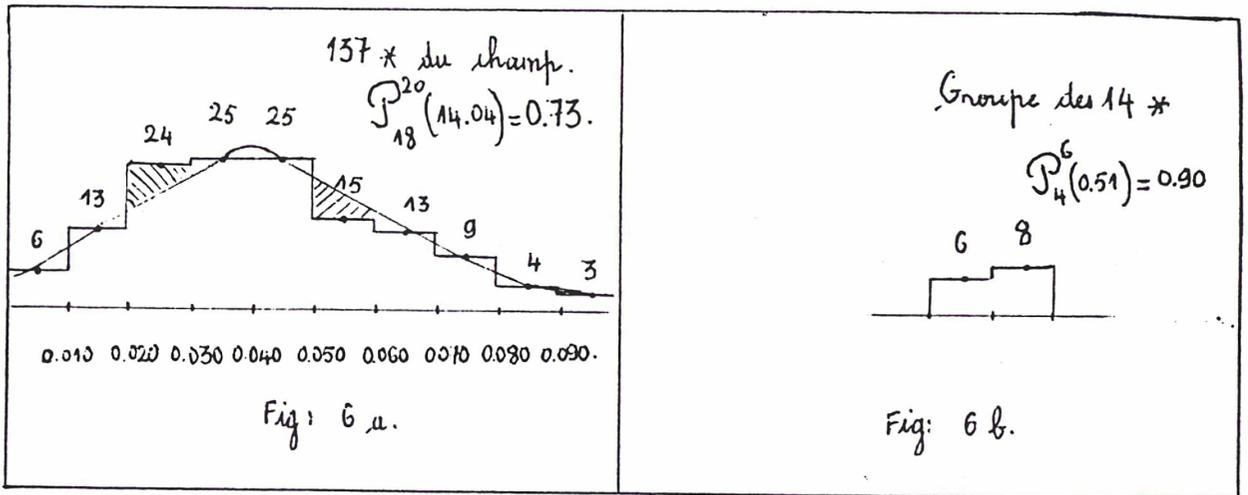


FIG: 6

Repartition des differentes distribution apres l'examen photometrique de la liste statistique de l'amas Coma.

C) LISTE COMPLEMENTAIRE

Mermilliod a publié en 1976 un catalogue de photométrie relatif à la région centrale de l'amas.

Nous avons jugé utile de voir s'il n'y avait pas d'étoiles de ce catalogue qui ont échappé à notre sélection statistique.

Pour ce faire, nous avons écarté de la liste de Mermilliod toutes les étoiles de l'AGK3 pris comme échantillon lors de notre étude statistique de la région centrale. Nous avons alors constaté qu'il nous restait 29 étoiles identifiables et bien d'autres non identifiables et donc nouvellement observées photométriquement parlant. Une étude cinématique de ces étoiles serait intéressante pour enrichir la liste des membres certains de l'amas qui reste encore pauvre faute d'observations.

Parmi les 29 étoiles identifiables rassemblées dans le tableau VII – annexe 1, 6 se trouvent à proximité du champ choisi pour notre étude de la région centrale de l'amas et appartiennent donc aux régions avoisinantes. 8 autres étoiles n'ont pas de mouvements propres mesurés dans l'AGK3 et ne pouvaient donc être sélectionnées par notre étude statistique.

Enfin, 12 étoiles ont un mouvement propre jugé trop élevé en comparaison avec celui de l'amas et ont donc été dès le début écartées de notre étude.

Nous n'avons alors retenu que deux étoiles qui ont le même mouvement propre que celui de l'amas et de "bons" indices de couleur. Afin de lever toute incertitude sur les mouvements propres, nous avons bien sur tenu compte des corrections de Lacroute et Corbin (voir tableau VII annexe 1).

Il nous reste maintenant à comparer notre liste définitive (tableau VI) à celle de Trumpler (1938).

D) COMPARAISON AVEC LA LISTE DE TRUMPLER

Le point noir figurant dans la 3ème colonne du tableau VI - annexe I, signale les étoiles communes à notre liste et à celle de Trumpler, soit 34 étoiles presque toutes situées dans la région centrale de l'amas.

Remarquons que Tr : 132 n'a pas d'autre identification ; que Tr : 39 (BD 24 2443) possède une vitesse radiale trop élevée (-27.7 km/s) ; que (BD 23 2453) a un mouvement propre de -0.002 en α et -0.014 en δ , se trouve dans la région avoisinante, et peut être membre moyennant des corrections de mouvement propre de Lacroute ou Corbin comme nous l'avons fait pour l'étoile BD : 30 2287 ($\mu\alpha \cos = +0.002$ et $\mu\delta = -0.014$), de la région centrale.

Toutes les autres étoiles dépourvues de points noirs sont des étoiles apparues à la suite de notre étude comme étant des membres incontestables de l'amas. On compte 12 étoiles dans la région centrale et 11 dans les régions voisines (I, II, III, IV) auxquelles 35 sont susceptibles de s'ajouter moyennant une meilleure connaissance de leurs caractéristiques photométriques.

E) EXAMEN PHOTOMETRIQUE DU GROUPE DES 14 ETOILES

Les grandeurs physiques adoptées dans le tableau VIII - annexe I ont les mêmes références que celles du tableau III relatif aux étoiles de l'amas Coma.

Les étoiles du champ proches, en mouvements propres, des valeurs extrêmes de la distribution des 14 étoiles seront aussi examinées. Nous constatons, alors, que les étoiles munies d'un point noir dans la deuxième colonne ont les mêmes caractéristiques spectrophotométriques. C'est-à-dire que leurs magnitudes photoélectriques V sont en concordance avec leurs types spectraux.

Elles sont donc toutes à la même distance du soleil (~ 650 pc), bien plus loin que l'amas Coma (mais dans la même direction).

De plus leurs magnitudes V et leurs indices de couleur $B-V$ leur attribuent dans le diagramme $H-R$ ($V, B-V$) des positions qui semblent suivre une isochrone (Fig. 7).

Une détermination de leur parallaxe permettant de les placer avec précision dans le diagramme $H-R$ sera intéressante pour la détermination de leur âge.

Ainsi la liste du tableau IV se trouve confirmée par cet examen photométrique. Nous pouvons alors dire que ces étoiles semblent former un groupe distinct sous réserve de connaître leurs vitesses radiales.

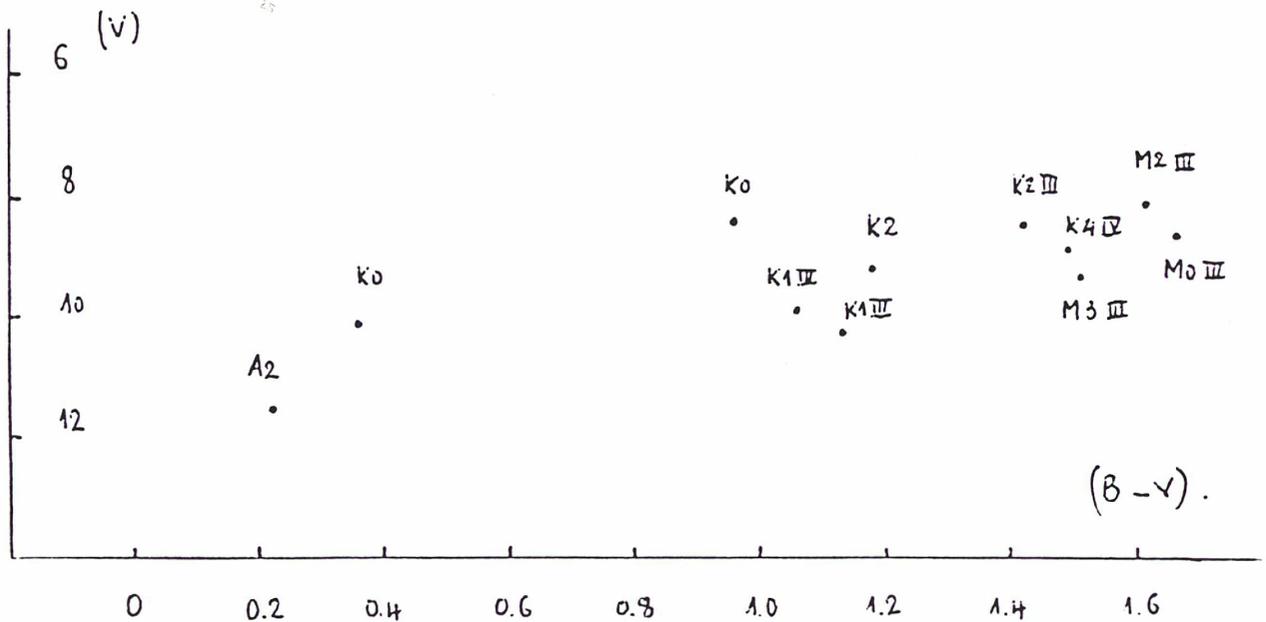


Fig:7 Diagramme $H-R$ ($B-V, V$) du groupe des 14 étoiles.

CHAPITRE V

TEST DE SCHWARZSCHILD APPLIQUE AU CHAMP RESULTANT

Après avoir retiré l'amas Coma et le groupe des 14 étoiles, il nous reste, comme nous l'avons vu, un champ résultant où, après une étude statistique, la distribution des mouvements propres paraît normale à 66 %, cette normalité passant à 73 % après un examen photométrique fait sur l'amas Coma et sur le groupe des 14 étoiles. Nous allons à présent déterminer la direction du mouvement du soleil par rapport à ces étoiles du champ et celle du grand axe de l'ellipse des vitesses. A cet effet, nous appliquerons la méthode de Schwarzschild :

A) - DESCRIPTION

Cette méthode consiste à représenter les mouvements propres des étoiles sur le plan $(\mu_{\alpha} \cos \delta ; \mu_{\delta})$, et à partager ce plan en secteurs égaux ayant pour sommet l'origine $(\mu_{\alpha} \cos \delta = 0 ; \mu_{\delta} = 0)$. On dénombre alors les étoiles dans chaque secteur et on représente les nombres obtenus par des segments de droite de longueur proportionnelle à ces nombres, portés par la bissectrice de chaque secteur. Les extrémités de ces segments s'alignent sur une courbe ; la surface limitée par cette courbe est partagée en deux parties égales par la projection de la direction du mouvement du soleil sur le plan $(\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta})$.

B) - APPLICATION DU TEST DE SCHWARZSCHILD

1°) Détermination de l'apex

Si l'on adopte le mouvement du soleil "standard",

$$V = 19 \text{ km/s} ; A = 18 \text{ h} ; D = 30^\circ,$$

on peut calculer l'angle de position de cette direction :

$$\begin{array}{lll} X = V \cos A \cos D & \text{suivant} & \alpha = 0\text{h} ; \delta = 0 \\ Y = V \sin A \cos D & \text{suivant} & \alpha = 6\text{h} ; \delta = 0 \\ Z = V \sin D & \text{suivant} & \delta = 90^\circ \end{array}$$

$$\mu\alpha \cos\delta = \frac{1}{4.74r} \left[-X \sin\alpha + Y \cos\alpha \right]$$

$$\mu\delta = \frac{1}{4.74r} \left[-X \cos\alpha \sin\delta - Y \sin\alpha \cos\delta + Z \cos\delta \right]$$

$$\rightarrow \operatorname{tg}\theta = \frac{\mu\alpha \cos\delta}{\mu\delta} \quad \rightarrow \quad \theta = \operatorname{Arctg} \frac{\mu\alpha \cos\delta}{\mu\delta} \quad (6)$$

on trouve $\theta = 26^\circ$, δ compté à partir de $\mu\alpha \cos\delta = 0$.

Notre test va consister à comparer à cette valeur théorique de θ , la direction (issue de l'origine, dans le plan $\mu\alpha \cos\delta, \mu\delta$) qui partage en deux parties égales la surface limitée par la courbe que nous avons obtenue expérimentalement.

En posant :

$$N_1 = \text{nombre d'étoiles dans le secteur } \theta \quad \rightarrow \quad \theta + 180^\circ$$

$$N_2 = \text{nombre d'étoiles dans le secteur } \theta + 180^\circ \quad \rightarrow \quad \theta + 360^\circ$$

on trace le graphe $N_1 - N_2 = f(\theta)$ (Fig. 8a, table 25 - Annexe I). L'angle θ pour lequel le nombre $(N_1 - N_2)$ s'annule correspond à la direction cherchée. Le graphe (fig. 8c, d) nous donne les deux angles qui déterminent le mouvement du soleil avant et après l'examen photométrique. Les deux angles sont sensiblement égaux (fig. 8d) (Ils sont comptés à partir de $\mu_\alpha \cos \delta = 0$).

$\theta = 35^\circ$ avant l'examen photométrique.

$\theta = 40^\circ$ après l'examen photométrique.

La valeur théorique diffère de la valeur observationnelle d'environ une dizaine de degrés, ce qui peut-être considéré comme satisfaisant.

2°) Détermination du Vertex

Si l'on considère que la direction théorique du vertex est $l = 0$, $b = 0$ celle-ci correspond dans le plan $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta)$ à une direction β calculée d'après la formule (6) :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\mu_\alpha \cos \delta}{\mu_\delta}$$

$$\implies \beta = 150^\circ$$

Comme nous l'avons fait pour la direction de l'apex, nous allons à présent comparer à cette valeur théorique de β , la direction (issue de l'origine, dans le plan $\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta$) obtenue expérimentalement pour le vertex.

A cet effet, nous définissons tout d'abord les quantités l_1, l_2, l_3, l_4 comme suit :

$l_1 =$ nombre d'étoiles comprises entre $\beta \longrightarrow \beta + 90^\circ$

$l_2 =$ nombre d'étoiles comprises entre $\beta + 90^\circ \longrightarrow \beta + 180^\circ$

$l_3 =$ nombre d'étoiles comprises entre $\beta + 180^\circ \longrightarrow \beta + 270^\circ$

$l_4 =$ nombre d'étoiles comprises entre $\beta + 270^\circ \longrightarrow \beta + 360^\circ$

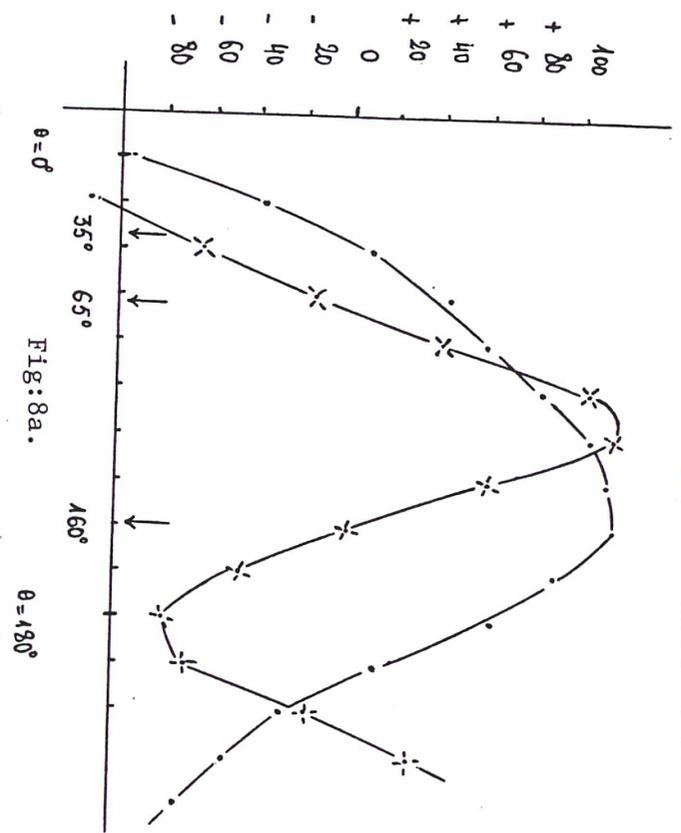
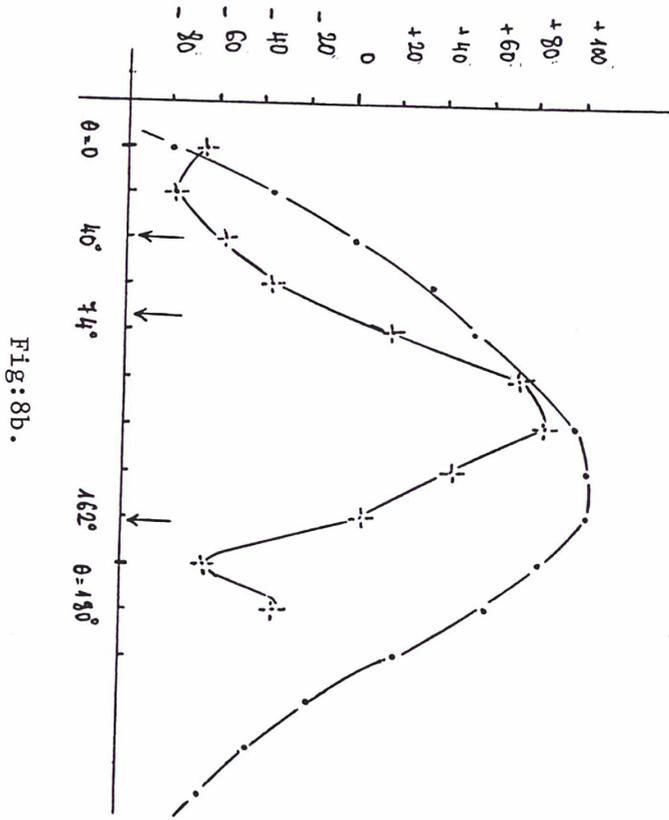


Fig:8 Determination de l'apex et du vertex a partir du champ resultant, apres l'etude statistique et apres l'examen photometrique.

Fig:8c.

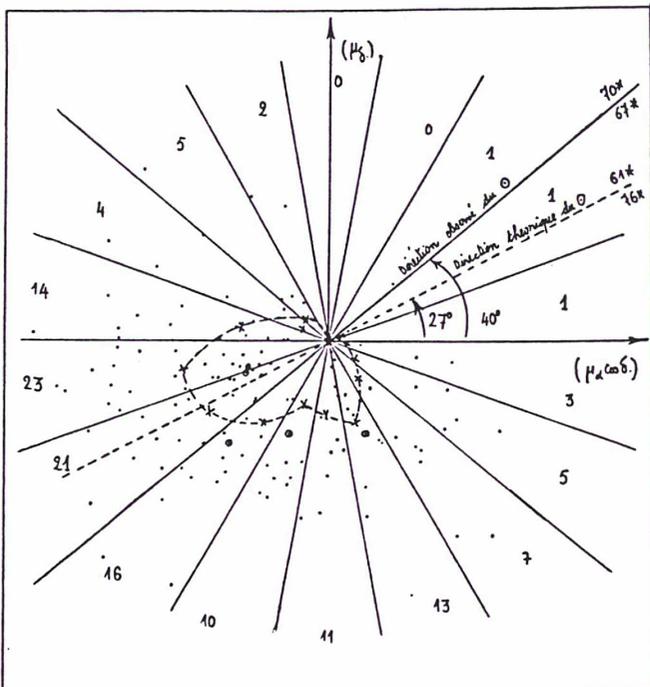
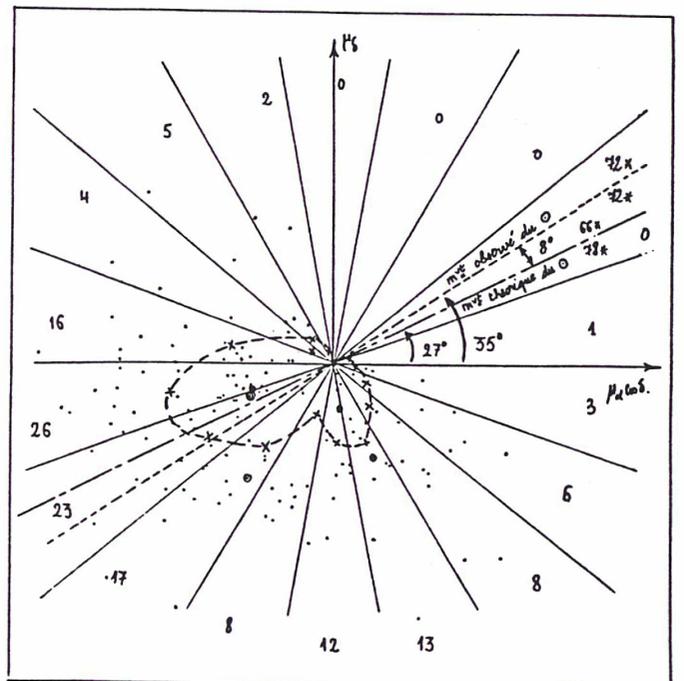


Fig:8d.



on trace alors la courbe $(l_1l_3 - l_2l_4) = f(\beta)$ (voir Fig. 8b). Le vertex correspond à l'angle pour lequel la quantité $(l_1l_3 - l_2l_4)$ s'annule. Nous obtenons dans notre cas deux directions pour le vertex (Fig. 8b) :

$$\beta_1 = 74^\circ \quad , \quad \beta_2 = 162^\circ \text{ (après l'examen photométrique)}$$

$$\beta'_1 = 65^\circ \quad , \quad \beta'_2 = 160^\circ \text{ (après l'étude statistique).}$$

La méthode permettant d'effectuer le choix est décrite dans Smart, *Stellar Dynamics*, chapitre 5 paragraphe 5-54 (p. 168). On trouve ici $\beta_2 = 162^\circ$ en accord satisfaisant avec la direction théorique, $\beta = 150^\circ$, ce qui confirme qu'il n'y a pas parmi les étoiles du champ un nombre significatif de membres de l'amas qui auraient été "oubliés".

CHAPITRE VI

GRANDEURS ASTROMETRIQUES DEFINISSANT L'AMAS Coma

A) MOUVEMENT PROPRE MOYEN

D'après le tableau VI - Annexe II relatif à la liste définitive de l'amas Coma et en ne considérant que les 45 étoiles quasi-certaines, nous trouvons :

$$\begin{aligned}\overline{\mu_{\alpha} \cos \delta} &= (-0.018 \pm 0.001)''/\text{an} \\ \overline{\mu_{\delta}} &= (-0.017 \pm 0.001)''/\text{an}.\end{aligned}$$

B) DISTANCE DE L'AMAS

Une première estimation de la distance a été calculée avec les étoiles ayant une parallaxe mesurée et présentant une probabilité d'appartenance (définie dans le premier paragraphe) à l'amas supérieur à 95 %. On trouve, pour ces étoiles :

$$\overline{D} = 81 \text{ pc}$$

Une deuxième estimation a été faite en calculant la distance de chaque étoile de l'amas (à l'aide de la formule classique $m_V - M_V = 5 - 5 \log D - A$) à l'exception des étoiles Ap et Am qui présentent un excès de couleur dû à leurs propriétés intrinsèques et non à une présence de gaz interstellaire. Nous avons aussi omis les étoiles de classe IV à cause de la mauvaise détermination de leur magnitude absolue à partir du type spectral. Pour les autres étoiles restantes, nous avons estimé leurs magnitudes visuelles à partir de leurs types spectraux en utilisant la table donnée par Mihalas and Binney (1980).

Nous obtenons alors la distance moyenne suivante :

$$\bar{D} = (83,25 \pm 2.5) \text{pc}$$

C) VITESSE RADIALE MOYENNE ET VITESSE SPATIALE

Sur les 45 étoiles quasi-certaines, seules 36 ont une vitesse radiale mesurée ; parmi celles-ci, deux étoiles sont des variables. Elles ne seront pas considérées dans le calcul. On obtient alors :

$$\|\bar{V}_R\| = (-0.60 \pm 0.46) \text{km/s}$$

la vitesse spatiale devient alors :

$$\|\bar{V}_S\| = \sqrt{(\mu_\alpha \cos \delta \cdot 4.74 \cdot D)^2 + (\mu_\delta \cdot 4.74 \cdot D)^2 + (V_R)^2} \text{km/s} \quad (7)$$

$\|\bar{V}_S\| = (9.5 \pm 3) \text{km/s}$ dans la direction $\alpha = 23^h 32^m$, $\delta = -6^\circ 5'$, ce qui correspond à $l \approx 75^\circ$, $b \approx 60^\circ$.

D) COORDONNES DU CENTRE

La moyenne des coordonnées équatoriales en α et δ de toutes les étoiles de la liste définitive de l'amas Coma ayant une forte probabilité d'appartenance ($P_i^a \geq 0.90$) donne :

$$\begin{aligned}\overline{\alpha}_{1950} &= 12^{\text{h}} 21^{\text{mn}} 55^{\text{s}}, \\ \overline{\delta}_{1950} &= 26^{\circ} 47',5.\end{aligned}$$

E) DIAMETRE ANGULAIRE ET TAUX DE CONCENTRATION DES ETOILES

La Fig. 9 montre la distribution des étoiles dans le plan tangent à la sphère céleste. La table 28 suivante donne la distribution de ces étoiles en fonction de la distance au centre.

(Table 28)

Distance angulaire	$\leq 0,5^{\circ}$	$\leq 1^{\circ}$	$\leq 1,5^{\circ}$	$\leq 2^{\circ}$	$\leq 2,5^{\circ}$	$\leq 3^{\circ}$	$\leq 3,5^{\circ}$	$\leq 4^{\circ}$	$\leq 4,5^{\circ}$	$\leq 5^{\circ}$
Nombre d'étoiles	4	12	19	25	31	36	41	44	44	45.
Pourcentage.	9%	27%	42%	55%	69%	80%	91%	98%	98%	100%.

On voit bien que la moitié des étoiles de l'amas Coma sont contenues dans un cercle de rayon angulaire 2° , que 75 % des étoiles sont contenues dans un rayon angulaire de 3° , et que la valeur de 5° est sans doute une bonne estimation (quoique approchée) du rayon de l'amas.

Le tableau ci-dessus contient aussi une information sur le taux de "concentration" des membres à l'intérieur du volume occupé par l'amas.

La pauvreté des données disponibles amène à faire l'hypothèse que l'amas est sphérique. La formule de Von Zeipel :

$$f(x) = 2 \int_x^R \frac{r \phi(r) dr}{(r^2 - x^2)^{1/2}} \quad (8)$$

établie pour les amas globulaires est alors applicable ; elle relie la densité "superficielle" (de la distribution des étoiles en projection sur le plan tangent à la sphère céleste), $f(x)$ (x étant la distance au centre projetée de l'amas) et la densité "volumique" (de la distribution des étoiles dans l'espace), $\phi(r)$ (r étant la distance au centre de l'amas).

Nous prendrons comme unité, pour x et pour r , la longueur d'un segment vu sous un angle de 1° à la distance qui sépare l'amas du soleil (1,4 pc environ).

Une première hypothèse consiste à supposer que les membres de l'amas sont distribués uniformément ($\phi_0(x) = 0.086$) dans un volume de 5° de rayon . La fonction $f_0(x)$ est représentée sur la Fig. 10, en même temps que la fonction $f(x)$ observée ; on y ajoute les fonctions $n_0(x)$ et $n(x)$, n étant le nombre des étoiles contenues dans les couronnes circulaires successives définies dans la table 28. Il apparaît clairement que cette hypothèse est à rejeter.

Notre deuxième hypothèse consistera à représenter la distribution des étoiles dans l'amas par la somme de trois distributions uniformes définies comme suit :

- une sphère de rayon = 1° , densité ϕ_1
- une sphère de rayon = $2^\circ,5$, densité ϕ_2
- une sphère de rayon = 5° , densité ϕ_3 .

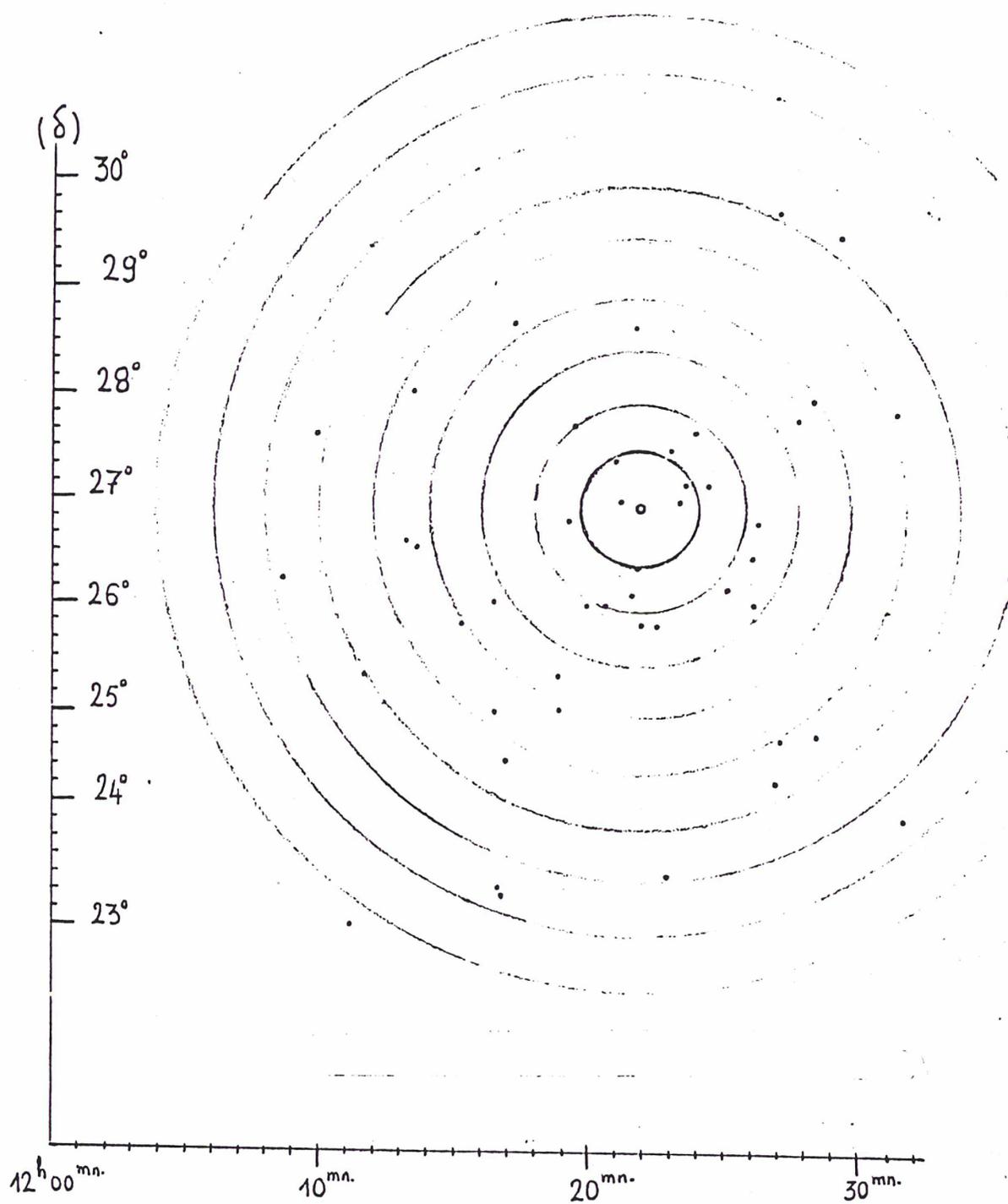


Fig:9 Représentation des 45 étoiles quasi-certaines de l'amas Coma dans le plan (α, δ) .

Les densités réelles s'écrivent :

- jusqu'à 1° , $\phi_*(r) = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3$
- de 1° à $2^\circ,5$ $\phi_*(r) = \phi_2 + \phi_3$
- de $2^\circ,5$ à 5° $\phi_*(r) = \phi_3$.

Les résultats des calculs correspondants sont représentés par les courbes $f_*(x)$ et $n_*(x)$ dans la Fig. 10b et par la courbe $\phi_*(r)$ donnée par la Fig. 10c.

L'accord entre $f_*(x)$ et $f(x)$ apparaît satisfaisant, et une assez forte concentration vers le centre de l'amas est bien mise en évidence par la courbe $\phi_*(r)$ représentée dans la Fig. 10c.

Les valeurs observées pour ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 et ϕ_* sont les suivantes :

$$\begin{aligned}\phi_1 &= 1.56 \\ \phi_2 &= 0.23 \\ \phi_3 &= 0.052\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_*(r) \text{ jusqu'à } 1^\circ, & \quad \phi_*(r) = 1.84 \\ \phi_*(r) \text{ de } 1^\circ \text{ à } 2^\circ,5, & \quad \phi_*(r) = 0.28 \\ \phi_*(r) \text{ de } 2^\circ,5 \text{ à } 5^\circ, & \quad \phi_*(r) = 0.052.\end{aligned}$$

Dans ce modèle on trouve que 51 % des étoiles sont contenus dans une sphère de 2° de rayon et 72 % dans une sphère de 3° de rayon. Les valeurs observées pour ces deux nombres sont respectivement de 55 % et de 80 %. On peut considérer ce calcul comme une nouvelle justification de la liste des étoiles retenues comme les membres les plus certains de l'amas, pour la population étudiée.

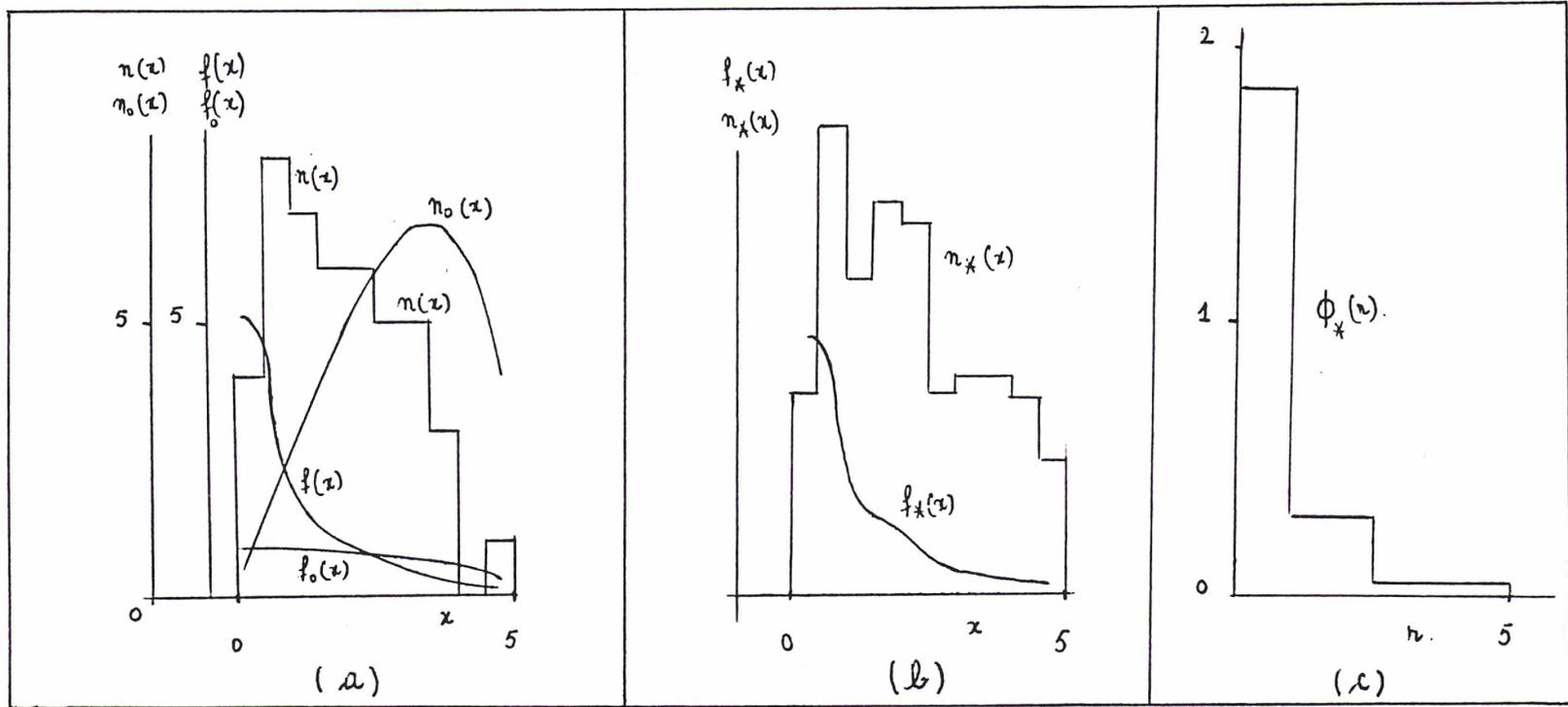


Fig:10 Densité spatiale de l'amas Coma:

- $n_0(x)$ répartition observée des étoiles.
- $f_0(x)$ densité projetée observée des étoiles.
- $n_0(x)$ et $f_0(x)$ les mêmes fonctions calculés dans l'hypothèse d'une seule sphère constante.
- $n_*(x)$ et $f_*(x)$ les mêmes fonctions calculés dans l'hypothèse de trois sphères concentriques constantes.
- $\phi_*(r)$ densité spatiale calculée.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE SPECTROPHOTOMETRIQUE

I	-	<u>INTRODUCTION AU DIAGRAMME H-R</u>	51
II	-	<u>DIAGRAMME H-R DE Coma Berenices</u>	57
		<i>A) Détermination de la température effective et de la magnitude bolométrique</i>	58
		<i>B) Interprétation du diagramme H-R</i>	62
III	-	<u>GRANDEURS PHYSIQUES DEFINISSANT L'AMAS</u>	65
		<i>A) Composition chimique de l'amas</i>	66
		<i>B) Age de l'amas</i>	70
		<i>C) Fonction de luminosité de l'amas</i>	75
		<i>D) Distance de l'amas</i>	79
		<i>E) Comparaison des résultats avec les études précédentes</i>	81
V	-	<u>CONCLUSION</u>	83

Lors de notre étude statistique (1ère partie) nous avons dénombré dans la région centrale de l'amas Coma 45 étoiles qui paraissent être des membres quasi-certains de l'amas et 6 étoiles qui en sont probablement membres.

Dans les régions I, II, III, IV nous avons dénombré 19 étoiles qui appartiennent probablement aussi à l'amas.

A l'aide de cet échantillon, choisi pour être le plus pur possible, nous allons établir le diagramme H-R de l'amas Coma Berenices.

Ce diagramme nous permettra en premier lieu de vérifier que la population de notre échantillon correspond bien à un diagramme d'amas ouvert. En second lieu, il nous permettra de déterminer une grandeur physique de grande importance : l'âge de l'amas et d'obtenir une estimation de sa composition chimique.

En outre, nous pourrons vérifier la valeur du module de distance de l'amas, par l'ajustement de sa série principale à une série principale standard.

CHAPITRE I

INTRODUCTION AU DIAGRAMME H-R

En 1913, Hertzsprung et Russell ont proposé un diagramme à deux dimensions, reliant les magnitudes absolues des étoiles à leurs températures (Fig. 1).

Le diagramme H-R peut être construit de différentes manières : théoriquement, on porte en abscisse la température effective et en ordonnée la magnitude bolométrique ou la luminosité ($\log L_/L_\odot$) des étoiles ; observationnellement, on choisit comme abscisse le type spectral ou l'indice de couleur et comme ordonnée la magnitude absolue de l'étoile.*

La position d'une étoile sur un diagramme H-R dépend essentiellement de sa masse et de sa composition chimique (théorème de Vogt-Russell) mais requiert la prise en compte de tous les processus physiques ayant lieu dans les différentes couches de l'étoile.

Les points correspondants à des modèles homogènes qui n'ont pas encore brûlé une partie appréciable de l'hydrogène de leur noyau définissent une courbe appelée ZAMS (en anglais : zero-age main séquence). Ces modèles s'alignent le long de cette courbe en fonction de leur masse. Observationnellement, les étoiles non encore évoluées (appelées naines) constituent une bande qui traverse le diagramme H-R appelée série principale.

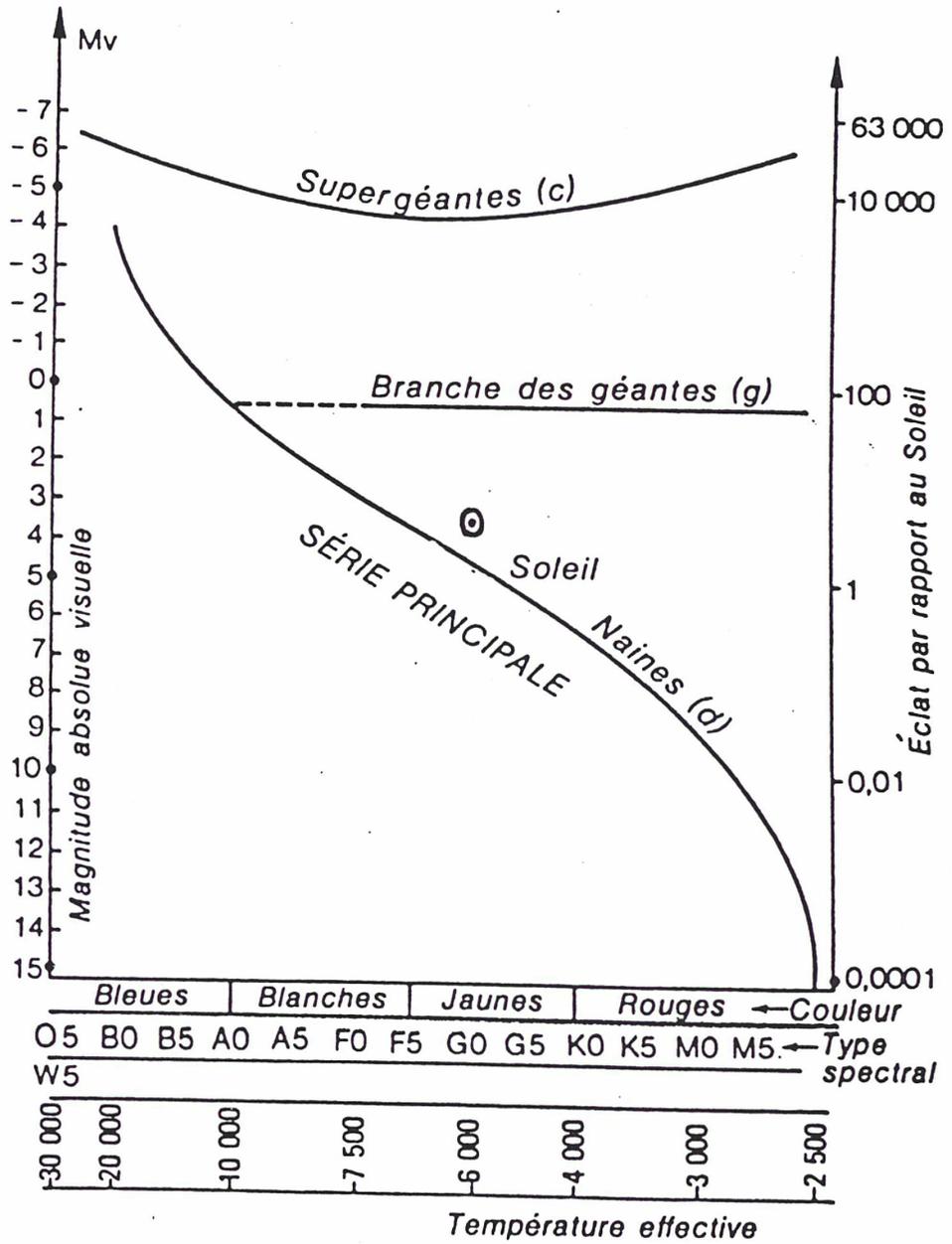


Fig:1 Diagramme H-R classique: $M_v = F(t_{eff})$.

La durée de vie d'une étoile sur la série principale est fonction de sa masse. Lorsqu'une étoile a épuisé l'hydrogène de son noyau, elle quitte la série principale, parcourt un trajet bien déterminé, fonction de sa masse, et évolue vers la région des géantes dans le diagramme H-R.

A partir de mesures de masses d'étoiles doubles, on a constaté que la luminosité d'une étoile sur la série principale augmentait selon une puissance de sa masse ($L \sim m^n$), l'exposant $n \in]2,4[$ variant avec la composition chimique.

La forme du diagramme H-R dépend de l'échantillon d'étoiles que l'on étudie.

Dans le plan ($\log T_{\text{eff}}, M_{\text{bol}}$) et pour une certaine gamme de masse et une composition chimique donnée, nous pouvons suivre l'évolution d'une série de modèles d'étoiles représentée par une courbe appelée "trajet évolutif" qui s'étend de la séquence principale à la branche des géantes (Fig. 2).

Les courbes en pointillé sur le diagramme évolutif de la figure 2 ont été obtenues en joignant par des lignes continues les points où les modèles évolutifs correspondant à des masses différentes ont le même âge. Ces courbes sont appelés "isochrones" et sont utilisées pour déterminer l'âge d'un ensemble d'étoiles, comme un amas ouvert ou globulaire. On admet généralement que les étoiles d'un amas se sont formées à une même époque à partir d'un même nuage interstellaire.

En pratique, on cherche quelle est l'isochrone théorique qui s'ajuste le mieux à l'isochrone observationnelle que définissent les étoiles de l'amas.

Les géantes et surtout les supergéantes sont des étoiles à grand éclat intrinsèque qui se placent au dessus de la série principale, elles traversent le diagramme H-R quasi-horizontalement. En effet, dans chacune des bandes qui leur correspondent, la luminosité varie peu avec la température.

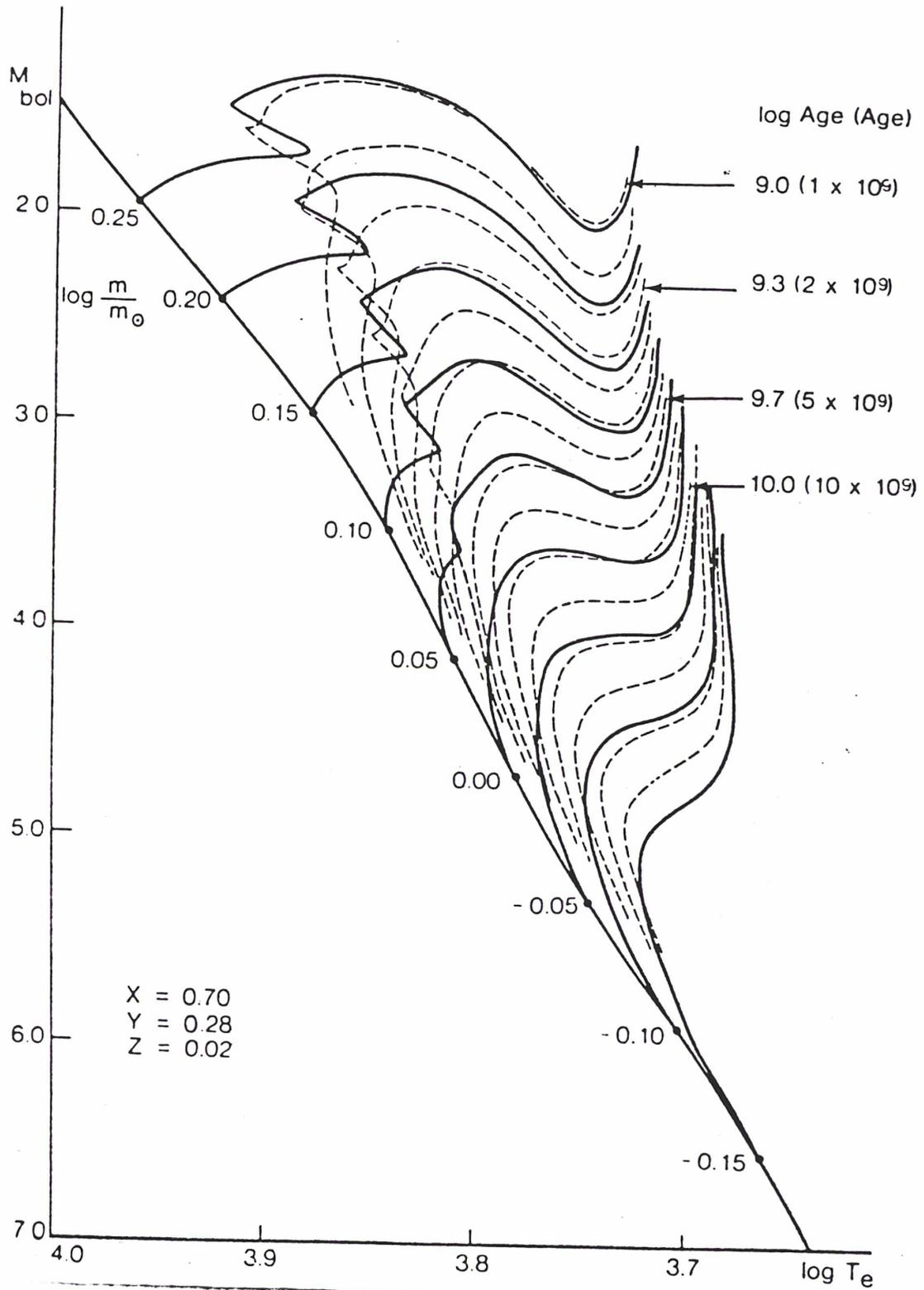


Fig:2 Diagramme H-R composite des trajets d'evolution(traits pleins) et d'isochrones(traits discontinus).

Enfin, il existe quelques rares étoiles chaudes appelées naines blanches qui ont un petit éclat : ce sont des étoiles dégénérées de type O, A, F situées au dessous de la série principale.

CHAPITRE II

DIAGRAMME H-R DE L'AMAS Coma



A) DETERMINATION DE LA TEMPERATURE EFFECTIVE ET DE LA MAGNITUDE BOLOMETRIQUE

Signalons tout d'abord que, dans la région centrale de l'amas, il n'y a que 39 étoiles parmi les 45 quasi-certaines et 3 parmi les 6 probables qui ont des mesures photométriques figurant dans le catalogue de Mermilliod.

Dans les régions I, II, III, IV nous n'avons pu trouver de données photométriques dans la base du C.D.S. (Centre de données stellaires) que pour 7 étoiles parmi les 19 probables. Ceci porte à 49 le nombre total des étoiles qui vont contribuer à l'établissement du diagramme H-R de l'amas Coma. D'autres observations photométriques seraient nécessaires pour inclure dans cette étude les 8 plus 18 étoiles restantes du tableau II (1ère partie) qui possèdent des caractéristiques cinématiques voisines de celles de l'amas.

A cette liste on ajoutera les deux étoiles quasi-certaines obtenues en comparant le catalogue photométrique de Mermilliod à l'AGK3.

Du fait que les étoiles de l'amas sont pratiquement à la même distance du soleil, l'échelle des magnitudes apparentes différera de celle des magnitudes absolues par une constante, le module de distance de l'amas :

$$M_v - m_v = 5 - 5 \log D \quad (9)$$

Une première difficulté est ainsi levée dans la construction du diagramme H-R de l'amas.

Comme nous l'avons vu dans la première partie, sa distance moyenne a été estimée à $D = 81$ pc. Nous avons donc :

$$M_V - m_V = 4.54$$

ayant évidemment tenu compte de l'extinction lors de notre calcul de la distance moyenne (voir tableau V ; 1ère partie).

La correction bolométrique $M_{bol} - M_V = C.B.$ est négative ou nulle par définition. Cette dernière varie énormément avec la température de l'étoile. Le graphique de la figure 3 donne les calibrations des corrections bolométriques en fonction de la température effective de l'étoile d'après Johnson (1966), Gustafsson (1985) et Vandenberg (1985). Les deux dernières calibrations sont très proches (Fig. 3).

Pour passer au système classique, nous allons prendre la correction bolométrique de Johnson égale à -0.07 pour le soleil. Le graphique de la figure 3 montre que ce problème ne se pose pas pour la correction bolométrique de Vandenberg.

Les températures effectives ont été obtenues à partir de l'indice de couleur (B-V), d'après les calibrations de Johnson (1955) et de Vandenberg (1985), comme le montre le graphique de la figure 4, où nous avons porté en abscisse le paramètre de température $\theta = 5040/T_{eff}$.

A défaut d'avoir pu déterminer la température effective des 52 étoiles de la liste définitive par voie spectroscopique (analyse détaillée), on a jugé intéressant de comparer les deux séries de températures effectives et les deux séries de magnitudes bolométriques obtenues à l'aide des calibrations (B-V, θ_{eff}) et (T_{eff} ; C.B.) de Johnson et Vandenberg.

Nous avons construit le diagramme H-R, une fois avec les températures effectives et magnitudes bolométriques obtenues à partir des

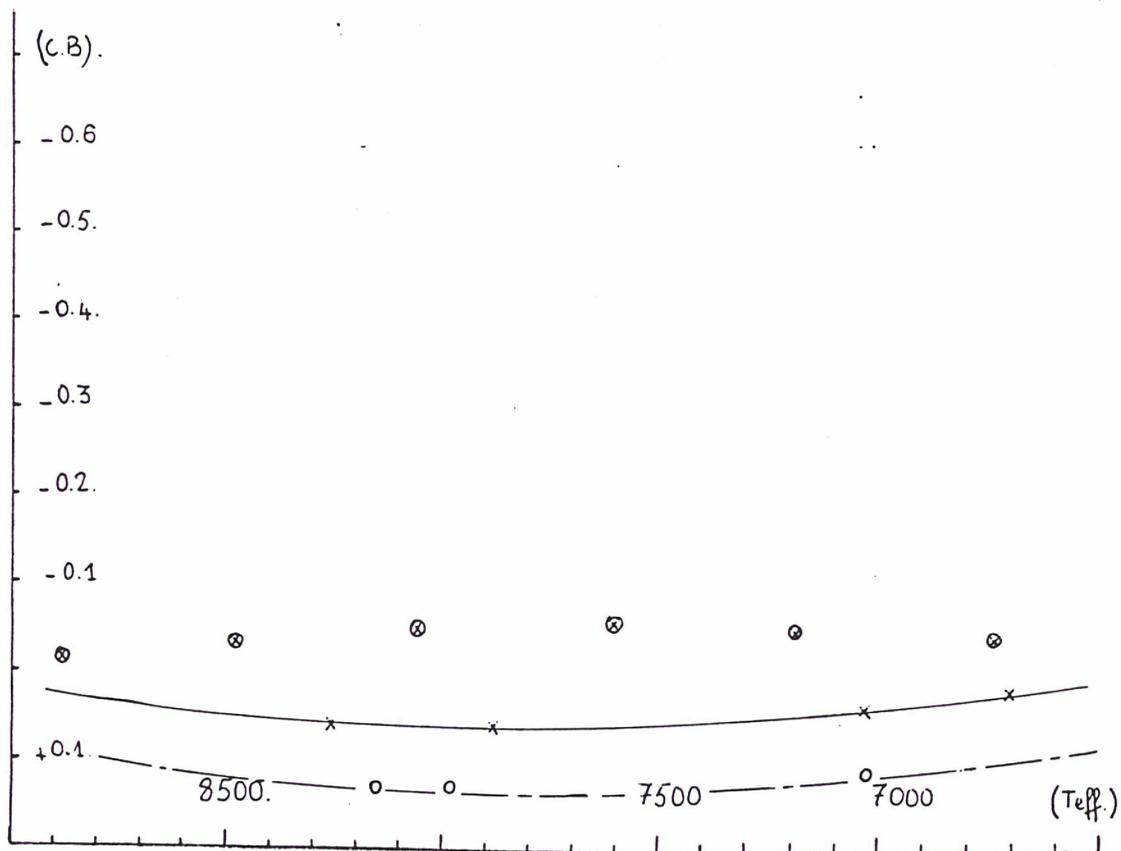
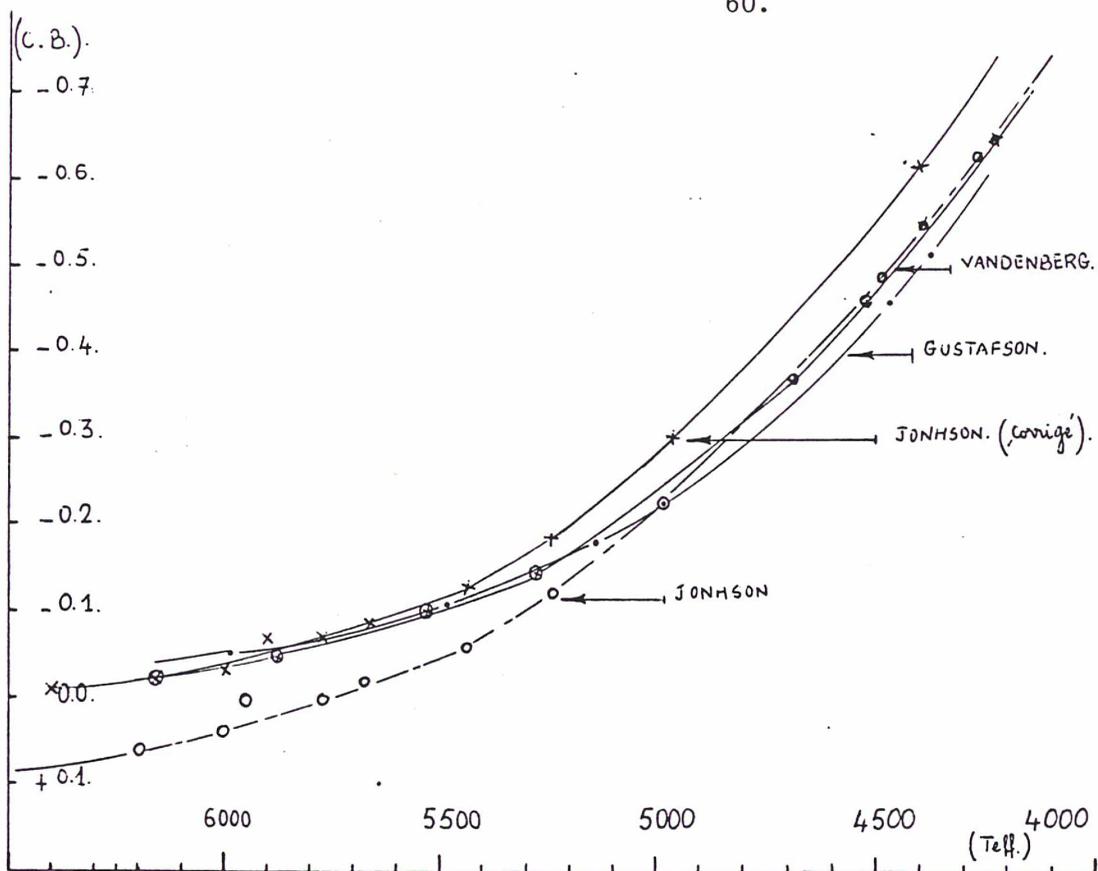


Fig:3 Calibration de la correction bolométrique en fonction de la température éfféctive ($T_{\text{éff.}}$).

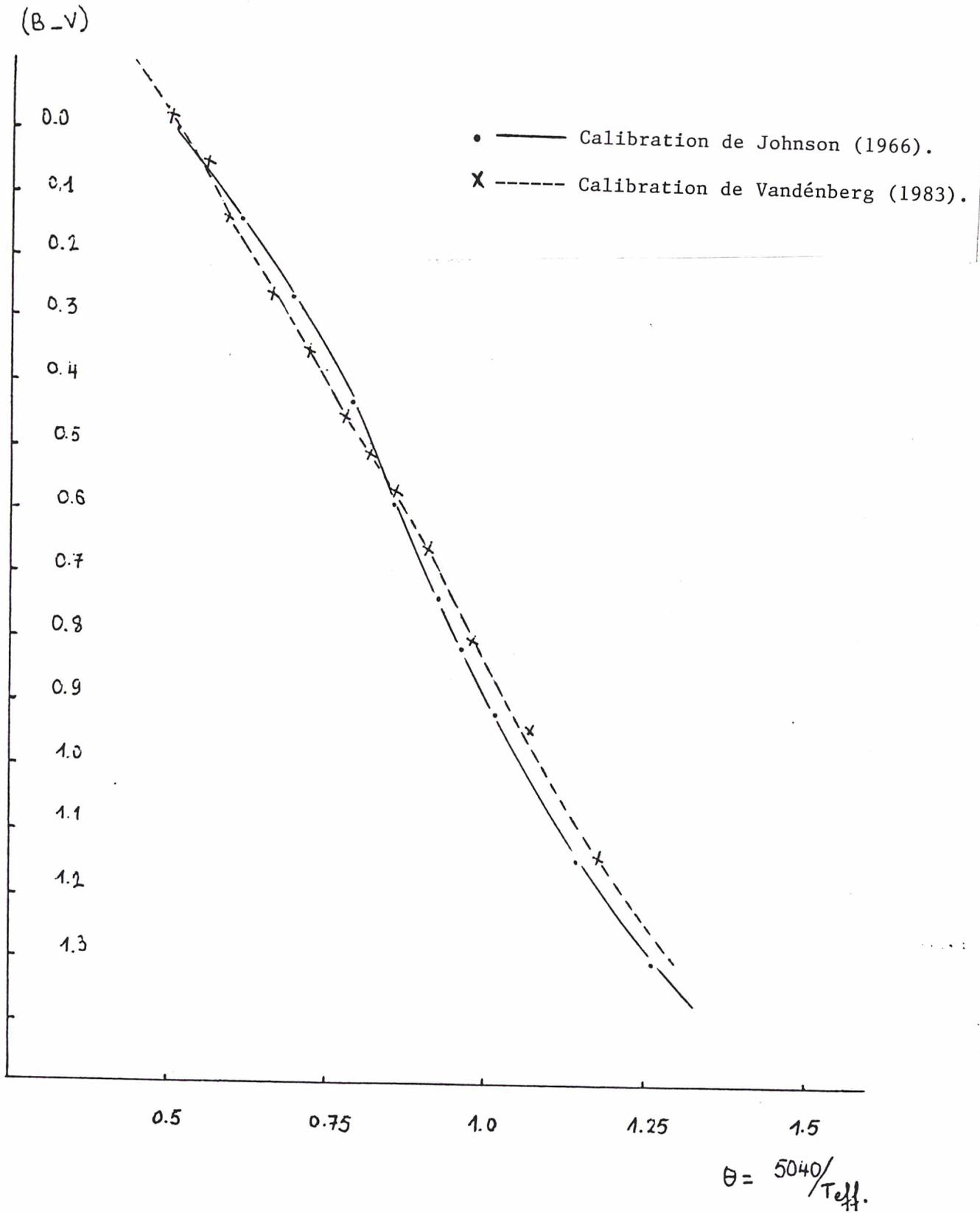


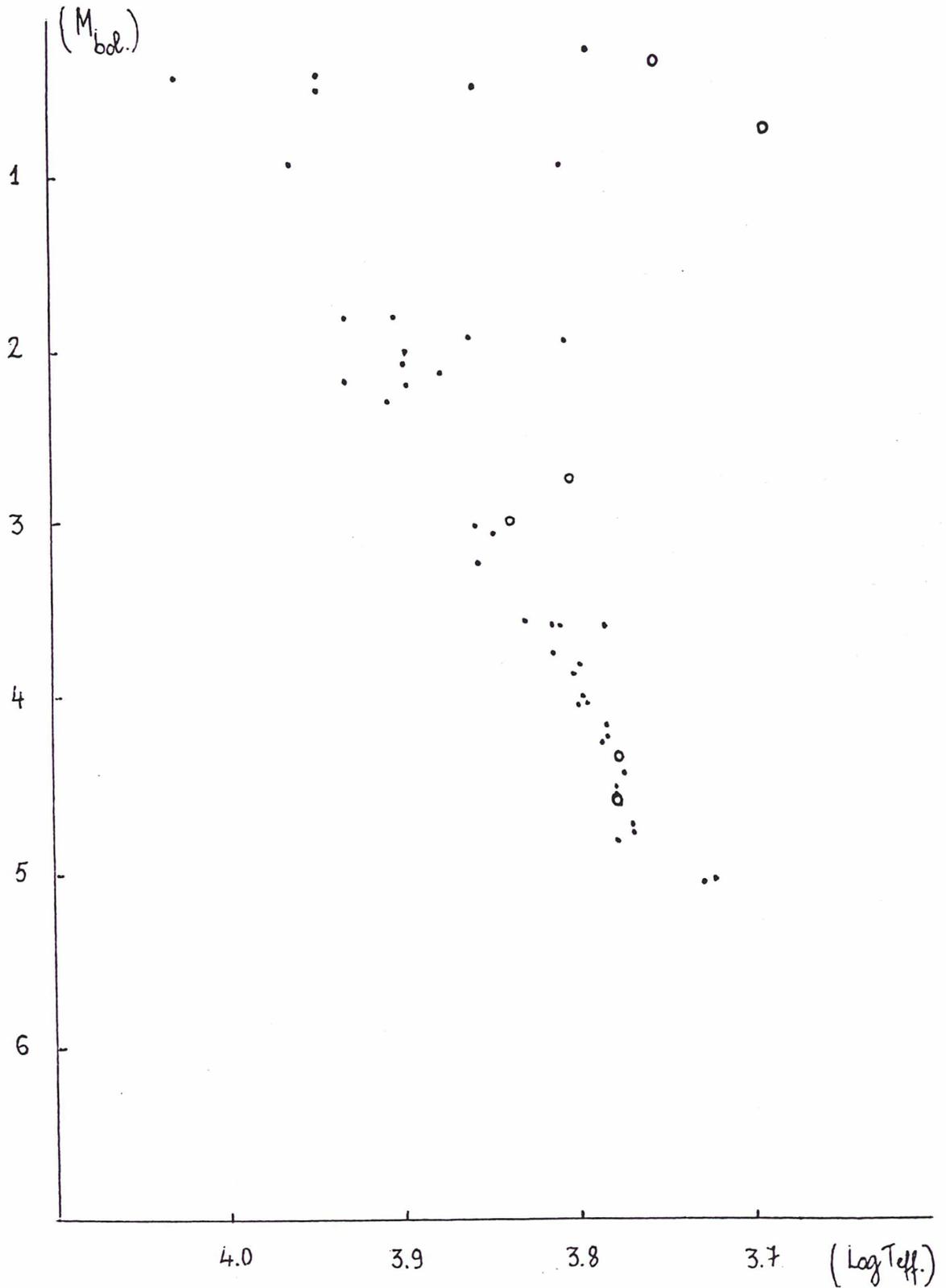
Fig:4 Calibration de la temperature effective en fonction de l'indice de couleur (B-V).

calibrations de Johnson et une autre fois avec celles de Vandenberg. Les graphiques des figures 5 et 6 représentent ces diagrammes observationnels. Le tableau I - Annexe II rassemble toutes les données d'observations et les paramètres physiques nécessaires à la construction de ces deux diagrammes H-R.

B) INTERPRETATION DU DIAGRAMME H-R DE Coma

Etant donné que les calibrations de températures effectives et les corrections bolométriques obtenues par Johnson (1966) reposent sur un matériel inhomogène et ancien, nous avons préféré interpréter seulement le diagramme H-R de Coma obtenu avec la calibration de Vandenberg (1985), d'autant plus qu'il est moins dispersé et correspond mieux à une isochrone d'amas ouvert. Ceci nous fait constater tout d'abord que l'échantillon des 52 étoiles de l'amas Coma, choisi lors de notre étude statistique (1ère partie) est très sûrement un échantillon pur.

La majeure partie des étoiles se groupent le long d'une bande étroite qui constitue la série principale de l'amas. Quelques autres étoiles se trouvent réparties autour du coude (turn-off) de ce diagramme H-R et une minorité s'alignent sur sa branche de géantes. On note cependant que les étoiles (BD : 262343 ; BD : 262347 ;) ne suivent pas l'allure générale du diagramme et se situent au-dessus de la série principale. Des vérifications successives ont montré que ces étoiles, tout en appartenant à l'amas par leurs propriétés cinématiques, sont doubles spectroscopiques. C'est l'effet de leur binarité qui en faussant leurs couleurs, donc aussi leurs indices de couleur, les place au-dessus de la série principale. Certaines autres étoiles mal placées sur le diagramme pourraient être des variables, comme l'étoile (BD : 242464). Celle-ci est décalée de 0.9 magnitude par rapport à la branche des géantes. Elle se situe dans la région d'instabilité du diagramme H-R relative aux céphéïdes et pourraient donc en être une.



Fif:5 Diagramme H-R de l'amas Coma obtenu avec les calibrations de C.B. et T_{eff} de Johnson (1966).

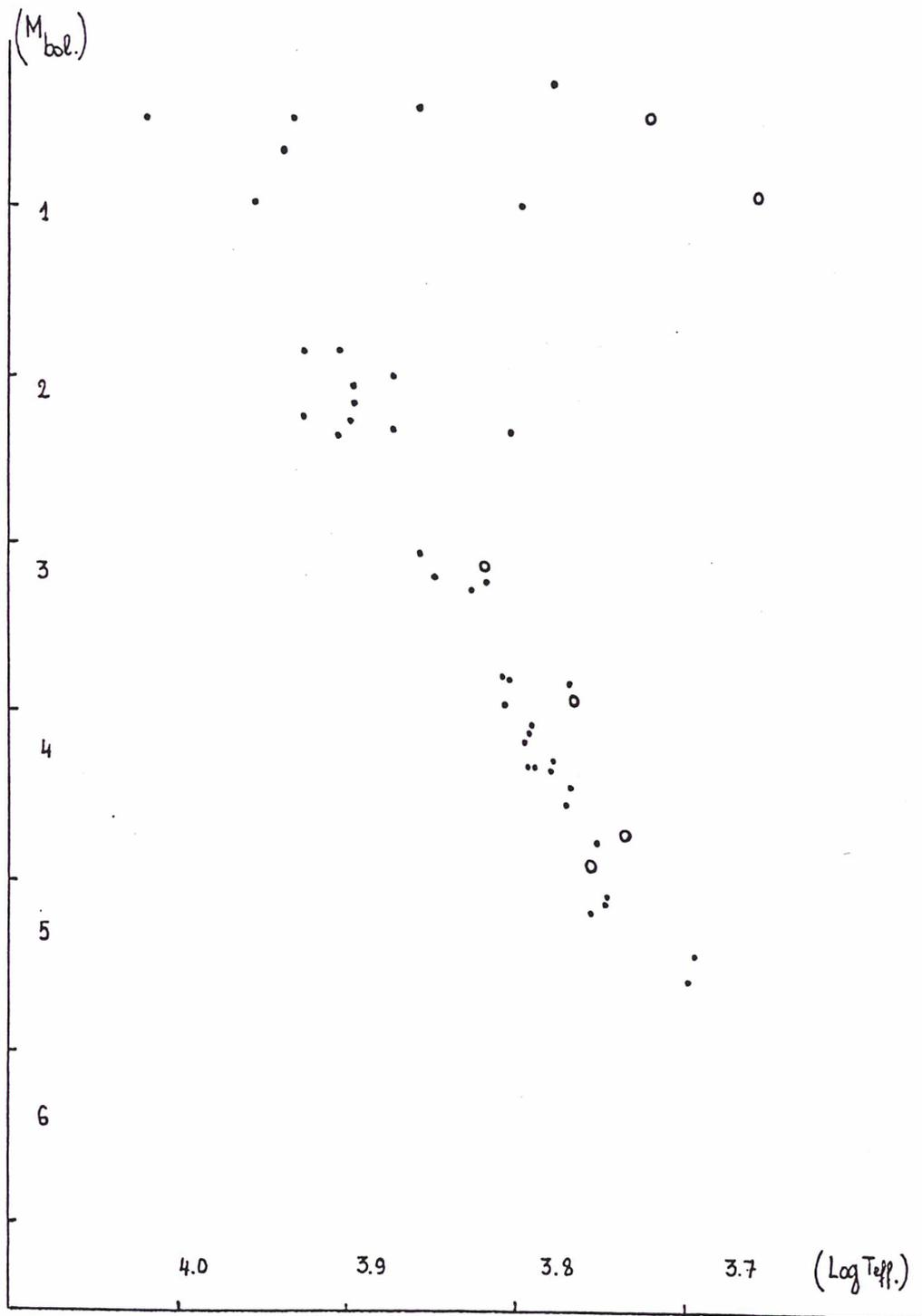


Fig:6 Diagramme H-R de l'amas Coma obtenu avec les calibrations de C.B. et T_{eff} de Vandenberg (1983).

CHAPITRE III

DETERMINATION DES GRANDEURS PHYSIQUES DE L'AMAS

A) - LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'AMAS

Nous espérons pouvoir analyser en détail quelques spectres d'étoiles naines de l'amas Coma afin de connaître leur contenu en métaux. L'année dernière, nous avons établi un programme pour le télescope C.F.H. à Hawaii ; malheureusement, les conditions météorologiques ont empêché de mener à bien ces observations.

Heureusement, il existe une autre manière de connaître le contenu en métaux d'un amas. Il suffit de comparer sa série principale à celles d'autres amas pour lesquels une calibration en abondances en métaux a été possible grâce à une étude détaillée des spectres de quelques étoiles naines de leurs séries principales.

Les calculs de structure interne (Iben (1967) ; Demarque (1975) ; Hejlsen (1975) ; Vandenberg (1985)) montrent que la position de la ZAMS dépend de la composition chimique initiale des modèles d'étoiles qui définissent celle-ci. Cette dépendance est bien illustrée dans le graphique de la figure 7 (X, Y, Z représentent respectivement les abondances en hydrogène (H) en Helium (He) et en éléments lourds pour une masse donnée. Le paramètre (Z) comprend tout élément plus lourd que l'hélium.

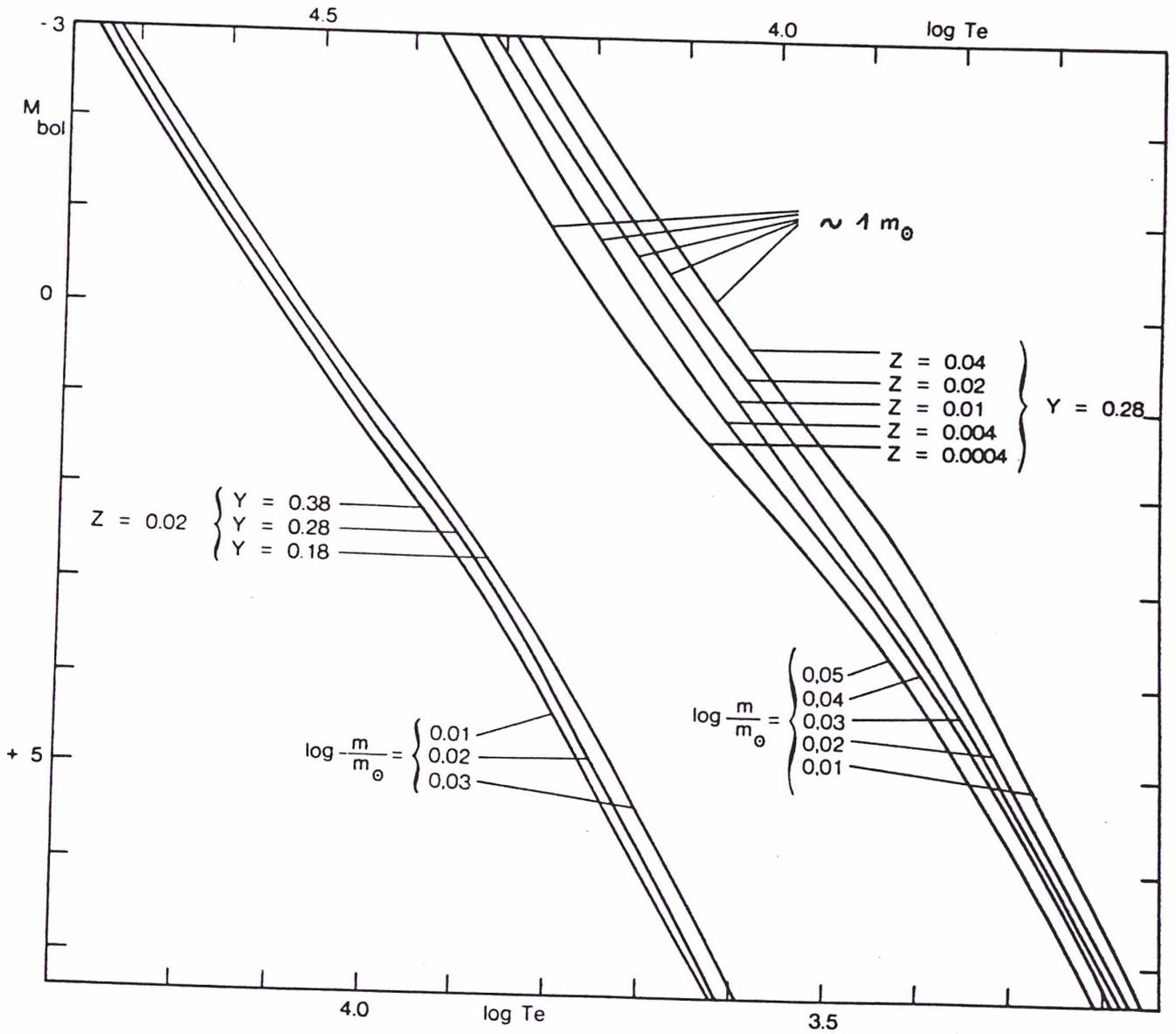


Fig:7 Dépendance de la ZAMS avec la composition chimique.

Ainsi, sur le premier réseau, où seul Y a varié, nous pouvons voir que pour une masse donnée (à peu près égale à $(1m_{\odot})$) le modèle le plus riche en hélium est plus lumineux et plus chaud que les modèles plus pauvres en He (Fig. 7).

Par contre, sur le deuxième réseau, où seul Z a varié, nous pouvons voir que le modèle riche en métaux est moins lumineux et plus froid que les modèles plus pauvres en métaux (Fig. 7).

Nous nous servons de ces résultats de calculs de structure interne pour interpréter le diagramme $(\log T_{\text{eff}}, M_{\text{bol}})$ observationnel de l'amas Coma. Cette interprétation fera intervenir une comparaison entre le diagramme H-R composite des amas Coma, Hyades et Ursa Major et un réseau de trois ZAMS calculé par Vandenberg en 1985 pour une composition chimique solaire ($Y = 0.25$; $Z = 0.0169$), une composition légèrement inférieure quant au contenu métallique ($Y = 0.25$; $Z = 0.01$) (voir figure 8) et une composition légèrement supérieure ($Y = 0.25$; $Z = 0.09$).

Les étoiles portées sur le diagramme composite sont : les étoiles naines de la liste définitive de l'amas Coma (1ère partie), quelques étoiles naines des Hyades et de Ursa-Major (voir table VII). Signalons que pour les étoiles de ces deux derniers amas, leurs températures effectives ont été obtenues directement par une analyse détaillée de leurs spectres et non par une calibration entre $(B-V)$ et T_{eff} , comme dans le cas des étoiles de l'amas Coma.

En comparant sur la figure 8 la position des séries principales des amas étudiés à celle des trois ZAMS, nous pouvons dire qu'il y a un bon accord entre la série de Ursa Major et la ZAMS pauvre en métaux.

La comparaison se fait plus délicate entre les séries principales de l'amas Coma et des Hyades et les ZAMS "normale" et "riche" en métaux. Il existe peut-être une indication que les étoiles de l'amas Coma sont plus proches de la ZAMS "normale", tandis que les Hyades semblent se placer sur une ZAMS à contenu en métaux intermédiaire, entre $Z = 0.0169$ et $Z = 0.03$.

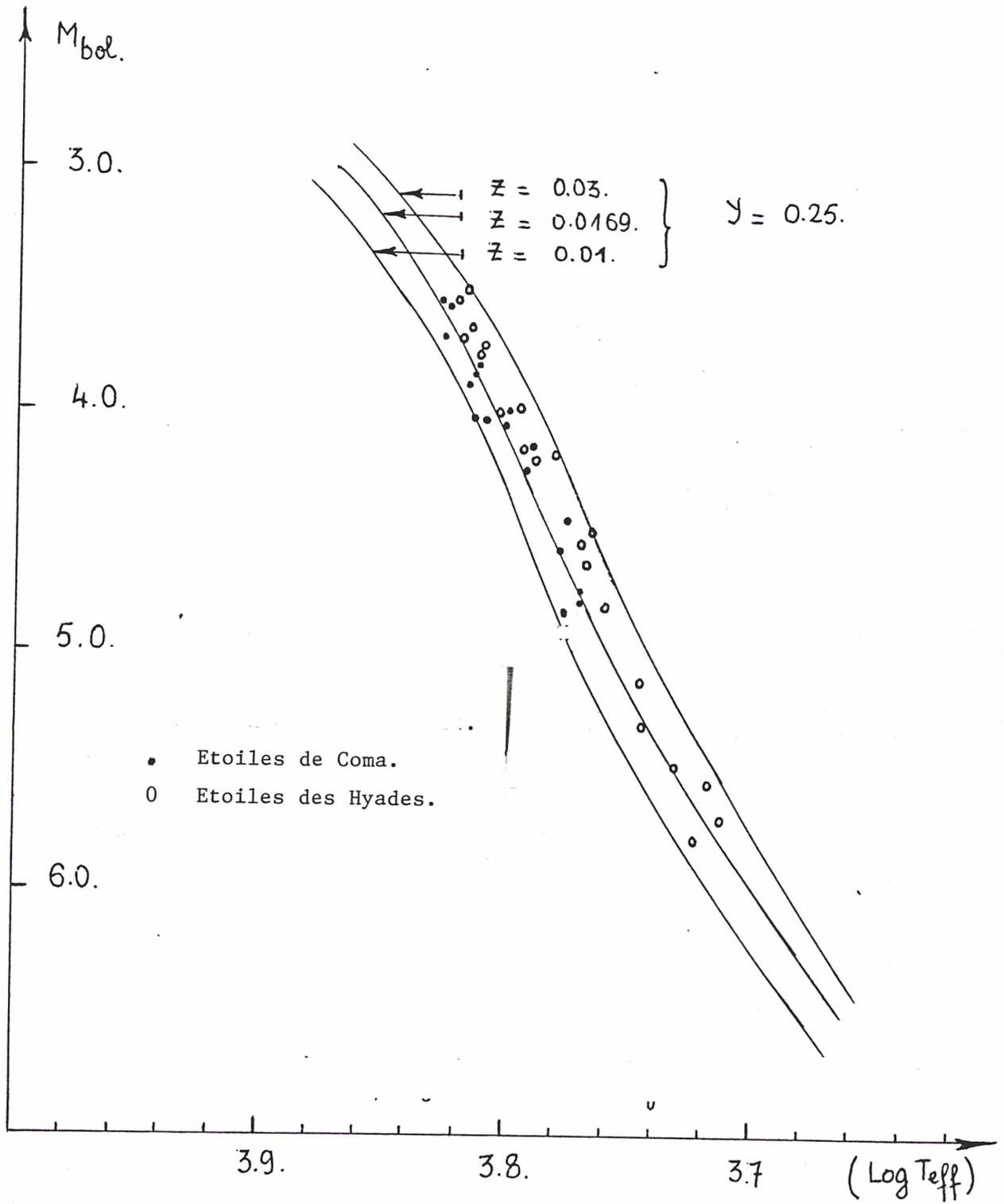


Fig:8 Diagramme composite des trois series principales
 et trois ZAMS des amas: Coma, Hyades, . . .

On doit, cependant, regretter qu'il n'existe pas encore de déterminations d'abondance en métaux pour quelques étoiles naines de l'amas Coma : cela nous permettrait de tester les résultats (obtenus par une voie indirecte) que nous venons d'interpréter.

Dans le prochain paragraphe nous présenterons un diagramme H-R de toutes les étoiles de la liste définitive de l'amas Coma et nous verrons qu'il existe un très bon accord entre l'isochrone observationnelle de l'amas et l'isochrone calculée pour la composition chimique normale (solaire).

Ceci nous fait conclure que très probablement la composition chimique de l'amas Coma est solaire :

$$X = 0.75 ; Y = 0.25 ; Z = 0.0169$$

B) L'AGE DE L'AMAS Coma

Dans ce qui précède, on a vu que la théorie de la structure interne et de l'évolution stellaire sont assez bien connues pour que l'on arrive à calculer des trajets d'évolution qui sont en assez bon accord avec l'observation.

La construction d'une isochrone requiert le calcul d'un réseau de trajets évolutifs. D'un point de vue observationnel, les étoiles d'un amas constituent un échantillon idéal pour l'étude de l'évolution stellaire. En effet, les étoiles d'un amas sont nées, en même temps, d'un nuage chimiquement homogène. Elles sont donc toutes situées pratiquement à la même distance du soleil et ne se distinguent que par leurs masses. Elles représentent alors, une isochrone observationnelle.

Les difficultés rencontrées pour la reproduction d'une bonne isochrone théorique sont :

- a) choix de l'abondance en éléments lourds (Z).*
- b) choix de l'abondance en hélium (Y).*
- c) choix du paramètre de longueur de mélange dans le traitement.*
- d) choix des paramètres définissant les zones convectives.*
- e) choix de la loi d'opacité interne.*
- f) choix du modèle d'atmosphère.*

Sans rentrer trop dans les détails, notons que, pour la détermination de l'âge d'un amas, il est essentiel de bien connaître les positions de la série principale, de son turn-off.

Pour dater un amas stellaire, on confronte son diagramme H-R observé à un réseau d'isochrones théoriques correspondant à différents âges et cela après l'avoir transformé en diagramme (M_{bol} ; $\log T_{eff}$).

La détermination de l'âge se base sur un ajustement vertical de la luminosité qui repose sur une bonne détermination de la distance, et un ajustement horizontal de la température qui exige une bonne correction du rougissement. Dans tous les cas, le point où les étoiles quittent la série principale (turn-off) est l'endroit le plus important de l'isochrone.

Sachant que les étoiles de plus grande masse quittent les premières la série principale, le point correspondant au turn-off sera d'autant moins lumineux et plus froid que l'amas sera plus vieux.

Il existe ici au moins, 3 possibilités d'ajustement :

- a) l'ajustement horizontal de la température pour le "turn-off".*
- b) l'ajustement vertical de la luminosité pour la série principale et le turn-off.*
- c) l'ajustement vertical de la luminosité pour la branche horizontale.*

Pour la détermination de l'âge de l'amas Coma, nous avons tout d'abord tracé, sur le plan ($\log T_{\text{eff}}$, M_{bol}), les isochrones théoriques calculées pour des modèles élaborés par Vandenberg (1985, d'après un préprint soumis à ApJ SS) et correspondant à la composition chimique de l'amas, à savoir (voir Fig. 9) :

$$X = 0.75 ; Y = 0.25 , Z = 0.0169$$

composition chimique qui comme nous l'avons vu correspond à celle du soleil.

Le diagramme H-R observationnel de l'amas a ensuite été superposé à ce réseau.

Afin de pouvoir choisir l'isochrone théorique qui coïncide le mieux avec l'isochrone observationnelle de notre amas, nous n'avons pas tenu compte des étoiles binaires du turn-off (qui présentent des excès de couleur perturbant la lecture de la "bonne" isochrone).

Nous observons alors que les étoiles : (BD : 272134 ; BD : 262344 ; BD : 262337 et BD : 282156), non binaires, suivent l'isochrone théorique $t = 0.5 \times 10^9$ ans. L'âge de l'amas se trouve ainsi estimé.

Il semble intéressant d'observer que les étoiles du turn-off qui suivent l'isochrone de 500 millions d'années, sont toutes des étoiles Ap (particulières) et donc ayant l'âge de cette isochrone.

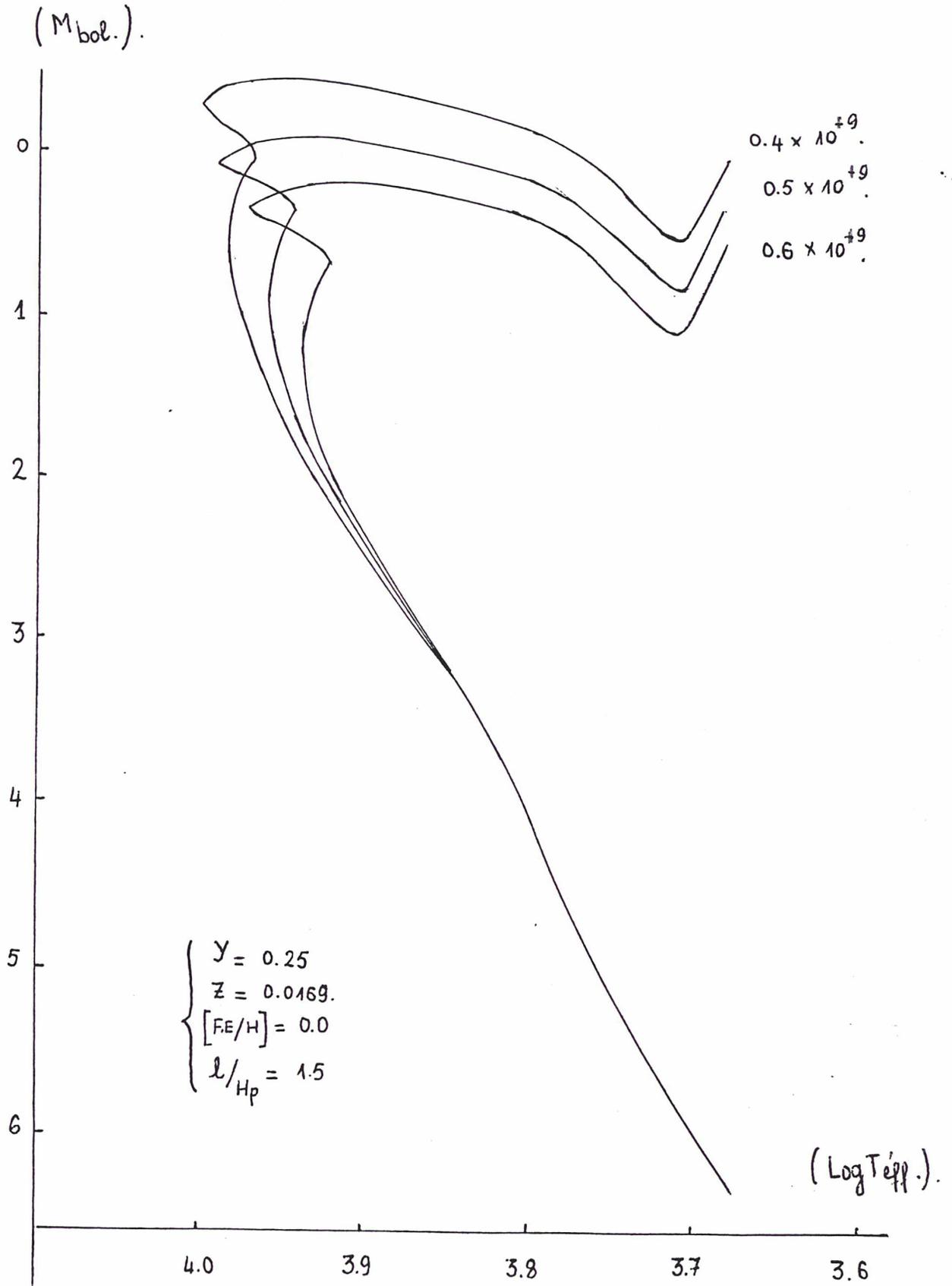


Fig:9 Réseau de trois isochrones d'age (Vandenberg 1986) pour la composition chimique solaire.

Cet état de fait nous a incité à regarder de près comment évolue "la particularité" des étoiles A à l'intérieur de l'ensemble des étoiles A appartenant à notre amas.

Pour ce faire, nous les avons rassemblées dans le tableau II-III - Annexe II ainsi que leurs compagnons quand ceux-ci étaient observés. Les données spectrophotométriques de ce tableau ont été prises dans le "Bright Stars Catalogue".

Nous nous sommes intéressés alors à la distribution des étoiles A (normales), A_m (métalliques) et A_p (particulières), à l'intérieur de chaque intervalle $[A_0 ; A_i]$ où i représente le sous-type spectral. Le même travail ayant été fait pour l'amas des Hyades, légèrement plus âgé que l'amas Coma, soit près de 660 millions d'années (voir Fig. 10).

Nous avons rassemblé les résultats obtenus pour les deux amas dans la table suivante afin de mieux comparer les résultats.

	A_N (normales)		A_m (métalliques)		A_p (particulières)	
	Coma	Hyades	Coma	Hyades	Coma	Hyades
$A_0 - A_2$	0	0	2	5	3	0
$A_2 - A_4$	1	1	1	2	0	0
$A_4 - A_6$	1	1	1	2	0	0
$A_6 - A_8$	2	9	1	0	0	0
$A_8 - A_9$	0	2	0	0	0	0

Nous avons alors constaté, dans un premier temps, que l'amas Coma contenait bien moins d'étoiles A normales que l'amas des Hyades, autant d'étoiles Am (métalliques) et plus d'étoiles Ap (particulères). Ensuite nous avons remarqué que le nombre d'étoiles Ap décroît en partant des sous-types spectraux jeunes aux sous-types spectraux avancés.

Ceci nous permet de dire que, très vraisemblablement, la "particularité" s'observe encore aux alentours de 500 millions d'années alors qu'aux alentours de 660 millions d'années elle a eu le temps de disparaître (voir Fig. 10).

Cette interprétation n'est pas en désaccord avec les estimations des spécialistes des étoiles Ap qui pensent que la "particularité" commence à se former entre 10^4 et 10^5 ans et qu'elle aura tout le temps de se former aux alentours de 10^7 ans et ils n'excluent pas le fait que l'on puisse trouver encore des étoiles Ap âgées de 10^8 ans.

C) FONCTION DE MASSE INITIALE

La fonction de masse initiale représente la répartition des étoiles en fonction de leur masse à l'époque de leur formation. Elle nous permet de comprendre l'évolution chimique et dynamique des systèmes stellaires ainsi que la formation des étoiles elles-mêmes.

A cause du fait que l'on peut dénombrer presque toutes les étoiles de la série principale des amas ouverts, la fonction de masse initiale se voit mieux définie pour ceux-ci que pour les amas globulaires.

Généralement, on l'obtient à partir de la fonction de luminosité, c'est-à-dire de la répartition des étoiles par intervalles de magnitude bien définis. Ce nombre est proportionnel au temps d'évolution des étoiles selon leur masse et de la relation masse-luminosité adoptée.

On admet, jusqu'à présent, que la fonction de masse initiale $N(m)$ est proportionnelle à $m^{-\alpha}$. Salpeter en 1955 a estimé α à 2.35. Taff en 1974, donne, pour 62 amas ouverts, la valeur de 1.75.

Afin de déterminer la fonction de masse initiale de notre amas, nous avons, tout d'abord, adopté la relation masse-luminosité calculée par Vandenberg (1985) pour l'isochrone théorique $t = 0.5 \times 10^9$ ans correspondant à l'isochrone observationnelle de l'amas Coma (voir table VIII et Fig. 11) que nous venons d'obtenir dans le paragraphe précédent.

Nous avons alors partagé le plan ($\log T_{\text{eff}}, M_{\text{bol}}$) en intervalles à l'intérieur desquels la masse peut être considérée comme constante. Ensuite nous avons dénombré les étoiles à l'intérieur de chacun de ces intervalles. Un histogramme est ainsi obtenu (fig. 12a).

Nous avons constaté, aux erreurs de fluctuations près, que la fonction de masse initiale et celle proposée par Salpeter :

$$N(m) = A m^{-\alpha} \quad (10)$$

Afin de calculer les paramètres A et α qui reproduisent le mieux l'histogramme observé, nous avons d'abord fait varier α entre 0.35 et 3.35 (de manière à couvrir largement les deux valeurs α données par Salpeter (1955) et Taff (1974), en adoptant dans un premier temps $A = 1$ (Fig. 12b).

Le tableau II annexe II montre que la meilleure valeur de α est 2.35 pour m d'étoiles comprises entre 1 et $2m_{\odot}$. Miller et Scallo en 1980 donnent les valeurs de α suivantes :

$$\begin{aligned} \alpha &= 1.25 \quad \text{pour } 0.4 < m \leq 1.0 \\ \alpha &= 2 \quad \text{pour } 1.0 < m \leq 2.0 \\ \alpha &= 2.3 \quad \text{pour } 2.0 < m \leq 10.0 \\ \alpha &= 3.3 \quad \text{pour } 10.0 < m \leq 50. \end{aligned}$$

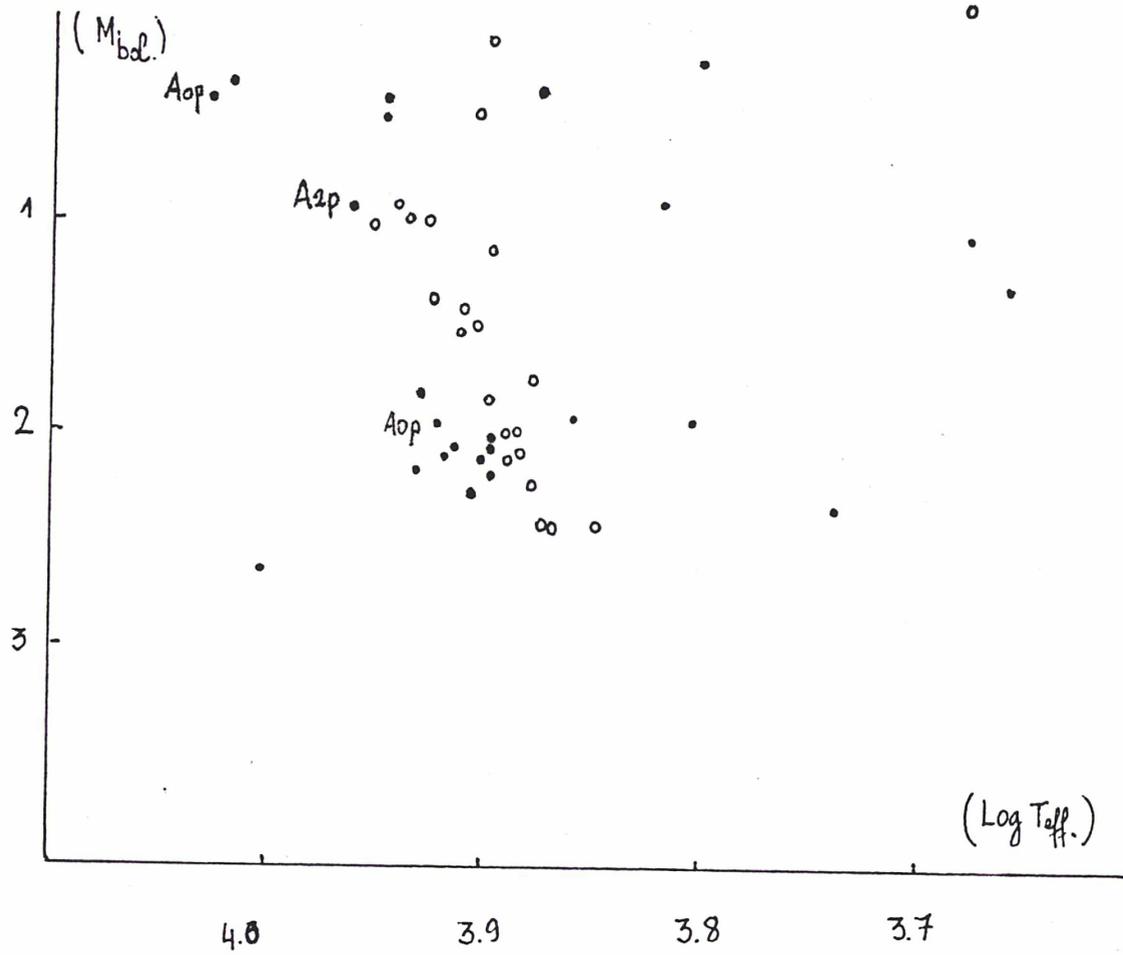


Fig:10 Diagramme composite des Turn-off des Hyades et de Coma.

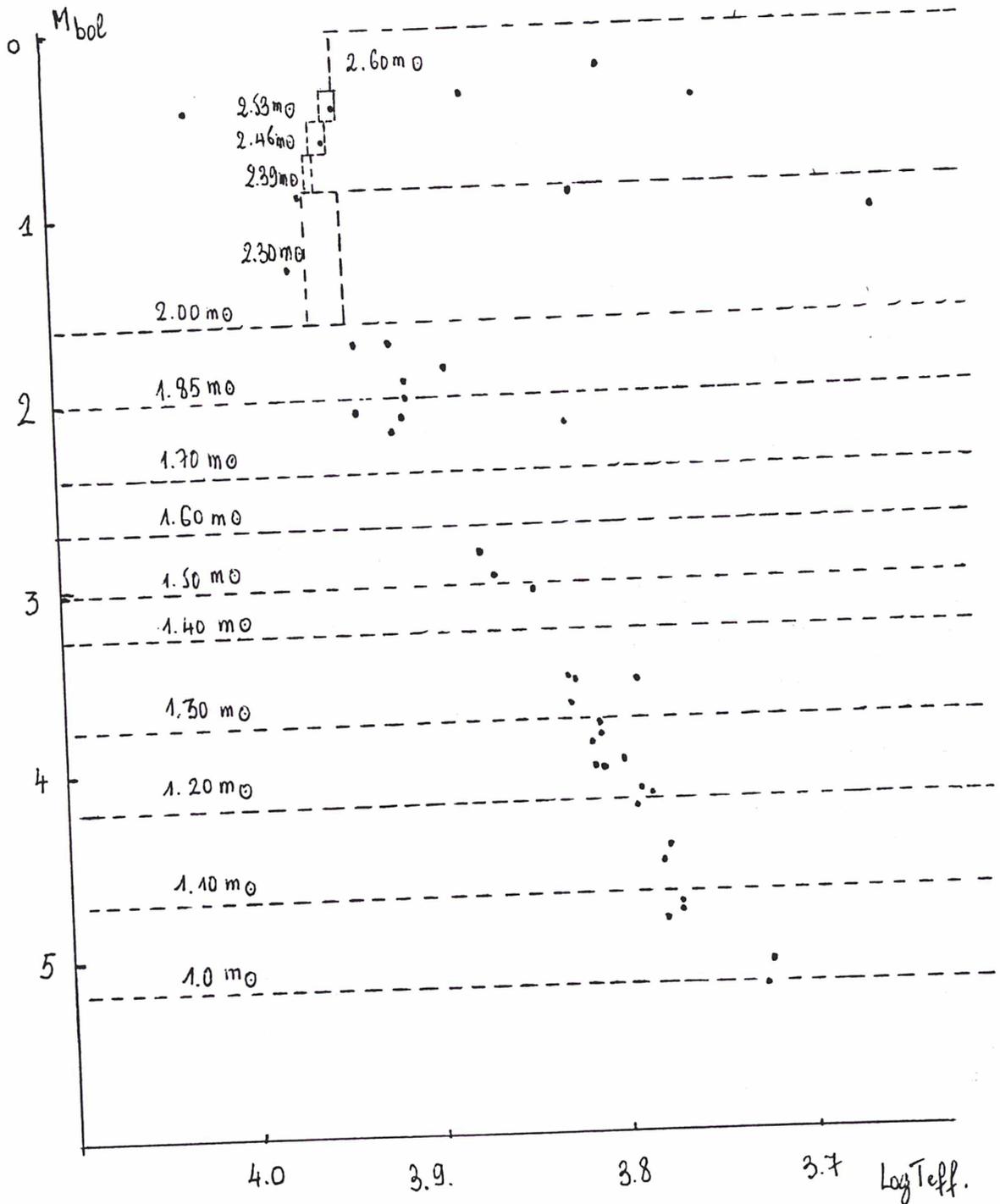


Fig:11 Repartition de la fonction de luminosité dans le plan (M_{bol} , $LogTeff$) obtenu par Vandenberg (1986) pour la composition chimique solaire et pour l'isochrone : 0.5×10^9 ans.

Un réseau de valeurs de $N(m)$ a ensuite été calculé pour différentes valeurs du coefficient de proportionnalité A ($A = 12, 14, 15, 16$).

Après superposition avec l'histogramme observé, on observe que la fonction de masse initiale qui répond le mieux à l'observation est :

$$N(m) = 15 \times m^{-2.35} \quad (\text{Fig. 12c})$$

Signalons que la masse limite détectable dans l'amas Coma est de l'ordre de $1 m_{\odot}$ puisque notre étude a été limitée aux étoiles de l'amas plus brillantes que la magnitude absolue visuelle 5.5, faute de n'avoir pu trouver, dans la bibliographie générale, de données photométriques pour certaines étoiles du tableau III relatif à la liste définitive de l'amas Coma, et d'autre part, à cause du fait que le catalogue photométrique de Mermilliod ne nous a fourni les indices de couleur que pour les étoiles ayant une magnitude visuelle plus brillante que 9.5.

D) DISTANCE DE L'AMAS Coma

Dans ce paragraphe, on se propose de comparer le module de distance de l'amas Coma obtenu par voie astrométrique (1ère partie) au module de distance qu'on déterminera par voie astrophysique et cela en comparant dans le plan $(B-V, V)$, la série principale de notre amas à une série principale standard obtenue à partir de quelques étoiles du champ ayant une assez bonne parallaxe. Ces étoiles ont été observées par G. Cayrel en 1983. On se limitera à la région de la série principale, où sur une même verticale on peut rencontrer à la fois des étoiles du champ et celles de l'amas et cela dans le souci de mieux comparer les deux séries principales. Le tableau VI - Annexe II rassemble les données d'observation de ces étoiles. Sur la Fig. 13 nous avons tout d'abord ajusté, par moindres carrés, la droite $y = 6.04 x + 5.72$ au nuage de points définissant la série principale de l'amas Coma. Ensuite pour déterminer la droite $y = 6.04 x + 1.16$ correspondant au nuage de points définissant la série principale standard, nous avons adopté la même pente que

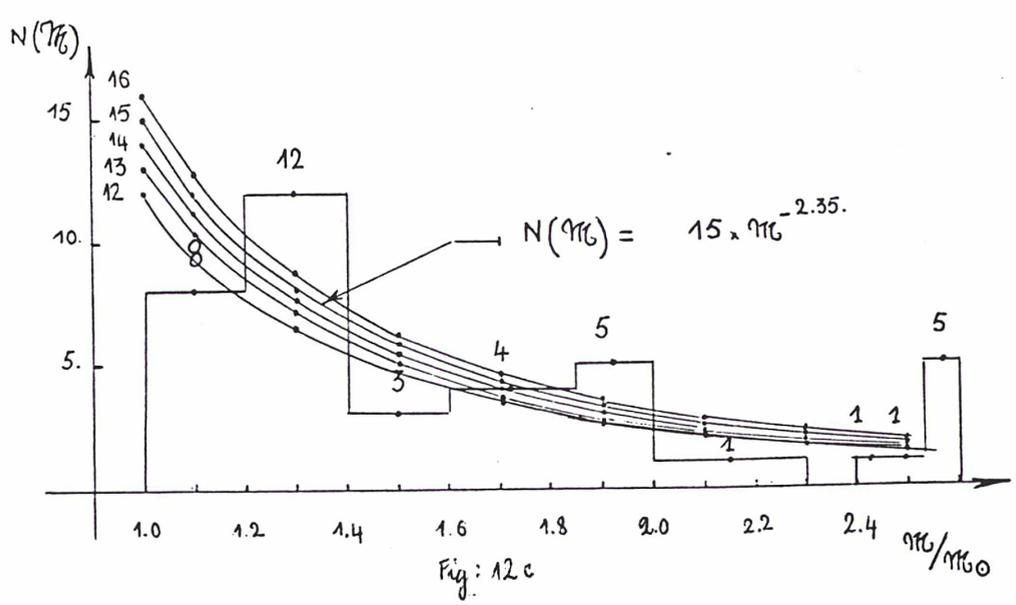
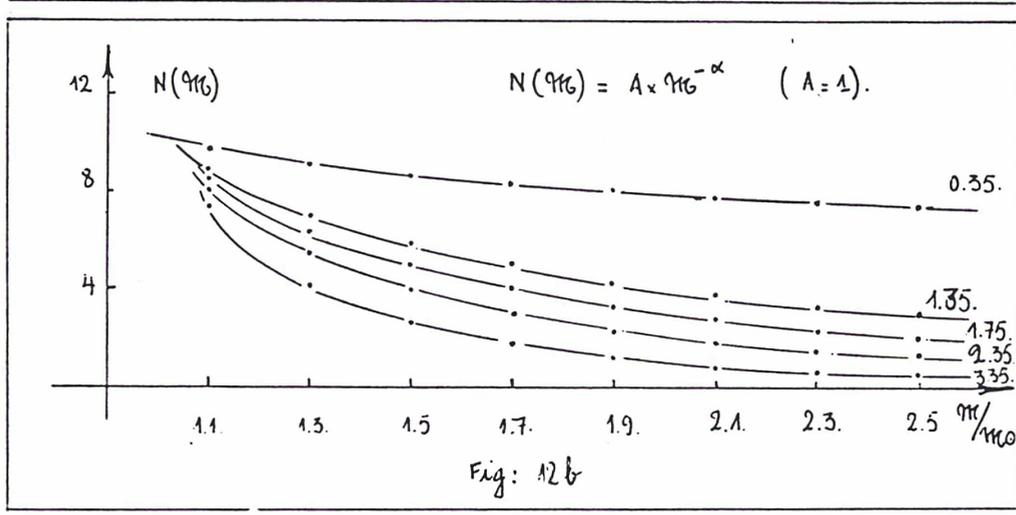
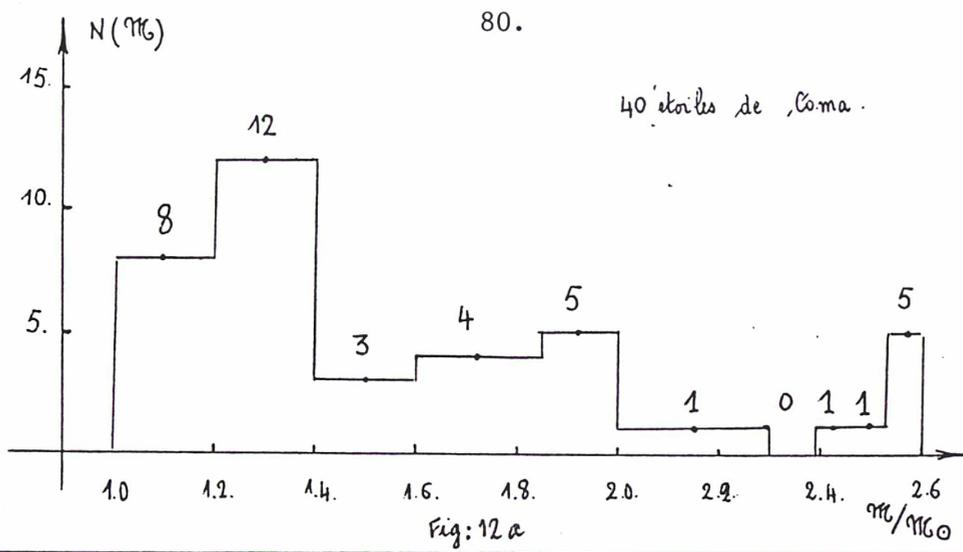


FIGURE:12

- Fig:12a Histogramme des masses des etoiles de Coma.
- Fig:12b Fonction de masses initiale pour differentes valeurs de α et pour $A=cte.$
- Fig:12c Fonction de masses initiale pour differentes valeurs de A et pour $\alpha = 2.35.$

la droite qui représente la série principale de l'amas Coma et cela parce que les deux séries principales doivent être à priori parallèles. L'ordonnée à l'origine a été obtenue par moindres carrés.

Le module de distance représente alors la différence des deux ordonnées à l'origine soit :

$$m_V - M_V = 5.72 - 1.16 = 4.56 \text{ (Fig. 13)}$$

Ce qui est peu différent du module de distance de l'amas obtenu par voie astrométrique (1ère partie) et qui était de :

$$m_V - M_V = 4.54.$$

E) - COMPARAISON DES RESULTATS AVEC LES ETUDES PRECEDENTES

Grandeurs	Notre étude.	Etudes précédentes.
Coordonnées du centre (α, δ) _c	$\alpha_c = 12^h 21^m 55^s$ $\delta_c = +26^\circ 47' 30''$	$\alpha_c = 12^h 18^m$ $\delta_c = +26^\circ 30''$
$\overline{\mu_\alpha \cos \delta}$, $\overline{\mu_\delta}$	-0.018, -0.017.	-0.013, -0.017.
M_{tot}	0.026"/an.	0.021"/an.
Vitesse radiale V_R	-0.6 km/s.	-0.4 km/s.
Diamètre angulaire	10° (14 pc).	8° (~11 pc).
Distance	81 pc.	(75, 80, 85) pc.
Composition chimique	$[Fe/H]_{sp} = 0 \pm 0.03$	$[Fe/H]_{ph} = -0.09 \pm 0.03$
Age	0.6×10^9 ans	$10^9 (0.2, 0.55, 0.66)$ ans
Fonction de masse initiale	$N(M_0) = 15 \times M_0^{-2.55}$	$\alpha = 2.75$; $\alpha = 2$.
Densité	$\psi_x(1^\circ) = 1.84$; $\psi_x(2^\circ) = 0.28$ $\psi_x(5^\circ) = 0.052$	
Masse totale	$90 m_\odot < m < 120 m_\odot$	$\leq 70 m_\odot$

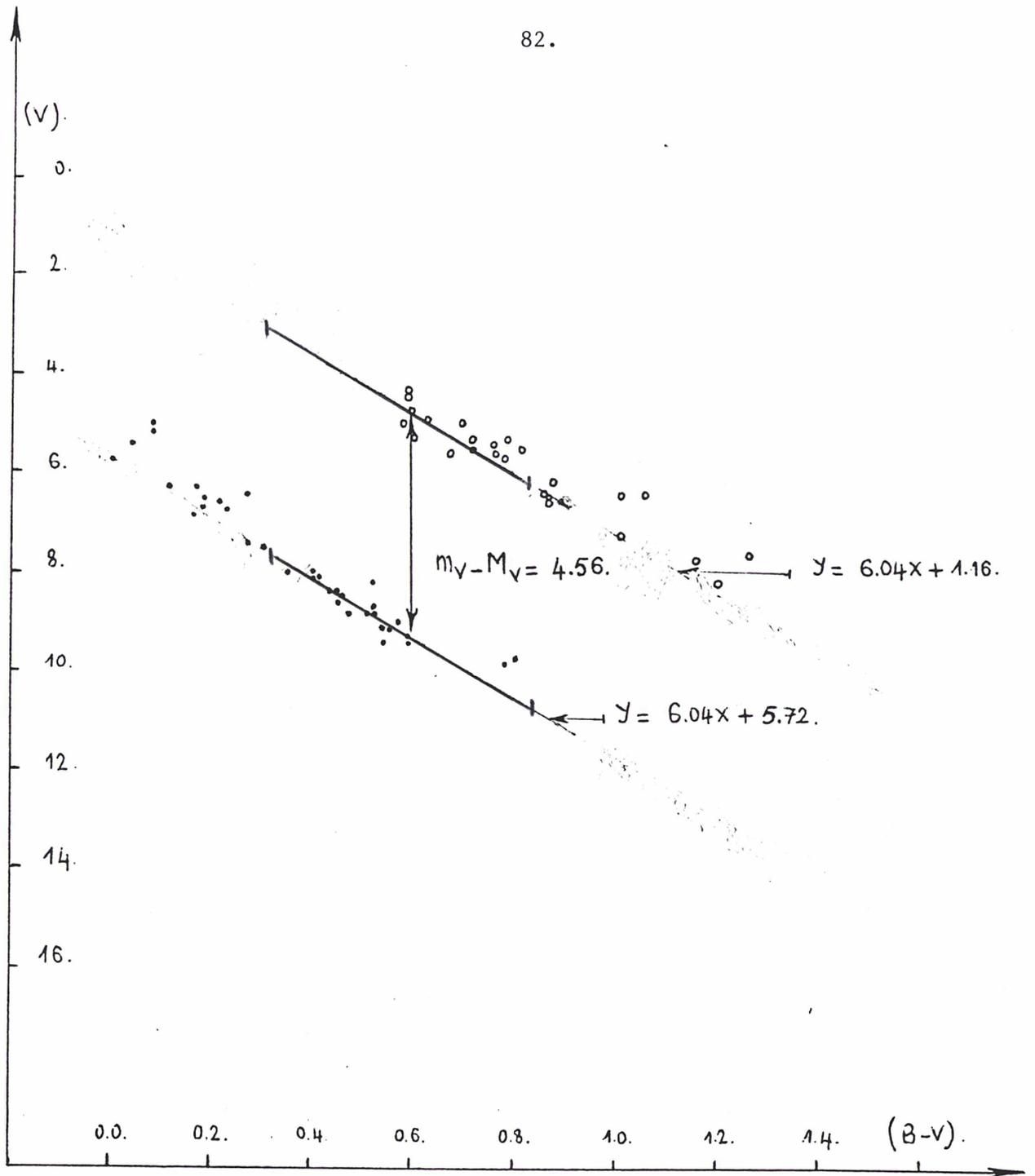


Fig:13 Ajustement de la serie principale de l'amas Coma a une serie principale standard.

CONCLUSION

Nous avons proposé une liste de 45 étoiles qui peuvent être considérées comme des membres quasi-certains de l'amas, et une autre de 25 étoiles qui en sont très probablement membres.

Cette liste ayant été limitée à la magnitude apparente visuelle 11.5 par l'utilisation du catalogue AGK3, il serait donc nécessaire de l'enrichir en recensant les étoiles membres de l'amas ayant une magnitude apparente visuelle inférieure à 11.5.

Ceci nous permettra, entre autre, de connaître la fonction de masse initiale pour des étoiles de masse inférieure à $1m_{\odot}$ et de connaître la masse limite m_l observée de cet amas.

En établissant cette liste, nous avons observé l'existence d'un groupe de 14 étoiles qui semblent avoir des propriétés communes. Il est opportun d'établir un programme d'observation (parallaxe, vitesse radiale, composition chimique) de ces étoiles afin de mieux les étudier.

Ensuite, nous avons construit le diagramme H-R pour la population brillante de Coma (Fig. 6 2ème partie) et estimé les grandeurs suivantes :

- Distance de l'amas,*
- Diamètre de l'amas,*
- L'âge de l'amas,*
- Composition chimique de l'amas.*

Madame CAYREL a récemment obtenu des spectres de quelques étoiles froides de l'amas Coma. La composition chimique de ces étoiles, déterminée à partir de ces spectres fournira un élément de comparaison avec nos résultats.

Nous avons pu enfin aborder le problème de la fonction de masse initiale de l'amas.

Après une étude comparative du diagramme H-R de l'amas de Coma et des Hyades, nous avons pu constater quelques caractéristiques concernant les étoiles Ap. Il serait intéressant de vérifier si les résultats obtenus pour l'amas Coma peuvent être étendus à d'autres amas galactiques.

A N N E X E I



TABLEAU I	:	<i>Compromis de KING de la distribution des mouvements propres des étoiles de l'amas NGC 4103 et celle du champ.</i>	11
TABLEAU II	:	<i>Probabilité d'appartenance à l'amas Coma.</i>	87
TABLEAU III	:	<i>Compromis de la distribution des mouvements propres de l'amas Coma et celle du champ.</i>	12
TABLEAU IV	:	<i>Groupe des 14 étoiles.</i>	15
TABLEAU V	:	<i>Liste des 110 étoiles plus les 17 étoiles du champ proches des valeurs extrêmes de la distribution de l'amas.</i>	91
TABLEAU VI	:	<i>Liste définitive des étoiles de l'amas appartenant à la région centrale.</i>	97
TABLEAU VII	:	<i>Liste des étoiles appartenant au catalogue photométrique de Mermilliod et ne figurant pas dans l'AGK3.</i>	99
TABLEAU VIII	:	<i>Liste du groupe des 14 étoiles plus 10 étoiles qui leurs sont proches en mouvements propres.</i>	100
TABLE 1, . . . , 24		<i>Test de χ^2 relatifs à différents distributions.</i>	101
TABLE 25		<i>Répartition des étoiles suivant des secteurs pour la détermination de l'apex et du vertex.</i>	99
TABLE 26		<i>Calcul de densité projeté des étoiles de Coma.</i>	103
TABLE 27		<i>Calcul de densité projeté dans l'hypothèse de 3 sphères constantes.</i>	103
TABLE 28		<i>Répartition projetée observée des étoiles de Coma.</i>	43

Tableau: -II- (debut).

	BD.	μ_i	ν_i	μ_T	Φ_i^c	Φ_i^a	P_i^a	Rq.
1	28 2120	+1	-3	0.003	44521.52	46511.77	0.5109	
2	25 2474	+5	+2	0.005	71974.40	72860.45	0.5030	
3	28 2094	+2	-6	0.006	39981.00	47942.30	0.5400	
4	24 2470	+6	+3	0.007	78957.24	80449.69	0.5062	
5	26 2327	-5	-6	0.008	24162.33	32125.36	0.5707	
6	27 2156	+1	-8	0.008	5398.75	47642.66	0.5872	
7	29 2293	-7	-6	0.009	20763.76	28728.12	0.5805	
8	29 2271	-5	-8	0.009	20379.79	34535.07	0.6289	
9	29 2292	+10	-1	0.010	78161.92	78488.82	0.5000	
10	26 2318	-10	-2	0.010	26663.40	27553.46	0.5082	
11	27 2119	-5	-9	0.009	19903.71	36718.60	0.6613	
12	30 2264	-5	-7	0.012	21667.01	33003.99	0.6000	
13	30 2250	-6	-11	0.012	14521.97	41283.66	0.7398	
14	29 2301	+12	-2	0.013	82740.34	83635.24	0.5027	
15	24 2445	-10	-8	0.013	12793.58	26453.18	0.6781	
16	23 2435	-10	-8	0.013	12793.58	26453.18	0.6781	
17	23 2447	-10	-9	0.013	11217.54	29136.71	0.7200	
18	24 2444	-13	+1	0.013	33539.63	33570.52	0.5010	
19	30 2279	-10	-9	0.013	11217.50	29136.71	0.7200	
20	25 2516	-8	+12	0.014	91115.85	122465.68	0.5744	
21	28 2097	-7	-12	0.014	11457.70	43786.68	0.7857	Com
22	30 2287	+2	-14	0.014	21724.03	73140.46	0.7105	
23	30 2290	-1	-14	0.014	22329.25	65675.46	0.7462	
24	24 2434	+2	-14	0.014	29794.03	43140.46	0.7105	
25	27 2117	-12	-5	0.014	15699.52	21226.08	0.5750	

Tableau: -II (suite).

	BD	μ_i	ν_i	μ_T	Φ_i^c	Φ_i^a	P_i^a	Rq.
26	25 2528	-14	+1	0.014	32550.67	32783.09	0.5017	
27	24 2448	-14	-6	0.015	12612.04	20664.85	0.6195	
28	25 2517	-10	-11	0.015	8615.77	35461.13	0.8030	Com
29	23 2448	-15	-7	0.016	10028.08	20877.86	0.6700	
30	26 2347	-12	-12	0.017	5555.29	37449.72	0.8702	Com
31	27 2116	-14	+10	0.017	73213.58	95340.23	0.5600	
32	27 2147	+3	-17	0.017	32209.40	96123.88	0.7490	
33	24 (13021663)	+5	-17	0.018	38136.11	101951.00	0.7283	
34	27 2142	-12	+14	0.018	98449.04	141813.48	0.5902	
35	29 2266	-19	+1	0.019	30426.53	30668.44	0.5019	
36	25 2523	-18	-6	0.019	10749.17	18750.14	0.6353	Com
37	27 2109	-18	-5	0.019	12956.48	18730.14	0.6100	
38	29 2267	-18	-7	0.019	9753.60	1960.77	0.6913	Com
39	27 2120	-15	+13	0.020	89882.89	127270.83	0.5860	
40	27 2151	-13	-15	0.020	66196.11	115465.44	0.6366	
41	28 2093	+10	-18	0.021	55040.98	126700.57	0.6971	
42	26 2361	-21	-3	0.021	17717.88	19933.62	0.5267	
43	27 2139	-16	-14	0.021	1391.32	44752.20	0.9698	Com
44	25 2511	-12	-18	0.021	4304.43	38469.55	0.9464	Com
45	26 2336	-11	-18	0.021	5336.15	76946.95	0.9352	Com
46	25 2514	-13	-18	0.022	3944.08	35057.64	0.9567	Com
47	28 2089	+6	-21	0.022	43653.01	141183.93	0.7638	
48	26 2352	-20	-12	0.023	1691.15	33550.31	0.9523	Com
49	26 2343	-21	-9	0.023	5209.12	23448.04	0.8166	Com
50	27 2122	-10	-21	0.023	9615.77	106230.36	0.9243	Com

Tableau: - II - (Suite).

	BD	μ_i	ν_i	μ_T	Φ_i^c	Φ_i^a	P_i^a	Rq.
51	24 24 72	-22	-7	0.023	9753.60	19617.47	0.5703	
52	25 24 86	-8	-22	0.023	125121.91	119564.05	0.9051	Com
53	26 23 26	-15	-18	0.023	1937.53	73604.31	0.9743	Com
54	25 24 83	-20	-13	0.024	945.65	38343.65	0.9759	Com
55	26 23 23	-16	-18	0.024	1391.32	73059.89	0.9813	Com
56	26 23 53	-14	-19	0.024	3130.48	92978.28	0.9656	Com
57	27 21 30	-18	-16	0.024	142.76	56876.77	0.9957	Com
58	23 24 75	-2	-24	0.024	26388.06	153772.90	0.8535	
59	25 25 08	-21	-11	0.024	2687.49	29472.46	0.9164	Com
60	26 23 40	-14	-19	0.024	3130.47	82478.28	0.9636	Com
61	28 21 16	+8	-23	0.024	52789.22	169723.48	0.7629	
62	28 21 23	-18	-18	0.025	663.05	72335.52	0.9909	Com
63	27 21 17	-23	-9	0.025	5694.74	23638.62	0.8058	
64	29 22 84	-11	-23	0.025	10064.31	127061.74	0.9266	Com
65	25 24 95	-17	-18	0.025	966.49	72636.95	0.9869	Com
66	24 24 57	-16	-20	0.026	2652.19	91428.40	0.9717	Com
67	24 24 60	-25	-8	0.026	8241.95	20431.64	0.7313	
68	25 24 63	-25	-8	0.026	8241.95	20431.64	0.7313	
69	27 21 08	-13	-23	0.026	8132.33	125122.43	0.9300	Com
70	27 21 38	-23	-12	0.026	2227.76	34103.93	0.9387	Com
71	27 21 27	-5	-26	0.026	24162.38	173663.82	0.8779	
72	27 21 34	-24	-11	0.026	3597.84	30340.57	0.8941	Com
73	29 22 77	-24	-9	0.026	6119.57	24066.15	0.7972	
74	30 22 81	-17	-20	0.026	2227.76	90705.51	0.9760	Com
75	24 24 52	-26	+2	0.026	36228.19	27151.68	0.5061	

	BD	μ_i	ν_i	μ_T	Φ_i^c	Φ_i^a	P_i^a	Rq.
76	27 21 08	-13	-23	0.026	8282.33	125122.43	0.9390	Com
77	23 24 67	+20	+18	0.027	18104.18	21694.58	0.5450	
78	24 24 62	-27	-4	0.027	218566.81	290243.66	0.5700	
79	27 21 28	-26	-7	0.027	10645.67	21571.08	0.6685	
80	28 21 14	+27	-5	0.027	146777.17	152347.94	0.5093	
81	28 21 54	-26	-9	0.027	7333.76	25285.69	0.7752	
82	29 22 80	-23	-14	0.027	966.49	44343.06	0.4787	Com
83	25 25 24	-26	-10	0.028	5967.42	28121.68	0.8249	
84	26 23 30	-28	+1	0.028	34249.98	34516.21	0.5019	
85	25 24 92	-26	-10	0.028	5967.42	28121.68	0.8249	
86	24 24 64	-26	-10	0.028	5967.42	28121.68	0.8249	
87	25 25 26	-28	+5	0.028	50220.94	55794.86	0.5263	
88	24 24 43	-28	-8	0.029	10608.75	24807.68	0.7004	
89	26 23 45	-17	-23	0.029	5694.74	122701.74	0.9556	Com
90	26 23 55	-23	-18	0.029	966.49	72650.76	0.9869	Com
91	25 24 94 8	-23	-17	0.029	651.28	64545.16	0.9900	Com
92	28 21 15	-23	-18	0.029	966.49	72650.76	0.9869	Com
93	26 23 56	+27	-14	0.030	134483.70	173771.85	0.5644	
94	26 23 44	-26	-15	0.030	2289.90	52088.58	0.9248	Com
95	28 21 09	-15	-26	0.030	12024.45	16137.39	0.9307	
96	27 21 29	-26	-15	0.030	2239.90	72650.76	0.9869	Com
97	29 22 69	-23	-19	0.030	1491.85	81358.81	0.9820	
98	28 21 53	-30	+3	0.030	44000	46042.13	0.5113	
99	24 24 67	+12	-29	0.031	79903.59	265902.06	0.7689	
100	25 25 22	-30	-7	0.031	14579.81	25468.09	0.6359	

Tableau : - II - (suite).

	BD	μ_i	ν_i	M_T	Φ_i^F	Φ_i^A	\mathcal{P}_i^A	Rq.
101	25 24 32	-12	-24	0.031	216 41.32	207 639.99	0.9056	
102	28 20 87	-31	-4	0.031	224 73.85	260 67.55	0.5370	
103	28 20 95	-27	-15	0.031	3078.86	32 880.40	0.9450	
104	29 22 87	-12	-29	0.031	216 41.32	207 639.99	0.9056	
105	24 24 65	+12	-29	0.031	79903.39	265 902.06	0.7689	
106	25 25 13	+3	-31	0.031	55746.05	267275.42	0.8279	
107	26 23 31	+5	-31	0.031	61572.26	274102.54	0.8166	
108	26 23 14	-21	-24	0.032	6785.30	134195.28	0.4519	
109	29 22 90	-30	-12	0.032	7750.12	39 648.02	0.8365	
110	24 24 53	-31	-12	0.033	9624.60	40 926.01	0.8193	
111	25 21 52	-35	-4	0.033	25386.94	28988.01	0.5351	
112	30 22 69	+5	-34	0.034	71974.40	327629.68	0.8199	
113	25 24 945	-34	+1	0.034	42261.02	43548.64	0.5017	
114	26 23 50	-30	-17	0.034	6174.04	70139.25	0.9191	
115	25 24 35	+16	-31	0.035	102245.02	314938.58	0.7547	
116	27 21 21	-22	-27	0.035	12956.48	174205.47	0.9308	
117	27 21 05	+1	-35	0.035	64 645.17	335608.69	0.8384	
118	27 21 18	-26	-24	0.035	8909.44	136352.93	0.9336	
119	28 21 25	-34	-10	0.035	15677.77	37359.62	0.7071	
120	30 22 63	-32	+14	0.035	103304.22	146709.55	0.5868	
121	26 23 57	-21	-29	0.036	17817.88	203832.62	0.9196	
122	26 23 21	-23	-28	0.036	15676.59	189091.62	0.9223	
123	26 23 39	+17	-32	0.036	109982.60	336460.76	0.7536	
124	26 23 58	-35	-11	0.037	16281.47	43112.03	0.7258	
125	27 21 04	-21	-30	0.037	20654.82	219718.64	0.9141	

Com

Tableau : - II - (suite).

	BD	μ_i	ν_i	M_T	Φ_i^F	Φ_i^A	\mathcal{P}_i^A	Rq.
126	25 25 01	+21	-30	0.037	182113.44	321677.26	0.7240	
127	29 22 63	-36	-11	0.038	18163 55	44 997.49	0.7124	
128	25 24 48	-8	-38	0.039	59594.21	378944.05	0.8640	
129	23 24 55	+31	-15	0.040	197285.76	247124.09	0.5561	
130	28 21 08	-13	-38	0.040	53828.70	573184.57	0.8739	
131	24 24 55	-31	-15	0.040	17644.38	674 82.72	0.7927	
132	28 20 46	0	-42	0.042	95304.62	485420.0	0.8359	
133	26 (250 663)	-19	-39	0.043	55643.84	392039.60	0.8757	
134	25 24 87	+24	-33	0.043	164429.29	405307.74	0.7144	
135	24 24 61	-31	+32	0.044	249429.62	475968.40	0.6561	
136	25 25 12	-14	+42	0.044	35563 43	745774.09	0.6771	
137	27 21 11	-33	-29	0.044	28013.74	214066.74	0.8843	
138	23 24 60	-27	-36	0.045	45002.64	331691.94	0.8805	
139	30 22 34	-27	-36	0.045	45002.64	331691.94	0.8805	
140	24 24 36	+36	-27	0.045	203036.48	364332.16	0.6421	
141	28 21 31	+29	-34	0.045	179759.23	435461.43	0.7078	
142	28 21 05	-12	-43	0.045	80481.72	489403.45	0.8588	
143	26 23 32	-17	-43	0.046	77143.78	486073 86	0.8630	
144	26 23 54	-38	-26	0.046	30170.66	179753.69	0.8563	
145	25 25 96	-45	-15	0.047	38036.11	37912.16	0.6980	
146	27 21 445	+40	-24	0.047	225207.37	352683.99	0.6103	
147	25 24 81	+12	-46	0.047	156711.11	624680.93	0.7974	
148	23 24 34	-13	-45	0.047	91331 44	539185.70	0.8551	
149	24 24 518	-44	-18	0.047	35377.53	107142.69	0.7518	
150	30 22 61	-46	+11	0.047	117623.78	144505.06	0.5513	

Tableau : -II- (suite).

	BD	μ_i	ν_i	μ_T	Φ_i^c	Φ_i^a	\mathcal{P}_i^a
151	28 20 86	+29	-33	0.048	196570.77	515965.28	0.7241.
152	25 24 82	-43	-21	0.048	34731.63	132366.79	0.7921
153	25 25 06	-48	-3	0.048	65337.88	67460.74	0.5080
154	26 23 49	-49	0	0.049	77938.46	78076.52	0.5004
155	30 22 41	-48	-11	0.049	502.7.49	77099.59	0.6056
156	30 22 54	-50	+5	0.050	56593.35	359445.59	0.8639
157	25 24 97	-33	-37	0.050	100917.49	106630.09	0.5136
158	29 22 85	-39	-32	0.050	48807.43	275356.42	0.8494
159	24 24 46	-25	+45	0.051	392240.59	840363.77	0.6216
160	25 25 10	-21	-48	0.052	107654.54	617218.36	0.8515
161	27 21 55	-48	-20	0.052	49211.84	157855.86	0.7367
162	29 22 64	-19	-49	0.052	114484.22	645446.37	0.8513
163	29 22 75	-40	+33	0.052	276554.01	527482.55	0.6517
164	29 (261A63)	-32	-41	0.052	176554.70	870396.84	0.8311
165	27 21 43	-2	-54	0.054	171387.59	816272.43	0.8264
166	23 24 71	-8	-56	0.056	176554.70	870396.84	0.8311
167	25 (231A63)	-35	-44	0.056	46031.71	524255.99	0.8452
168	30 22 80	+12	-55	0.056	224960.90	810159.56	0.8005
169	25 24 76	-47	-31	0.056	62333.98	280539.85	0.8163
170	25 24 77	-54	+23	0.059	224971.93	347129.99	0.6015
171	29 22 97	-59	-3	0.059	110066.15	112256.69	0.5049
172	24 24 58	-60	+8	0.060	157624.99	171485.83	0.5218
173	27 (2004A63)	+53	-28	0.060	338545.56	52091.69	0.6020
174	24 24 59	-43	-43	0.061	108702.40	517222.18	0.8265
175	26 23 16	-46	-40	0.061	101547.75	455515.57	0.8177

Tableau : -II- (suite).

	BD	μ_i	ν_i	μ_T	Φ_i^c	Φ_i^a	\mathcal{P}_i^a	Rq.
176	24 24 68	-54	-31	0.062	93198.47	308494.98	0.7656	
177	29 22 94	-58	-24	0.063	94360.48	221948.52	0.7017	
178	28 20 91	-62	-16	0.064	107056.55	163792.97	0.6049	
179	28 21 00	-66	+4	0.066	158786.15	159256.77	0.5007	
180	27 21 03	-66	+4	0.066	170448.16	174237.09	0.5055	
181	28 21 26	-66	-2	0.066	149013.44	150148.53	0.5019	
182	24 24 71	-52	-40	0.066	122667.75	476664.38	0.7933	
183	26 23 17	-67	-8	0.067	140783.06	155200.03	0.5243	
184	26 23 59	-65	-22	0.069	126679.15	235960.55	0.6497	
185	28 20 90	-68	-14	0.069	140249.25	183861.29	0.5673	
186	29 22 74	-69	+14	0.070	248280.77	283900.63	0.5416	
187	25 25 13	-61	-37	0.071	148356.11	451329.69	0.7526	
188	25 24 98	-69	-20	0.072	147387.01	236132.31	0.6357	
189	29 26 96	-52	-50	0.072	193609.57	736649.67	0.8007	
190	29 22 72	+40	-61	0.073	431253.30	1254259.26	0.7441	
191	26 (233A63)	-74	-9	0.074	182119.57	200347.90	0.5238	
192	24 24 66	-69	+31	0.076	377820.17	590622.77	0.6098	
193	26 23 24	-58	+33	0.078	587880.21	1209248.80	0.6729	
194	27 21 50	+51	-61	0.079	518707.59	1341770.61	0.7212	
195	23 24 42	-75	-28	0.080	198716.59	372424.34	0.6521	
196	26 23 51	-82	-16	0.083	12793.58	26453.18	0.6781	
197	30 22 52	+26	-80	0.084	558794.70	1974218.19	0.7794	
198	28 24 28	-85	-14	0.086	256834.08	300595.67	0.5392	
199	28 21 11	-74	-51	0.090	305684.38	881220.40	0.7424	
200	27 21 45	-49	-77	0.091	442013.35	1753321.56	0.7966	

Tableau: - V - (debut).

	BD	HD	Mag.		α_{1950}	δ_{1950}	Sp	$\mu_{\alpha} \cos \delta$	μ_{δ}
			m.p.g.	m.v.					
1	25 2617	108945	5.5	5.38	12 ^h 28 ^m 30. ^s 92	24 ^o 50' 35".74	A2P	-10	-11
2	23 2448	107168	6.2	6.08	16 47.72	23 18 44.21	A5II	-15	-7
3	26 2347	108102	8.8	8.08	22 31.88	25 50 15.27	F3II	-12	-12
4	25 2523	109307	6.2	6.02	31 04.76	24 33 31.40	Am	-18	-6
5	27 2109		11.3	10.1	13 44.31	27 15 18.56	K1III	-18	-5
6	29 2267	106184	9.2	7.8	10 31.23	28 54 45.93	K4III	-18	-7
7	27 2159		11.6	10.32	26 26.76	26 49 32.28	G5IV	-16	-14
8	25 2511		10.5	9.3	27 10.99	24 47 49.20	G9V	-12	-18
9	26 2336		10.3	9.58	19 26.86	25 57 47.22 (F8II)		-11	-18
10	25 2514	108806	9.9	8.7	27 29.98	24 49 27.55	K1III	-13	-18
11	26 2352	108486	6.6	6.48	25 08.39	26 11 19.41	Am	-20	-12
12	27 2122	107977	9.1	8.5	21 10.64	27 15 25.10	F5V	-10	-21
13	25 2486	107132	9.6	8.8	12 ^h 16 30.18	25 07 25.38	G0V	-8	-22
14	26 2326	107131	6.5	6.38	16 30.85	26 17 09.36	Am	-15	-18
15	25 2488	107214	9.7	8.7	16 57.03	24 35 42.51	G0V	-20	-13
16	26 2323	106946	8.5	8.02	15 19.51	25 50 56.78	F2V	-16	-18
17	26 2353	108652	6.8	6.63	26 14.78	26 10 33.20	A0P	-14	-19
18	27 2130		10.8	9.8	23 35.42	27 01 15.03 (G5V)		-18	-16
19	25 2508	108467	9.6	8.4	26 04.57	24 30 13.80	G8III	-21	-11
20	26 2340	107793	9.8	8.0	20 37.80	26 07 42.66	F9V	-14	-19
21	28 2123	108834	9.9	8.62	27 45.28	27 50 07.97	K0IV	-18	-18
22	25 2495	107513	7.5	7.38	18 55.77	25 16 27.81	Am	-17	-18
23	29 2284		10.7	9.9	21 42.52	23 41 00.50		-11	-23
24	24 2457	108154	9.0	8.2	22 51.81	23 30 31.55	F8V	-16	-20
25	27 2108		10.7	9.42	13 14.34	26 34 24.52	K0V	-13	-23

Tableau: - V - (debut).

	μ_T	VR (km/s)	V	B-V	U-B	(B-V) _{int.}	A	m.p., v _r , v _z , v _B	Rq.
2	0.016	+0.66	6.27	+0.167	+0.147	0.150	+0.001	0 x *	
3	0.017	-1.1 (b)	8.17	+0.513	-0.008	0.530	-0.036	* * *	
4	0.019	+1.03	6.29	+0.108	+0.096	0.000	+0.32	0 * *	
5	0.019	-	10.24	+1.130	+1.240	---	--	0 ? 0 Com	
6	0.019	+6.5	7.69	+1.590	---	1.520	--	0 * 0 Com	
7	0.021	-	-	-	---	---	--	* ? *	
8	0.021	+2.0	9.78	+0.776	+0.514	0.750	+0.08	* * *	
9	0.021	-12.5 (c)	9.55	+0.440	+0.040	0.530	-0.27	* 0 0 Com	
10	0.022	+72.16	8.55	+1.310	---	1.080	+0.69	* 0 0 Com	
11	0.023	-0.61	6.76	+0.163	+0.096	0.000	+0.49	* * *	
12	0.023	+0.4 (b)	8.42	+0.443	-0.024	0.440	+0.009	* * *	
13	0.023	+1.0 (c)	8.33	+0.510	+0.013	0.600	-0.27	* * *	
14	0.023	+0.97	6.48	+0.181	+0.088	0.000	+0.54	* * *	
15	0.024	-2.0 (c)	9.02	+0.566	+0.049	0.600	-0.10	* * *	
16	0.024	-1.1 (b)	7.89	+0.553	+0.058	0.510	-0.05	* * *	
17	0.024	-1.7 (b)	6.65	+0.207	+0.088	0.000	+0.62	x * *	
18	0.024	+6.1 (b)	9.35	+0.800	+0.290	0.680	+0.36	* * *	
19	0.024	-3.0 (c)	8.39	+1.060	---	0.950	+0.33	* ? 0 Com	
20	0.024	-	9.12	+0.540	+0.011	0.590	-0.09	* * *	
21	0.025	-0.82	8.50	---	---	---	--	* ? ?	
22	0.025	-	7.42	+0.275	+0.026	0.000	+0.078	* * *	
23	0.025	-	-	---	---	---	--	* ? ?	
24	0.026	+2.3 (b)	8.60	+0.453	-0.044	0.53	-0.23	* * *	
25	0.026	-	9.50	+1.000	+0.850	---	--	* ? *	

Tableau: - V - (suite).

	BD	HD	Mag.		α_{1950}	δ_{1950}	Sp.	$M_{\alpha} \cos \delta$	$\mu \delta$
			m. eq.	m. v.					
26	27 2138	108642	6.6	6.48	12 ^h 26 ^m 8 ^s .38	26° 30' 12".28	A2m	-23	-12
27	27 2127	108154	10.9	9.7	23 02.05	27 24 13.41	F8V	-5	-26
28	27 2134	108382	5.1	5.02	24 29.39	27 06 08.49	A4p	-24	-11
29	29 2277		11.3	10.02	15 34.10	29 18 17.36	K0III	-24	-9
30	30 2281		10.0	9.2	27 00.88	29 47 19.81	G5(IV)	-17	-29
31	29 2280	107276	6.6	6.52	17 19.84	28 44 30.59	Am	-23	-14
32	26 2345	108007	6.4	6.2	21 56.30	25 51 34.11	A9V	-17	-23
33	26 2355		11.5	10.3	27 17.47	25 31 26.57	G9III	-23	-18
34	25 2494P		11.9	11.1	13 48.60	25 22 27.34	G0	-23	-17
35	28 2115	108283	5.3	5.1	23 54.12	27 32 41.19	F0(IV)	-23	-18
36	26 2340	107966	5.2	5.12	21 48.11	26 21 32.37	A4p	-26	-15
37	28 2109	107611	9.2	8.4	19 25.56	27 25 12.26	F6V	-15	-26
38	27 2129	108220	8.9	8.3	12 ^h 23 ^m 21 ^s .85	27° 03' 12".48	F6V	-26	-15
39	29 2269	106479	9.7	8.7	12 20.21	28 10 28.06	G9III	-23	-19
40	25 2472		10.7	9.5	09 03.59	25 03 53.21	K0III	-12	-29
41	28 2005	106678	8.7	7.98	13 31.14	28 19 35.30	F6V	-27	-15
42	29 2297		11.0	10	22 53.91	28 54 57.18	G9III	-12	-29
43	26 2314	105863	10.3	9.5	08 35.06	26 16 05.86	G0	-21	-24
44	24 2464		5.9		26 57.02	24 23 06.28	F5III	-26	-10
45	14 2514		10.8	9.73	30 41.79	14 16 30.01	K2(III)	-8	-22
46	16 2510		10.9	10.5	28 48.99	14 18 25.46	G0	-12	-13
47	15 2424	105965	10.3	9.6	09 10.17	15 09 41.18	K2	-16	-8
48	17 2452		10.5	9.8	11 37.47	16 56 23.21	G5	-12	-15
49	16 2354		10.9	10	14 23.74	16 05 58.56	K0	-12	-29
50	16 2345		10.7	10.3	08 54.71	16 18 01.76	F8	-9	-26

Tableau: - V - (suite).

	μ_T	VR(km/s)	V	B-V	U-B	(B-V) _{int.}	A	m_p, V_R, u, v_p	Rq.
26	0.026	-0.8(b)	6.54	+0.179	+0.109	0.06	0.557	* * *	
27	0.026	-0.7	8.60	+0.453	-0.044	0.53	-0.231	* * *	
28	0.026	+1.16	5.00	+0.081	+0.128	0.12	-0.120	* * *	
29	0.026	-	10.32	+1.090	+1.030	1.01	0.240	* ? 0	Com
30	0.026	-	9.41	+0.540	-	0.68	-0.420	* ? *	
31	0.027	-2.3	6.67	+0.177	+0.094	0.00	0.530	* * *	
32	0.029	-5.66	6.42	+0.266	+0.075	0.25	0.048	* * *	
33	0.029	-	-	-	-	0.75		* ? *	
34	0.029	-	-	-	-			* ? ?	
35	0.029	-4.2(b)	4.95	+0.273	+0.180	0.30	-0.081	* * *	
36	0.030	+0.07	5.18	+0.076	+0.106	0.12	-0.130	* * *	
37	0.030	+2.4	8.55	+0.463	-0.090	0.47	-0.021	* * *	
38	0.030	-1.0(b)	8.37	+0.449	-0.022	0.47	-0.063	* * *	
39	0.030	-	8.69	+1.030	-	0.98	-0.150	* ? 0	Com
40	0.031	-	9.45	+1.060	+1.060	1.01	0.150	* ? 0	Com
41	0.031	-8.6	-	+0.400	-	0.47	-0.210	* * *	
42	0.031	-	-	-	-	0.98		* ? 0	Com
43	0.052	-	-	-	-			* ? ?	
44	0.028	-0.5	5.48	+0.430	+0.09	0.45	-0.060	* * *	
45	0.023	-	9.73	1.17	1.18	1.16	0.030	* ? 0	Com
46	0.018	-	-	-	-			* ? ?	
47	0.018	-	-	-	-			0 ? ?	
48	0.019	-	-	-	-			* ? ?	
49	0.031	-	-	-	-			* ? ?	
50	0.027	-	-	-	-			* ? ?	

	BD	HD	Mag.		α_{1950}	δ_{1950}	Sp	$\mu_{\alpha} \cos \delta$	μ_{δ}
			m. eq.	m. v.					
51	18 26 24		9.4	9.2	12 ^h 30 ^m 22.10 ^s	17° 53' 50".73	G0	-12	-13
52	18 26 03		11.0	10.6	09	18 26 45.24	G0	-12	-17
53	21 23 48	106057	6.4	5.57	23	20 49 12.91	K0-III	-20	-25
54	20 27 20		10.6	9.6	30	20 00 27.36	K2	-11	-18
55	21 24 30	109283	8.8	7.9	10	20 42 38.82	G5	-9	-18
56	22 24 50		9.4	8.45	26	21 29 28.78	K0(III)	-11	-12
57	22 24 76?			9.13	12	22 16 47.73	G5(III)	-21	-24
58	23 24 36		9.6	9.54	13	22 31 23.45	F0(III)	-24	-9
59	23 24 38		9.7	9.2	15	22 42 18.59	G0	-23	-17
60	22 24 56		9.7	9.3	11 ^h 43	22 26 43.53	F8	-7	-26
61			11.0	10.2	46	23 18 20.37	G0	-21	-16
62	24 23 96		11.7	11.3	48	23 35 35.43	G0	-6	-21
63	23 23 96		9.9	8.92	53	23 01 16.86	K0(III)	-21	-20
64	23 24 03		11.5	11.6	12 ^h 03	23 16 42.26	A9B	-16	-15
65	24 24 24	105085	7.6	7.51	43	23 28 58.72	F5(II)	-15	-21
66	24 24 90		9.6	9.3	44	23 30 24.16	F2	-29	-17
67	24 24 92		10.5	9.54	08	23 58 58.06	K0(III)	-13	-21
68	23 25 04		10.6	9.68	57	23 22 05.97	K5(II)	-29	-16
69	23 25 20		11.3	10.04	59	23 26 01.23	K1(III)	-13	-17
70	23 25 24		12.0	11.4	06	23 19 12.55	G5	-18	-41
71	25 24 66		10.7	9.56	11 ^h 41	24 58 45.04	K0(III)	-19	-14
72	24 23 86	101906	8.0	7.36	54	24 17 16.28	G2V	-5	-18
73	25 24 38		10.2	9.9	54	24 59 55.07	F5	-22	-10
74	25 24 39		10.7	10.5	48	24 28 51.53	F2	-17	-7
75	26 23 60		10.5	10.0		25 36 53.05	F5	-13	-23

	M_T	VR (km/s)	V	B-V	U-B	(B-V) _{int.}	A	$m_p, V_{z, u, v, a}$
51	0.018							* ? ?
52	0.021							* ? ?
53	0.032	-24.7 B	5.57	0.95	---	1.01	0.27	* 0 *
54	0.021							* ? ?
55	0.030							* ? ?
56	0.016		8.45	1.00	0.83	1.01	-0.03	* ? 0
57	0.032		9.13	0.97	0.75	0.84	0.39	* ? 0
58	0.026		9.34	0.92	0.14	0.27	0.06	* ? 0
59	0.029							* ? ?
60	0.027							* ? ?
61	0.026							* ? ?
62	0.022							* ? ?
63	0.029		8.92	1.02	0.88	1.01	0.03	* ? ?
64	0.022		11.60	0.26	0.06	0.24		* ? 0
65	0.026		7.49	0.85	0.02	0.45	-0.33	* ? *
66	0.034							* ? ?
67	0.025		9.54	1.03	1.04	1.01	0.06	* ? 0
68	0.033		9.68	0.97	0.73	1.01	-0.12	* ? 0
69	0.021		10.04	1.11	1.04	1.01	0.3	* ? 0
70	0.021							* ? ?
71	0.024		9.36	1.08	1.06	1.01	0.86	* ? 0
72	0.019	+5.3	7.36	0.90	0.38	0.64	0.16	* * 0
73	0.024							* ? ?
74	0.018							* ? ?
75	0.026							* ? ?

Tableau : - V - (suite).

BD	HD	Mag.		α_{1950}	δ_{1950}	Sp	$\mu_{\alpha} \cos \delta$	μ_{δ}	
		m _{pg}	m _{sp}						
76	25 24 57	11.5	10.8	12 ^h 03 ^m 14.03	25° 00' 20.61"	G5	-18	-20	
77	26 23 12	11.3	9.56	09 45.15	25 30 26.05	K1(III)	-17	-18	
78	26 24 02	111878	9.1	8.87	49 44.42	25 38 41.45	F8V	-10	-23
79	27 22 23		11.4	10.45	13 ^h 08 02.38	26 33 01.56	G0(III)	-20	-12
80	26 23 68		11.2	10.07	12 ^h 35 31.44	26 01 50.34	G8III	-25	-15
81	26 24 05	112313	9.7	8.91	33 02.35	26 28 45.06	G5(V)	-13	-23
82	27 20 40		11.0	10.3	11 ^h 35 34.57	26 25 51.66	G5	-18	-15
83	27 20 42		10.8	10.4	36 44.53	26 29 14.65	G0	-15	-12
84	27 20 78		10.8	10.1	56 27.48	26 48 10.32	G8III	-20	-7
85	27 20 91		11.8	11.4	12 ^h 01 50.01	27 27 56.30	G0	-25	-14
86	27 20 96		10.9	10.57	04 27.82	27 17 39.66	G6III	-14	-22
87	28 21 48A	110883	8.5	7.46	42 36.20	27 40 01.17	K2III	-15	-25
88	28 21 54	111743	10.4	9.72	48 49.78	27 36 44.80	G4III	-17	-20
89	28 21 56	111812	5.8	4.94	49 15.35	27 48 44.52	G0III	-21	-23
90	28 20 14		10.4	9.02	11 ^h 31 20.97	27 32 11.63	M0(III)	-14	-29
91	27 20 53		10.6	9.49	43 28 34	27 40 31.55	K0(III)	-21	-16
92	28 21 65		10.9	9.79	12 ^h 52 25.01	28 11 02.07	K1 III	-13	-21
93	28 21 66	112233	9.4	9.60	52 31.45	27 15 49.42	F0V	-11	-23
94	29 23 54		10.2	9.35	57 24.37	28 54 02.70	G6III	-21	-17
95	28 21 82		9.7	9.36	13 ^h 04 07.41	28 20 28.66	F0V	-13	-10
96	29 23 07	109823	9.3	8.26	12 ^h 35 10.36	28 54 15.84	G0III	-20	-24
97	29 21 18		10.3	10.23	11 ^h 40 19.57	28 49 18.66	A2(III)	-13	-11
98	29 22 04		11.0	9.81	42 02.49	28 42 25.28	K2(m)	-10	-17
99	29 23 09		11.1	10.29	12 ^h 36 11.98	29 12 48.24	G7III	-10	-21
100	30 23 13		10.4	10.3	39 18.47	29 54 52.87	F5(V)	-12	-15

Tableau : - V - (suite).

	μ_T	VR (km/s)	V	B-V	U-B	(B-V) _{intr.}	A	mp, V _R , U, B, V	Rq.
76	0.027							* ? ?	
77	0.025		9.56	1.41	1.48	1.03	1.65	* ? *	
78	0.025							* ? *	
79	0.023		10.45	0.89	0.60	0.83	0.463	* ? 0	Com
80	0.029		10.07	1.05	---	0.70	1.25	* ? 0	Com
81	0.026		8.81	0.81	0.24	0.68	0.39	* ? *	
82	0.023							* ? ?	
83	0.019							* ? ?	
84	0.021							* ? ?	
85	0.029							* ? ?	
86	0.026		10.57	0.73	0.44	0.69	0.12	* ? 0	Com
87	0.029	+7.0	7.47	1.07	0.95	1.16	-0.27	* * 0	Com
88	0.026		9.72	1.02	0.84	0.98	0.12	* ? 0	Com
89	0.031	-1.43	4.94	0.67	0.20	0.65	0.06	* * *	
90	0.032		9.01	1.58	1.92	1.57	0.03	* ? 0	Com
91	0.026		9.49	1.05	---	1.01	0.12	* ? 0	Com
92	0.025		9.79	1.36	1.58			* ? 0	Com
93	0.024		9.60	0.28	0.10	0.50	-0.06	* ? 0	Com
94	0.027		9.35	0.83	0.45	0.69	0.42	* ? 0	Com
95	0.021	-6.00	9.36	0.41	-0.02			* * 0	Com
96	0.031	+8.2					0.09	* *	
97	0.017	-47.00	10.21	0.09	0.13	0.06	0.09	* 0 0	Com
98	0.020		9.81	1.19	1.12	1.16	0.36	* ? 0	Com
99	0.023		10.29	0.81	---	0.69	-0.03	* ? 0	Com
100	0.019		10.26	0.43	---	0.44	-0.3	* ? *	

Tableau: - V - (suite).

	BD	HD	Mag.		α 1950	δ 1950	SP	$\mu_{\alpha} \cos \delta$	μ_{δ}
			m. p.	m. v.					
101	30 23 24	111 004	9.5	9.31	12 ^h 23 ^m 55.06	29° 52' 24".03	F8V	-22	-17
102			10.5		58 37 29	29 25 19.47	G	-24	-15
103	29 21 14		11.1	10.9	11 ^h 37 27.59	29 22 29.78	F2	-22	-13
104	30 22 21		10.4	9.9	12 ^h 03 23.73	29 40 50.62	G0	-18	-20
105	29 22 59		10.7	9.47	07 18.27	29 12 23.17	K0III	-19	-14
106	31 23 36		11.8	10.8	35 05.53	30 56 50.20	K2IV	-18	-12
107	32 22 57		10.9	10.2	32 46.77	31 41 40.91	G5	-13	-25
108	32 22 36	107 512	9.7	9.14	18 50.35	32 27 14.35	G0(IV)	-13	-22
109	33 22 30		10.1	9.7	20 42.75	33 13 20.32	F2(III)	-20	-13
110	34 23 23		10.5	9.2	29 16.49	33 45 47.75	K4V	-20	-9
111	33 21 47		10.5	10.8	30 03.22	33 00 14.12	G8III	-12	-18
112	33 22 50		11.2	10.8	32 41.48	33 05 19.14	F8	-13	-10
113	36 22 61		11.4	10.4	17 53.79	35 58 53.80	K2III	-28	-14
114	36 22 73		10.3	9.7	30 03.81	35 36 25.26	G0(IV)	-16	-25
115	36 22 75		10.7		27 53.60	36 24 00.31	F2	-20	-18
116	37 22 48	109 530	7.7	7.26	32 44.55	36 42 02.99	F2V	-20	-7
117	36 22 33		11.9	10.9	32 44.72	36 11 52.54	G8III	-14	-9
118	38 23 42	108 674	9.7	9.07	26 30.05	37 52 16.64	F4V	-24	-14
119	25 25 97		10.0	9.5	13 ^h 04 27.14	25 02 09.00	G0	-22	-25
120	28 20 84		6.4	5.88	12 ^h 08 13 80	27 35 34.90	A4V	-18	-26
121	23 24 47	107 067	9.4	8.6	16 04.66	23 23 50.70	F9(IV)	-10	-9
122	30 22 37		8.0	7.6	29 21.88	29 35 24.26	F0V	+2	-14
123	28 21 25		9.4	8.4	28 35.93	28 00 22.99	F6V	-34	-10
124	27 21 17		10.1	9.3	19 18.50	26 49 35.08	G0(IV)	-23	-9
125	26 23 43		6.7	6.58	21 32.97	26 07 41.88	A _m	-24	-9

Tableau: - V - (suite).

	μ_T	VR (km/s)	V	B-V	U-B	(B-V) _{int.}	A	m_p, V_R, U, B, V	Rq.
101	0.028		9.31	0.40	0.03	0.47	-0.3	* ? *	
102	0.028							* ? ?	
103	0.025							* ? ?	
104	0.027							* ? ?	
105	0.024		9.47	1.08	0.97	1.01	0.21	* ? 0	Com
106	0.022							* ? ?	Com
107	0.028							* ? ?	
108	0.023		9.14	0.54	0.10	0.60	-0.18	* ? *	
109	0.024		9.54	0.38	---	0.37	0.03	* ? 0	Com
110	0.022		9.16	1.56	---	1.18	1.14	* ? 0	Com
111	0.022		10.52	0.99	0.78	0.45	0.12	* ? 0	Com
112	0.016							* ? ?	
113	0.031		10.04	1.21	1.28	1.16	0.15	* ? 0	Com
114	0.020		9.71	0.63	---	0.60	0.09	* ? *	
115	0.027							* ? ?	
116	0.022		7.27	0.44	0.06	0.38	0.21	* ? *	
117	0.017							* ? ?	
118	0.028		9.10	0.38	---	0.42	-0.06	* ? *	
119	0.033							* ? ?	
120	0.032							* ? ?	
121	0.015	-1.1 B	8.33	0.52	0.02	0.53	0.03	0.03	Com
122	0.014		7.55	0.30	---	0.30	0.00	0.00	Com
123	0.035	1.8 B	8.61	0.48	-0.04	0.47	0.03	0.03	Com
124	0.025	-2.1 B	9.35	0.59	0.06	0.60	-0.03	0.03	Com
125	0.023	-3.17	6.32	0.23	0.053	0.00	0.69	0.69	Com

	μ_T	VR (km/s)	V	B-V	U-B	(B-V) _{int}	A	m_p, Y_R, V, B, V	Rq.
126	0.025	1.5	9.13	0.44	-0.04			0 * *	Com
127	0.036	+5.0	4.30	0.49	0.26	0.65	-0.48	0 * *	Com
128	0.028	+2.0	9.10	0.55	0.03	0.60	-0.16	0 * *	Com
129	0.031	+0.2 B	8.12	0.40	-0.03	0.44	-0.12	0 * *	Com
130	0.027							0 ? ?	
131	0.027							0 ? ?	
132	0.013	-11.0 (c)						0 * ?	
133	0.046	-2.77	5.29	-0.05	-0.012	0.00	0.15	0 * *	Com
134	0.048	-3.5	8.90	0.52	0.08	0.53	-0.03	0 * *	Com
135	0.050	-6.9						0 * ?	
136	0.025	-2.18	9.33	0.59	0.06	0.60	-0.03	0 * *	
137	0.035	-14 Var.	9.36	0.59	0.08		-0.04	0 * *	Com

	BD	HD	Mag.		Δ 1950	δ 1950	Sp	$\mu_{x \cos \delta}$	μ_y
			m pg.	m v.					
126	26 23 21	106691	8.6	8.0	12 ^h 13 ^m 36.75 ^s	26° 34' 24.50"	F5IV	-23	-28
127	26 23 37		5.2	4.9	19 59.60	26 07 24.08	G0-IV	-21	-29
128	26 23 30		9.64	9.1	18 14.58	26 02 26.15	G0V	-28	+1
129	28 20 87	106103	8.52	8.12	09 52.86	27 39 20.13	F5V	-32	-4
130	27 21 28		11.9	10.9	23 02.90	27 22 06.08	G5	-27	-4
131	29 21 34	109483	10.0	8.8	32 25.65	27 43 51.88	G0	-26	-9
132	23 24 33	106293	8.5	8.09	11 11.72	23 09 59.92	F5V	-10	-8
133	26 23 54	103662	5.24	5.24	26 24.92	26 11 21.63	A0P	-38	-26
134	25 24 82	106947	9.32	8.8	15 16.27	25 19 55.75	F7V	-43	-21
135	28 21 35	109306	9.4	8.7	31 08.28	28 21 25.23	F3V	-30	+3
136	27 21 17		9.5	9.2	19 18.30	26 49 35.08	G0(B)	-23	-9
136	27 21 21		9.95	9.36	21 11.40	26 52 42.74	G5	-22	-27

Tableau: - VI - (début).

N° BOUNA TIRO.	N° TRUMP LER.	BD.	HD.	Mag.		α 1950	δ 1950	$\mu_{\cos\delta}$	μ_{δ}
				m _{rg.}	m _{v.}				
1	120	27 2180		10.8	9.8	12 ^h 23 35.42	27° 01' 15.03"	-18	-16
2	156	28 2123	108834	9.9	8.62	27 45.28	27 50 07.47	-18	-18
3		28 2444 ^F		11.9	11.1	18 48.60	25 22 27.84	-23	-17
4	49	26 2323.	106946	8.5	8.02	15 19.51	25 50 56.78	-16	-18
5	162	28 2125.	108976	9.08	8.61	28 35.95	28 00 22.99	-34	-10
6	128	27 2129.	108226	8.9	8.5	23 21.85	27 03 42.48	-26	-15
7	82	25 2485.	107513	7.5	7.38	18 55.47	25 16 27.61	-17	-18
8	125	28 2115 ^a	108283	5.5	5.1	23 54.18	27 32 41.79	-23	-18
9	60	26 2326 ^v	107131	6.5	6.38	16 30.85	26 17 03.36	-15	-18
10	65	25 2488 ^p	107214	9.7	8.7	16 57.03	24 33 42.54	-20	-13
11	114	24 2457.	108154	9.0	8.2	22 51.81	23 50 31.55	-16	-20
12		30 2281		10	9.2	27 00.88	29 47 19.81	-17	-20
13	68	29 2280 ^a	107276	6.6	6.52	12 ^h 17 19.84	28 44 30.59	-23	-14
14		27 2139		11.6	10.52	26 26.76	26 49 32.28	-16	-14
15	145	26 2353 ^p	108651	6.8	6.68	26 14.78	26 10 33.20	-14	-19
16	97	26 2340 ^b	107745	8.8	8.6	20 57.79	26 07 42.66	-14	-19
17	139	26 2352.	108486	6.6	6.48	25 08.39	26 11 19.41	-20	-12
18	109	26 2345 ^p	108007	6.4	6.2	21 56.30	25 54 34.11	-17	-23
19		26 2314	105863	10.3	9.5	08 35.06	26 16 05.86	-21	-24
20	150	25 2511.		10.5	9.3	27 10.99	24 47 49.20	-12	-18
21		28 2095	106678	8.7	7.98	13 31.14	28 19 35.30	-27	-15
22		27 2108 ^b		10.7	9.42	13 14.51	26 54 24.52	-13	-23
23	144	27 2158 ^b	108642	6.6	6.48	26 08.58	26 30 12.28	-23	-12
24	86	28 2109.	107611	9.2	8.4	19 25.56	27 35 42.36	-15	-26
25	102	27 2141 ^b		9.95	9.36	21 11.40	26 56 42.74	-22	-27

Tableau: - VI - (début).

N° BOUNA TIRO	μ_T	V_R (km/s)	Parallaxe	P_i^a	Sp	V	B-V	B-B	D(P)
1	0.024	+6.1 B		0.9457	(G5)	9.75	0.80	0.29	81.28
2	0.025			0.9309	K0IIF	8.50	---		
3	0.029			0.9300	G0	-	-		
4	0.024	-1.1 (b)		0.9813	F2V	7.89	0.353	0.058	94.52
5	0.035	-0.5		0.9850	F6V	8.61	0.470	-0.040	95.94
6	0.030	-1.0 (b)		0.9869	F6V	8.37	0.450	-0.020	85.90
7	0.025	-0.82		0.9869	Am	7.42	0.275	0.026	-
8	0.029	-4.23	0.014	0.9869	F0IIF	4.95	0.273	0.180	-
9	0.023	0.97		0.9743	Am	6.48	0.181	0.038	75.86
10	0.024	-2.0		0.9759	G0IIF	9.02	0.566	0.049	84.00
11	0.026	-2.3		0.9717	F8IIF	8.50	0.453	-0.044	83.17
12	0.026			0.9760	G5(IIF)	9.44	0.540	---	69.50
13	0.027	-2.3		0.9787	Am	6.67	0.177	0.094	-
14	0.021			0.9648	G9IIF	-	-	-	-
15	0.024	-1.7 (b)		0.9655	A0P	6.65	0.207	0.088	96.4
16	0.024	-3.0		0.9636	F9IIF	9.12	0.540	0.011	-
17	0.023	-0.61		0.9523	Am	6.76	0.163	0.096	-
18	0.029	-5.66	0.011	0.9556	A9IIF	6.42	0.266	0.025	61.00
19	0.032	+2.0		0.9519	G0	-	-	-	-
20	0.021	↓		0.9464	G9IIF	9.78	0.776	0.314	65.46
21	0.031	-3.6 B		0.9450	F6IIF	-	0.400	---	82.41
22	0.026			0.9390	K0IIF	9.50	+1.00	0.850	-
23	0.026	-0.8		0.9387	A2m	6.54	0.179	0.109	106.66
24	0.030	+2.4		0.9307	F6IIF	8.55	0.463	-0.019	97.50
25	0.035	-14 var.		0.9307	G5(IIF)	9.36	0.590	0.080	67.92

Tableau: - VI -

N° BOUNA TIRO	N° TRUMP LER	BD	HD	Mag.		α 1950	δ 1950	$\mu_{\cos\delta}$	μ_{δ}
				m	m				
26	101	27 2122.	107877	9.1	8.5	12 ^h 21 ^m 10.64	27° 15' 25".10	-10	-21
27		29 2284		10.7	9.9	21 42.52	28 41 00.50	-11	-23
28	107	26 2344.	107966	5.2	5.12	24 48.11	26 22 32.37	-26	-15
29	36	26 2381.	106691	8.6	8.0	13 36.75	26 34 24.52	-23	-28
30	91	26 2357. ^B	107700	5.2	4.9	19 59.60	26 07 24.08	-21	-29
31	56	25 2486.	107132	9.1	8.5	16 30.18	25 07 25.38	-8	-22
32	130	27 2134.	108352	5.1	5.02	24 29.39	27 06 08.49	-24	-11
33	115	27 2127	108154	10.9	9.7	23 02.05	27 24 13.41	-5	-26
34	111	26 2347.	108102	8.8	8.08	22 31.88	25 50 16.27	-12	-12
35	85	27 2117.		9.3	9.2	19 18.30	26 49 35.08	-23	-9
36	149	24 2464.		5.91	5.5	26 57.02	24 23 06.28	-26	-10
37	104	26 2345. ^B	107935	6.95	6.72	29 52.47	26 07 41.88	-21	-9
38	160	25 2517.	108945	5.5	5.38	28 30.82	24 50 35.74	-10	-11
39	53	23 2447.	107067	9.4	8.6	12 ^h 16 04.66	23 23 51.70	-10	-9
40		28 2134	109483	10.0	8.8	30 25.65	27 43 51.88	-26	-9
41		30 2287		8.0	7.6	29 21.88	29 35 24.26	+2	-14
42		23 2433	106293	8.5	8.09	31 14.76	23 09 57.92	-10	-8
43	183	25 2523.	109507	6.2	6.02	31 04.76	24 33 31.40	-18	-6
44	19	29 2087.	106103	8.52	8.12	09 52.86	27 39 30.13	-31	-4
45	62	23 2443	107168	6.2	6.08	16 47.72	23 18 44.21	-15	-7
46	146	26 2354.	108662	5.24	5.24	26 24.93	26 11 21.63	-38	-26
47	48	25 2482	106947	9.32	8.8	15 16.27	25 19 55.75	-43	-21
48	113	24 2455	108123	7.13	6.13	22 44.29	24 12 42.27	-57	-15
49		27 2128		11.9	10.9	13 02.90	27 22 06.08	-26	-7
50	76	26 2330.		9.64	9.1	18 14.58	26 02 36.15	-28	+1
51		28 2153	109306	9.4	8.7	31 08.29	28 21 25.23	-30	+3

Tableau: - V -

N° BOUNA TIRO	μ_T	VR(km/s)	Parallaxe	P_i^a	Sp	V	B-V	U-B	D(pc).
26	0.023	+0.4 (b)		0.9243	F5V	8.42	0.443	-0.024	101
27	0.025			0.9286	.	.	.	.	.
28	0.030	+0.07	+0.009	0.9248	A4p	5.18	0.076	0.106	.
29	0.036	+1.5		0.9234	F5V	8.13	0.410	-0.040	.
30	0.036	+5.0	+0.014	0.9196	G0IIIp	4.80	0.490	0.260	69.2
31	0.023	+1.69		0.9051	G0V	8.83	0.510	0.013	76.56
32	0.026	+1.16	+0.024	0.8942	A4p	5.00	0.081	0.128	.
33	0.026	-0.7		0.8779	F8V	8.60	0.453	-0.044	83.17
34	0.017	-1.1 (b)		0.8705	F8V	8.17	0.518	-0.008	68.
35	0.025	-2.1 B		0.8058	G0(V)	9.33	0.590	0.060	91.20
36	0.028	-0.5		0.8249	F5IV	5.48	0.430	0.090	95.50
37	0.023	-3.17		0.8263	Am	6.72	0.230	0.050	.
38	0.015	+0.35		0.8030	A2p	...	0.040	0.120	71.12
39	0.013	-1.10		0.7200	F8(V)	8.73	0.520	0.020	83.17
40	0.027			0.7752	G0	.	.	.	.
41	0.014			0.7105	F0V	7.55	0.380	...	100
42	0.013	-11.0(c)		0.6781	F5V				
43	0.019	+1.03		0.6353	A4Im	6.29	0.108	0.096	75.50
44	0.031	+0.10		0.5370	F5V	8.12	0.400	-0.030	87.90
45	0.016	+0.66		0.6700	A5IV	6.27	0.169	0.147	.
46	0.046	-2.77	+0.021	0.8563	A0p	5.29	-0.05	-0.012	.
47	0.048	-3.7		0.7921	F7V	8.80	0.520	0.080	100
48	0.040	-5.3 B	+0.007	0.7927	K0III	6.03	1.100	1.000	.
49	0.027			0.6685	G5	.	.	.	.
50	0.028	+2.0		0.5019	G0V	9.10	0.550	0.030	87.
51	0.030	-6.9 B		0.5113	F3V				

Tableau: - VIII. (debut).

	BD	V	B-V	Sp	M ₁ L ₁ AGK3	M ₂ L ₂ AGK3	M ₃ L ₃ LACROUVE	M ₄ L ₄ LACROUVE	M ₅ L ₅ CORBIN	M ₆ L ₆ CORBIN	Rq.
1	26 2307	8.50	0.47	--	+10	-68	+0.07	-63	+21	-64	Non
2	25 2465	9.10	1.08	K0B	-47	-9					Non
3	27 2100	6.99	1.03	K0B	+62	-44					Non
4	25 2466	9.36	1.08	F0B	--	--					D(p)>80
5	26 2311	9.25	1.53	K3B	--	--					D(p)>80
6	26 2312	9.56	1.41	K1B	-17	-18					chimi 2 sign
7	25 2471	7.60	--	B1B	-109	-16	-111	-12	-126	-16	Non
8	26 2315	8.60	--	B0B	-146	+69	-145	+32			Non
9	27 2112	9.97	0.65	--	--	--					?
10	28 2103	8.95	0.75	B5B	-206	-129	-203	-123			Non
11	28 2106	6.33	0.498	F5B	-203	-134	-193	-128			Non
12	26 2329	6.15	0.30	F0B	-152	+10	-148	+22			Non
13	27 2114	5.54	1.09	K1B	-70	-112	-67	-103			Non
14	27 2115	7.18	0.38	F3B	--	--					?
15	27 2115	7.08	0.35	F3B	--	--					?
16	24 2448	9.25	1.18	--	-14	-6					?
17	25 2493	7.32	0.88	K0B	-252	+126					Non
18	23 2453	8.56	0.461	F5B	-2	-14	-5	-23	-12	-13	Don.
19	20.107701	8.61	0.535	F7B	--	--					?
20	29 2288	4.34	1.12	K2B	-97	-79	-95	-88			Non
21	27 2135	8.23	1.03	K2B	+98	-252	+95	-251			Non
22	28 2117	1.13	0.27	A9B	--	--	.26	.15			Don.
23	23 2463	9.96	0.65	G5	-202	+21	-111	+12			Non
24	28 2118	9.00	--	G7B	-97	-126	-89	-128			Non

25

Tableau: - VII. (fin).

	BD	V	B-V	Sp	M ₁ L ₁ AGK3	M ₂ L ₂ AGK3	M ₃ L ₃ LACROUVE	M ₄ L ₄ LACROUVE	M ₅ L ₅ CORBIN	M ₆ L ₆ CORBIN	Rq.
25	28 2129	9.00	0.80	G7B	-2	-24	-2	-22			Non
26	29 2300	9.20	---	G8B	+52	-101	+57	-102			Non
27	26 2369	7.74	1.05	K8B	+19	-52	+16	-54			Non
28	26 2342	10.51	0.743	K0B	--	--					?
29	25 2502	10.00	0.793	G5B	--	--					?

Table: 25.

	Après l'étude statistique						Après l'examen photométrique.					
	L ₁ 0-100	L ₂ 100-150	L ₃ 150-200	L ₄ 200-250	L ₅ 250-300	L ₆ 300-350	L ₁ 0-100	L ₂ 100-150	L ₃ 150-200	L ₄ 200-250	L ₅ 250-300	L ₆ 300-350
0°	1	27	78	37	-83	-948	3	25	74	25	-81	-653
20°	1	52	68	53	-38	-1128	3	47	66	21	-37	-789
40°	4	72	56	12	+9	-640	5	65	57	12	0	-560
60°	9	85	45	5	43	-150	8	77	43	9	34	-355
80°	14	97	41	2	59	-400	13	91	38	4	53	+166
100°	37	76	30	1	83	1034	34	72	28	3	75	+36
120°	66	58	18	1	105	1130	59	58	17	3	97	+29
140°	79	48	10	4	111	598	71	46	11	17	102	458
160°	86	43	4	9	115	0	80	40	6	11	103	410
180°	78	36	1	14	89	-464	74	35	3	25	71	-653
200°	68	23	1	27	65	-784	66	21	3	47	59	-37
220°	56	12	1	56	41	-680	57	12	5	65	20	-789
240°	45	6	4	72	-26	-159	43	9	5	77	-18	-495
260°	44	1	8	85	-51	+279	38	4	8	71	-44	-519
280°	30	1	14	97	-21	+732	28	1	13	72	-64	+160
300°	19	1	37	76	-94	+679	17	5	34	57	-96	+36
320°	10	4	66	59	-108	+436	11	7	59	41	-99	+29
340°	4	9	79	48	-115	-20	6	11	71	40	-103	445
360°	1	14	96	43	-102	-487	5	65	80	35	-11	410

	BD	HD	Mag.		α 1950	δ 1950	Sp	$\mu_{\alpha} \cos \delta$	M _g
			m _{pg}	m _v					
1	26 23 27		11.2	9.96	12 ^h 17 ^m 17.70	25° 30' 35.00	K1III	-5	-6
2	29 22 71		10.8	9.9	13 18.38	29 04 25.60	H3III	-5	-8
3	26 23 18		10.7	9.5	25 43.36	25 18 37.10	K0III	-10	-2
4	27 21 19	107742	10.0	8.72	20 08.67	27 24 38.60	K2III	-5	-9
5	30 22 64		12.1	10.98	20 41.70	29 31 26.00	G8III	-5	-7
6	30 22 79	108629	10.3	8.7	26 03.40	29 51 59.00	H0IV	-10	-9
7	28 20 97	106814	9.7	7.8	14 25.27	28 01 03.30	H2III	-7	-12
8	30 22 50		10.3	9.1	14 15.10	29 51 51.00	K0(IV)	-6	-11
9	23 24 30		12.1	11.5	09 17.30	23 06 43.00	F8	-13	-5
10	24 24 48		10.5	9.22	19 18.68	24 22 50.50	K2(III)	-14	-6
11	29 22 93		10.3	8.44	26 39.69	28 34 13.00	K4IV	-7	-6
12	30 22 90		11.5	11.42	30 27.29	29 50 25.41	A2	-1	-14
13	27 21 09		11.3	10.06	12 ^h 13 44.31	27 15 16.56	K1III	-18	-5
14	24 24 45		9.4	8.6	16 26.79	23 50 46.50	K0(III)	-10	-8
15	28 21 20		11.1	10.9	26 31.57	28 10 16.95	A5	+1	-3
16	25 24 74		12.0	11.2	10 25.92	24 46 08.87	G0	+5	+2
17	28 20 94		10.8	9.64	13 08.98	28 10 28.06	G9III	+2	-6
18	24 24 34		11.0	10.28	09 01.50	23 48 50.33	F8(III)	+2	-14
19	25 25 28		9.6	8.4	32 24.14	24 47 25.96	K0(III)	-14	+1
20	29 22 92	108675	9.3	8.66	26 27.40	29 09 47.07	F6IV	+10	-1
21	30 22 87		8.0	7.6	29 21.88	29 35 24.26	F0IV	+2	-14
22	27 21 36		11.0	9.88	24 51.04	27 26 44.93	G9III	+1	-9
23	24 24 44		11.0		16 06.44	23 35 40.78	G5(III)	-13	+1
24	25 25 16		11.3	10.3	28 29.68	25 20 27.36	G5(III)	-8	+12

	μ_T	VR (km/s)	V	B-V	U-B	B-V	A	D(pc)	R _g
1	0.008		9.89	1.13	1.10	1.10	0.09	990	Bon
2	0.009		9.35	1.51	1.74	1.70	-0.57	942	Bon
3	0.010	-16.0 (c)	9.50	---	1.213	0.86	0.06	724	Bon
4	0.010	-19.0 (c)	8.45	1.42	1.71	1.16	0.78	515	Bon
5	0.009		---	---	---		0.93		Bon
6	0.013		8.58	1.66	---	1.57	0.27	625	Bon
7	0.014		8.07	1.61	---	1.57	0.12	517.6	Bon
8	0.012		10.08	0.36	---	1.01			Bon
9	0.014		---	---	---				Bon
10	0.015		9.25	1.18	1.33	1.16	0.06	741	Bon
11	0.009		8.91	1.49	---				Bon
12	0.014		11.50	0.22	0.05	0.06	0.48		Bon
13	0.018		10.24	1.13	1.24	1.10	0.09		Bon
14	0.013		8.36	0.46	0.75	1.01	-0.15		Bon
15	0.003		---	---					
16	0.005		---	---					
17	0.006		9.81	1.03	0.87	0.93	0.12	798	
18	0.014		---	---					
19	0.014		8.42	0.97	0.74	1.01	-0.12	440	
20	0.010	-20.6	8.59	0.54	0.00	0.47	-0.02		
21	0.014	+16.0 (p)	7.55	0.30	---	0.30	0.00		
22	0.008		10.12	1.493	1.750	0.93	1.68		
23	0.013		---	---	---				
24	0.014		---	---	---				

Table: 1. $N = 202$, $\mu_T = 0.037$, $\sigma_n = 0.020$.

	N_0	μ_i	P_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ_i^2
0.000		-1.8	0.0359			
0.010	12	-1.3	0.0468	12.363	-0.363	0.041
0.020	28	-0.8	0.2118	23.345	4.655	0.423
0.030	58	-0.3	0.5821	34.571	23.429	15.878
0.040	38	+0.2	0.5792	40.011	-7.011	1.228
0.050	27	0.7	0.7580	36.296	-9.296	2.331
0.060	15	1.2	0.8849	25.763	-10.761	4.495
0.070	13	1.7	0.9554	14.311	-1.311	0.420
0.080	9	2.2	0.9861	6.232	-2.768	1.229
0.090	4	2.7	0.9965	2.111	1.888	1.690
0.100	3	3.2	0.9993	0.568	2.432	10.402
	202		$P(38.56) = 0.002$			39.36

Table: 2. $N_n = 37$, $\bar{\mu}_n = 0.0244$, $\sigma_{n_c} = 0.0042$.

	N_0	μ_i	P_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ_i^2
0.0025	0	-4.9	0.000	0.000	0.000	0.000
0.0075	0	-4.024	0.0000	0.000	0.000	0.000
0.0125	0	-2.835	0.0023	0.085	-0.085	0.015
0.0175	3	-1.642	0.0503	1.776	1.224	0.343
0.0225	6	-0.452	0.3256	10.166	-4.166	1.720
0.0275	21	0.733	0.7637	16.431	4.568	1.270
0.0325	6	1.928	0.9731	7.526	-1.526	0.509
0.0375	1	3.119	0.9991	0.462	0.038	0.004
	37		$P_s^{\uparrow}(4.23) = 0.52$		0.0329	4.280

Tableau: II - (suite).

	BD	μ_i	ν_i	μ_T	Φ_i^L	Φ_i^A	P_i^A	R_q
201	29 2286	-92	+3	0.092	352546.24	355023.27	0.1699	
202	25 2507	-70	-68	0.098	435833.14	4455136.28	0.7699	

Table: 4 $N_n = 44$, $\bar{\mu}_n = 0.0240$, $\sigma_{n_c} = 0.0041$.

	N_0	μ_i	P_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ_i^2
0.010	0	-3.50	0.0002	0.009	-0.009	0.009
0.0125	0	-2.95	0.0016	0.0616	-0.062	0.062
0.015	1	-2.36	0.0092	0.334	0.666	1.325
0.0175	2	-1.80	0.0390	0.311	0.688	0.362
0.020	3	-1.16	0.1217	3.639	-0.639	0.412
0.0225	4	-0.57	0.2833	7.152	-3.152	1.375
0.025	13	0.02	0.5085	9.931	3.069	0.948
0.0275	9	0.62	0.7320	9.790	-0.190	0.064
0.030	8	1.21	0.8877	6.850	1.149	0.193
0.0325	4	1.80	0.9648	3.392	0.608	0.109
0.035	0	2.40	0.9919	1.192	-1.192	1.192
0.0375	0	3.00	0.9986	0.295	-0.295	0.295
0.040	0	3.59	0.9993	0.053	-0.053	0.053
	44		$P_{10}^{12}(6.03) = 0.81$		0.018	6.09

Table: $N_n = 40$, $\bar{\mu}_n = 0.0244$, $\sigma_{n_c} = 0.0040$.

Interval μ_T	N_0	μ_i	P_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ_i^2
0.000						
0.010	0	-3.6	0.0002	0.008	-0.008	0.008
0.0125	0	-2.97	0.0045	0.0523	-0.0523	0.523
0.0150	1	-2.35	0.0094	0.3084	0.6919	1.553
0.0175	1	-1.32	0.0423	1.2815	-0.2815	0.061
0.020	3	-1.10	0.1357	3.6416	-0.6416	0.001
0.0225	4	-0.47	0.3174	7.0918	-3.0918	1.345
0.025	13	0.15	0.5596	9.4458	3.5542	1.375
0.0275	9	0.77	0.7808	8.1168	-1.627	0.307
0.030	8	1.40	0.9192	5.9176	2.6024	1.254
0.0325	1	2.03	0.9786	2.3166	-1.3166	0.743
0.0350	0	2.65	0.9959	0.650	-0.653	0.663
0.0375	0	3.28	0.9995	0.1365	-0.136	0.136
0.040	0	3.90	0.9999	0.087	-0.098	0.118
	40		$P_{10}^{12}(6.77) = 0.75$		0.686	6.77



Table: 5. $N_a = 45$, $\bar{\mu}_a = 0.0227$, $\sigma_{na} = 0.0057$.

	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.0000		-3.93	0.0000	0.000	0.000	0.000
0.0025	0	-3.54	0.0002	0.004	-0.004	0.007
0.0075	0	-2.67	0.0004	0.008	-0.008	0.001
0.0125	1	-1.79	0.0367	1.634	-0.634	0.246
0.0175	8	-0.91	0.1808	6.484	1.515	0.554
0.0225	7	-0.03	0.4860	13.734	-6.734	3.302
0.0275	20	0.84	0.3001	14.134	5.865	2.434
0.0325	7	1.72	0.9572	7.069	-0.069	0.001
0.0375	2	2.60	0.9953	1.714	0.285	0.047
0.0425	0	3.47	0.9997	0.193	-0.193	0.193
0.0475	0	4.35	0.9999	0.009	-0.009	0.009
	45		$P_{10}^3(6.63) = 0.58$		0.006	6.63

Table: 6. $N_a = 53$, $\bar{\mu}_a = 0.0240$, $\sigma_{na} = 0.0063$.

	N_o	$\mu_i \leftrightarrow P_i$	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2	
0.0000		0.0003	-3.8	0.005	-0.005	0.005
0.0025	0	0.0003	-3.41	0.013	-0.013	0.013
0.0075	0	0.0044	-2.62	0.216	-0.216	0.216
0.0125	1	0.0339	-1.82	1.567	-0.567	0.205
0.0175	9	0.1511	-1.03	6.207	2.793	1.256
0.0225	7	0.4059	-0.24	13.50	-6.504	3.135
0.0275	20	0.7107	0.55	16.156	3.843	0.914
0.0325	13	0.9114	1.35	10.633	1.367	0.176
0.0375	3	0.9839	2.14	3.845	0.155	0.006
0.0425	0	0.9983	2.93	0.765	-0.765	0.765
0.0475	0	0.9999	3.73	0.083	-0.083	0.008
	53		$P_{10}^3(6.86) = 0.27$			6.65

Table: 7. $N_a = 55$, $\bar{\mu}_a = 0.0242$, $\sigma_{na} = 0.0061$.

	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.0000		-3.8	0.0004	0.005	-0.005	0.005
0.0025	0	-3.56	0.0002	0.0085	-0.0085	0.008
0.0075	0	-2.74	0.0031	0.1600	-0.160	0.160
0.0125	1	-1.92	0.0275	1.3447	-0.345	0.088
0.0175	9	-1.10	0.1360	5.9047	3.035	1.544
0.0225	7	-0.28	0.3902	13.9810	-6.981	3.486
0.0275	23	0.54	0.7057	17.5525	5.647	1.858
0.0325	11	1.36	0.9152	11.1125	-0.412	0.015
0.0375	4	2.18	0.9354	3.911	0.029	0.000
0.0425	0	3.00	0.9986	0.7260	-0.726	0.726
0.0475	0	3.81	0.9999	0.0018	-0.001	0.001
	55		$P_{10}^3(7.87) = 0.45$		0.077	7.87

Table: 8. $N_a = 60$, $\bar{\mu}_a = 0.0235$, $\sigma_{na} = 0.0076$.

	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.0000		-3.09	0.0004	0.006	-0.006	0.006
0.0025	0	-2.76	0.0029	0.112	-0.112	0.112
0.0075	0	-2.10	0.0176	0.886	-0.886	0.886
0.0125	6	-1.45	0.0739	3.376	2.624	2.039
0.0175	8	-0.79	0.2149	8.460	-0.460	0.025
0.0225	7	-0.131	0.4476	13.962	-6.962	3.475
0.0275	22	0.520	0.7007	15.180	6.820	3.064
0.0325	10	1.184	0.8818	10.872	-0.872	0.760
0.0375	7	1.84	0.9673	5.130	1.870	0.683
0.0425	0	2.50	0.9938	1.590	-1.590	1.590
0.0475	0	3.16	0.9991	-	-	-
	60		$P_{10}^3(12.30) =$			12.30

Table: 9. $N_a = 71$, $\bar{\mu}_a = 0.0277$, $\sigma_{na} = 0.0098$

	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.0000		-2.83	0.002	0.004	-0.004	0.004
0.0025	0	-2.57	0.0050	0.012	-0.012	0.012
0.0075	0	-2.06	0.0196	0.037	-0.037	0.037
0.0125	1	-1.55	0.0604	0.061	-0.049	0.049
0.0175	9	-1.04	0.1500	0.150	-0.063	0.063
0.0225	7	-0.53	0.2077	0.208	-0.131	0.131
0.0275	26	0.02	0.4920	0.495	-0.473	0.473
0.0325	11	0.49	0.6879	0.689	-0.198	0.198
0.0375	7	1.00	0.8413	0.841	-0.141	0.141
0.0425	0	1.51	0.9345	0.934	-0.064	0.064
0.0475	8	2.02	0.9823	0.982	-0.002	0.002
0.0525	1	2.53	0.9943	0.994	-0.001	0.001
0.0575	0	3.04	0.9988	0.999	-0.001	0.001
0.0625	0	3.55	0.9998	0.999	-0.001	0.001
	71		$P_{19}^{71}(41.19) =$			41.19

Table: 10. $N_a = 74$, $\bar{\mu}_a = 0.0279$, $\sigma_{na} = 0.0095$

	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.0000		-3.0	0.004	0.007	-0.007	0.007
0.0025	0	-2.73	0.0031	0.003	-0.003	0.003
0.0075	0	-2.19	0.0141	0.012	-0.012	0.012
0.0125	1	-1.65	0.0479	0.047	-0.002	0.002
0.0175	9	-1.12	0.1317	0.131	-0.006	0.006
0.0225	7	-0.58	0.2807	0.280	-0.007	0.007
0.0275	26	-0.03	0.4828	0.485	-0.023	0.023
0.0325	12	0.48	0.6895	0.689	-0.009	0.009
0.0375	7	1.03	0.8490	0.849	-0.001	0.001
0.0425	3	1.57	0.9411	0.941	-0.001	0.001
0.0475	8	2.11	0.9825	0.982	-0.002	0.002
0.0525	1	2.64	0.9959	0.996	-0.001	0.001
0.0575	0	3.18	0.9995	0.999	-0.001	0.001
	74		$P_{12}^{74}(18.43) =$			18.43

Table: 26.

x	N_o	x_2	x_1	n	$f(x) = n/\pi(x_2^2 - x_1^2)$
≤ 0.5	4	0.5	0	4	5.1
≤ 1.0	12	1.0	0.5	9	3.4
≤ 1.5	19	1.5	1.0	7	1.8
≤ 2.0	25	2.0	1.5	6	1.1
≤ 2.5	31	2.5	2.0	6	0.9
≤ 3.0	36	3.0	2.5	5	0.6
≤ 3.5	41	3.5	3.0	5	0.5
≤ 4.0	44	4.0	3.5	3	0.25
≤ 4.5	44	4.5	4.0	0	0
≤ 5.0	45	5.0	4.5	1	0.1

Table: 27.

x	$2(25-x^2)^{3/2}$	$f_0(x)$	$n_0(x)$	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$	$f_4(x)$	$n_4(x)$	%
0.25	9.99	0.86	0.68	5.06	1.14	0.52	4.72	3.73	
0.75	9.89	0.85	2.01	2.06	1.10	0.54	3.67	8.66	0.25
1.25	9.65	0.83	3.26		0.99	0.50	1.49	5.85	
1.75	9.37	0.81	4.46		0.85	0.49	1.54	7.20	0.51
2.25	8.95	0.77	5.44		0.50	0.46	0.96	6.49	
2.75	8.35	0.72	6.22			0.43	0.43	3.11	0.12
3.25	7.60	0.65	6.65			0.39	0.39	5.98	
3.75	6.61	0.57	6.71			0.34	0.34	4.00	0.88
4.25	5.27	0.45	6.01			0.27	0.27	3.60	
4.75	3.62	0.27	4.03			0.16	0.16	2.39	

le: 11. $N_c = 165$, $\bar{\mu}_c = 0.0395$, $\sigma_{nc} = 0.0213$.

104.

Table: 12. $N_c = 162$,

$\bar{\mu}_c = 0.0390$,

$\sigma_{nc} = 0.0212$

	N_0	μ_i	P_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0		-1.845	0.0325			
5	2	-1.640	0.0534	3.480	-1.449	0.624
10	10	-1.515	0.0845	5.054	4.449	4.719
15	15	-1.441	0.1269	6.354	8.046	9.357
20	8	-0.906	0.1325	9.118	-0.112	0.001
25	7	-0.674	0.2511	11.070	-4.070	1.496
30	19	-0.436	0.3314	13.169	5.831	2.580
35	20	-0.202	0.4199	14.544	5.416	2.073
40	10	0.035	0.5151	15.285	-5.285	2.584
45	12	0.267	0.6052	15.104	-3.104	0.638
50	16	0.502	0.6923	14.284	1.716	0.206
55	7	0.737	0.7644	12.644	-5.044	2.515
60	9	0.972	0.8302	10.627	-1.627	0.249
65	6	1.206	0.8861	8.511	-2.511	0.741
70	7	1.441	0.9252	6.442	0.888	0.053
75	5	1.676	0.9531	4.576	0.424	0.039
80	4	1.911	0.9720	3.099	0.900	0.281
85	2	2.145	0.9840	1.918	1.036	0.544
90	2	2.380	0.9913	1.197	0.803	2.444
95	2	2.615	0.9955	0.689	1.311	1.029
100	1	2.850	0.9918	0.317	0.623	↓
	165		$P_{18}^{20}(33.18) = 0.02$			33.18

Interval	N_0^{b2}	μ_i	P_i	N_c^{b2}	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0.000		-1.84	0.0329	3.484		
0.005	2	-1.60	0.0545	5.071	-1.474	0.652
0.010	10	-1.51	0.0857	6.982	4.429	4.792?
0.015	15	-1.43	0.1283	9.121	8.078	11.64?
0.020	7	-0.9	0.1861	11.245	-2.120	0.493
0.025	8	-0.66	0.2545	13.153	-3.243	0.435
0.030	18	-0.42	0.3336	14.545	4.962	1.799
0.035	20	-0.18	0.4252	15.163	5.485	2.032
0.040	11	+0.05	0.5188	15.001	-4.163	1.143
0.045	11	0.28	0.6114	14.045	-4.601	1.067
0.050	16	0.52	0.6981	12.425	1.4546	0.272
0.055	7	0.75	0.7743	10.400	-5.425	2.365
0.060	3	0.99	0.8390	9.262	-2.400	0.554
0.065	6	1.23	0.8900	6.133	-2.262	0.619
0.070	7	1.46	0.9282	4.514	0.942	0.406
0.075	5	1.69	0.9552	2.948	0.626	0.089
0.080	4	1.93	0.9754	1.979	1.052	0.375
0.085	2	2.17	0.9850	1.113	-0.979	0.441
0.090	2	2.41	0.9919	0.648	0.882	0.646
0.095	2	2.64	0.9958	0.303	1.352	2.821
0.100	1	2.88	0.9980	0.340	0.660	1.279
	162		$P_{18}^{20}(34.16) = 0.012$		$\Sigma = 1.422$	$\Sigma = 34.16$

le: 13. $N_c = 158-14^*$, $\bar{\mu}_c = 0.0425$, $\sigma_{nc} = 0.0206$.

Table: 14.

$N_c = 157$,

$\bar{\mu}_c = 0.0404$,

$\sigma_{nc} = 0.0210$.

	N_0	μ_i	P_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0		-2.06	0.0495			
5	2	-1.82	0.0573	2.1312	-0.131	0.008
10	4	-1.58	0.0573	3.3120	0.688	0.143
15	7	-1.33	0.0909	4.8310	2.162	0.966
20	7	-1.09	0.1374	6.6460	0.304	0.014
25	3	-0.85	0.1918	8.6476	-0.698	0.056
30	10	-0.61	0.2320	10.6850	5.315	2.644
35	13	-0.36	0.2579	12.3696	5.6304	2.563
40	11	-0.12	0.4517	13.5072	-2.507	0.461
45	11	0.12	0.5483	13.9100	-2.910	0.609
50	16	0.36	0.6421	13.5070	2.493	0.460
55	7	0.61	0.7130	12.3696	5.370	2.351
60	3	0.85	0.7822	10.6850	-2.685	0.675
65	6	1.09	0.8626	8.6476	-2.698	0.837
70	7	1.33	0.9090	6.6476	0.318	0.045
75	5	1.58	0.9427	4.8330	0.447	0.004
80	4	1.82	0.9556	3.3176	0.702	0.149
85	2	2.06	0.9804	2.1312	-0.131	0.008
90	2	2.30	0.9894	1.2160	0.704	0.582
95	2	2.55	0.9940	0.7488	1.251	2.041
100	1	2.79	0.9974	0.4032	0.597	0.883
	158		$P_{18}^{20}(15.03) = 0.66$		5.977	15.03

	N_0	μ_i	P_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0.000		-1.42	0.0272			
0.005	2	-1.68	0.0459	2.136	-0.436	0.2473
0.010	10	-1.45	0.0738	4.380	5.619	7.209
0.015	9	-1.21	0.1132	6.186	1.814	0.5320
0.020	7	-0.97	0.1656	3.227	-0.267	0.0060
0.025	3	-0.73	0.2317	10.378	-2.578	1.0990
0.030	13	-0.49	0.3102	12.324	5.645	2.6452
0.035	19	-0.26	0.3935	13.365	5.137	1.9035
0.040	11	-0.01	0.4924	14.742	-3.742	1.5250
0.045	11	0.22	0.5867	14.805	-3.805	0.5514
0.050	16	0.46	0.6762	14.0515	1.948	0.2700
0.055	7	0.69	0.7565	12.604	-5.607	2.494
0.060	9	0.93	0.8247	10.707	-1.707	0.2722
0.065	6	1.17	0.8793	8.592	-2.592	0.3718
0.070	7	1.41	0.9206	6.484	0.516	0.0410
0.075	5	1.65	0.9503	4.663	0.337	0.0214
0.080	4	1.88	0.9703	3.140	0.860	0.2355
0.085	3	2.13	0.9831	2.040	0.9904	0.4881
0.090	2	2.36	0.9909	1.225	0.775	0.4909
0.095	2	2.60	0.9953	0.698	1.309	2.4812
0.100	1	2.84	0.9977	0.377	0.655	1.0307
	157		$P_{18}^{20}(24.32) =$			24.32

Table: 15. $N_c = 149$, $\bar{\mu}_c = 0.0408$, $\sigma_{nc} = 0.0216 \cdot 105$. Table: 16. $N_c = 147$, $\bar{\mu}_c = 0.042$, $\sigma_{nc} = 0.020$.

	N_0	μ_i	β_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0.000		-1.89	0.0295			
0.005	2	-1.66	0.0487	2.861	-0.861	0.861
0.010	10	-1.43	0.0769	4.202	5.798	8.001
0.015	3	-1.19	0.1162	5.856	2.444	0.488
0.020	9	-0.96	0.1677	7.635	1.326	0.229
0.025	7	-0.73	0.2324	9.640	-2.640	0.723
0.030	15	-0.50	0.3085	11.359	3.661	1.182
0.035	14	-0.27	0.3943	12.794	1.216	0.116
0.040	11	-0.04	0.4852	13.544	-3.544	0.478
0.045	12	0.194	0.5769	13.665	-1.663	0.702
0.050	16	0.43	0.6649	13.112	2.388	0.636
0.055	7	0.66	0.7444	11.845	-4.845	1.982
0.060	9	0.89	0.8127	10.177	-1.177	0.136
0.065	6	1.12	0.8796	8.329	-2.329	0.651
0.070	7	1.35	0.9418	6.437	-1.563	0.379
0.075	5	1.58	0.9935	4.693	0.306	0.020
0.080	4	1.81	0.9652	3.223	0.737	0.166
0.085	2	2.05	0.9196	2.145	-0.146	0.009
0.090	2	2.28	0.8586	1.341	0.659	0.324
0.095	2	2.51	0.9453	0.790	1.210	1.755
0.100	1	2.74	0.9869	0.447	0.553	0.684
	149		$\mathcal{P}_{11}^{20}(19, 41) = 0.54$	4.857		19.41

	N_0	μ_i	β_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0.000		-2.10	0.0179			
0.005	2	-1.85	0.0321	2.802	-0.102	0.005
0.010	4	-1.60	0.0548	5.560	0.640	0.145
0.015	5	-1.35	0.0865	4.987	0.022	0.009
0.020	8	-1.10	0.1356	6.921	1.029	0.152
0.025	8	-0.85	0.1976	9.176	-1.026	0.152
0.030	18	-0.60	0.2742	11.557	6.613	3.918
0.035	19	-0.35	0.3632	13.172	5.828	2.142
0.040	11	-0.10	0.4602	14.356	-3.356	0.784
0.045	11	0.15	0.5596	14.711	3.711	0.936
0.050	16	0.40	0.6554	14.178	1.822	0.234
0.055	7	0.65	0.7423	12.832	-5.818	2.650
0.060	8	0.90	0.7259	10.922	-2.422	0.782
0.065	6	1.15	0.8749	9.322	-2.732	0.854
0.070	7	1.40	0.9192	6.556	0.444	0.423
0.075	5	1.65	0.9665	4.632	0.568	0.029
0.080	4	1.90	0.9713	3.078	0.422	0.276
0.085	2	2.15	0.9842	1.909	0.091	0.004
0.090	2	2.40	0.9978	1.125	0.875	0.682
0.095	2	2.65	0.9960	0.622	1.578	3.056
0.100	1	2.90	0.9982	0.311	0.689	1.528
	147		$\mathcal{P}_{18}^{20}(19, 17) = 0.58$			19.72

Table: 17. $N = 14$, $\bar{\mu}_c = 0.012$, $\sigma_n = 0.003$.

	N_0	μ_i	β_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0.000		-4.00	0.0002	0.000	0.000	0.000
0.004	0	-3.06	0.0038	0.0037	-0.004	0.004
0.008	1	-2.35	0.0092	1.224	-0.224	0.041
0.012	5	0	0.0299	5.722	-0.722	0.091
0.016	7	1.35	0.0688	5.725	1.275	0.284
0.020	1	2.66	0.0961	1.122	-0.222	0.040
0.024	0	4.00	0.0999	0.053	-0.053	0.053
	14		$\mathcal{P}_4^6(0.512) = 0.90$	0.050		0.515

Table: 18. $N_c = 137$, $\bar{\mu}_c = 0.0428$, $\sigma_{nc} = 0.0210$.

Interval μ_r	N_0	μ_i	β_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0.000		-2.03	0.021	-	-	-
0.005	2	-1.98	0.035	2.069	-0.069	0.002
0.010	4	-1.56	0.059	3.249	0.750	0.159
0.015	5	-1.32	0.093	4.576	0.474	0.079
0.020	8	-1.08	0.159	6.302	1.298	0.457
0.025	9	-0.85	0.148	3.158	0.348	0.085
0.030	15	-0.61	0.222	9.714	5.026	2.535
0.035	17	-0.37	0.355	11.510	5.492	2.620
0.040	8	-0.13	0.447	12.510	-4.570	1.270
0.045	11	0.10	0.542	12.474	-1.074	0.300
0.050	14	0.34	0.634	12.660	1.342	0.142
0.055	7	0.58	0.719	11.685	-4.685	1.719
0.060	8	0.82	0.774	10.185	-2.165	0.465
0.065	6	1.06	0.855	9.384	-2.584	0.675
0.070	7	1.29	0.922	6.522	0.479	0.055
0.075	5	1.53	0.957	4.745	0.205	0.009
0.080	4	1.77	0.962	3.529	0.672	0.155
0.085	2	2.01	0.918	2.142	-0.142	0.007
0.090	2	2.25	0.951	1.370	0.630	0.240
0.095	2	2.48	0.943	0.745	1.215	1.927
0.100	1	2.72	0.917	0.452	0.548	0.614
	137		$\mathcal{P}_{11}^{20}(14, 04) = 0.75$		$\Sigma = 3.287$	$\Sigma = 14.04$

Table: 18. $N_c = 120$, $\bar{\mu}_r = 0.0251$, $\sigma_{nc} = 0.0045$.

	N_0	μ_i	β_i	N_c	$N_0 - N_c$	χ^2_i
0.0000		-5.57	0.0000	0.000	0.000	0.000
0.0015	0	-3.90	0.0000	0.000	0.000	0.000
0.0025	0	-2.80	0.0025	0.5037	-0.504	0.304
0.0035	7	-1.68	0.0456	5.251	1.765	0.611
0.0045	18	-0.57	0.2177	17.563	-0.563	0.011
0.0055	50	0.53	0.7031	50.4814	-0.4714	0.019
0.0065	32	1.64	0.9473	14.8678	2.137	0.153
0.0075	3	2.75	0.9971	5.712	-2.711	1.977
0.0085	0	3.80	0.9999	0.5338	-0.534	0.339
	120		$\mathcal{P}_6^3(2.48) = 0.87$			2.48

Interval μ_T	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.000		-6.30				
0.010	0	-3.90	0.0000			
0.015	0	-2.70	0.0029	0.107	-0.107	0.107
0.020	1	-1.60	0.0580	2.039	-1.039	0.529
0.025	16	-0.58	0.3516	10.863	5.137	2.429
0.030	14	0.81	0.7909	16.254	-2.254	0.312
0.035	4	2.00	0.4772	6.893	-2.893	1.214
0.040	2	3.20	0.9993	0.818	1.182	1.398
0.045	0		0.9999	0.022	-0.022	0.022
	$\Sigma = 37$		$P_6^8(6.01) = 0.30$			$\Sigma = 6.01$

Table : 22 $N_a^L = 42$, $\bar{\mu}_{ra} = 0.0263$; $\sigma_{na} = 0.0048$

Interval μ_T	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.000		-5.40	0.0000			
0.010	0	-3.40	0.0003			
0.015	0	-2.30	0.0093	0.378	-0.378	0.378
0.020	4	-1.30	0.0947	3.587	0.413	0.047
0.025	16	-0.27	0.3933	12.541	3.459	0.954
0.030	15	0.80	0.7796	16.225	-1.225	0.092
0.035	4	1.80	0.9650	7.787	-3.787	1.841
0.040	3	2.85	0.9978	1.378	1.622	1.911
0.045	0		0.9999	0.088	-0.088	0.088
	$\Sigma = 42$		$P_6^8(5.31) = 0.50$			$\Sigma = 5.31$

Interval μ_T	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.000		-5.70				
0.010	0	-3.50	0.0002			
0.015	1	-2.40	0.0072	0.301	0.699	1.623
0.020	2	-1.30	0.0912	3.612	-1.612	0.719
0.025	18	-0.22	0.4121	13.793	4.201	1.279
0.030	16	+0.88	0.8130	17.239	-1.239	0.089
0.035	4	2.00	0.9772	7.060	-3.061	1.326
0.040	2	3.10	0.9991	0.942	1.058	1.189
0.045	0		0.9999	0.034	-0.034	0.034
	43		$P_6^8(6.26) = 0.39$			6.26

Table : 24 $N_a^{L,C} = 45$; $\bar{\mu}_a^{L,C} = 0.0257$; $\sigma_{na}^{L,C} = 0.0048$

Interval μ_T	N_o	μ_i	P_i	N_c	$N_o - N_c$	χ_i^2
0.000		-5.35				
0.010	0	-3.27	0.0005			
0.015	1	-2.20	0.0129	0.558	0.442	0.350
0.020	4	-1.18	0.1175	4.707	-0.707	0.106
0.025	18	-0.14	0.4420	14.602	3.397	0.790
0.030	16	0.89	0.8150	16.776	-0.776	0.036
0.035	4	1.93	0.9740	7.146	-3.146	1.385
0.040	2	2.97	0.9985	1.120	0.879	0.690
0.045	0		0.9999	0.063	-0.063	0.063
	45		$P_6^8(3.42) = 0.75$			3.42

A N N E X E II



TABLEAU I	:	Liste définitive des étoiles qui contribuent au diagramme H-R.	109
TABLEAU II	:	Etoiles du turn-off des Hyades.	111
TABLEAU III	:	Etoiles du turn-off de Coma.	111
TABLEAU IV	:	Recherche du coefficient α de la I.M.F..	112
TABLEAU V	:	Recherche du coefficient A de I.M.F..	112
TABLEAU VI	:	Etoiles standards du champ pour l'estimation du module de distance de l'amas.	112
TABLEAU VII	:	Etoiles naines de Ursa-Major et des Hyades.	96

Tableau: -I- (debut).

N ^o BOUNA TIRO	BD	V	B-V	M _v	C.B Johnson	M _{bol.}	θ _{eff} Johnson	T _{eff.}	Log T _{eff.}
1	27 2130	9.45	0.80	5.21	-0.175	5.035	0.455	5237	3.722
2	28 2123	8.50	---	3.46	---	---	---	---	---
4	26 2323	7.89	0.353	3.35	0.025	3.55	0.745	6765	3.830
5	28 2125	8.61	0.47	4.07	-0.02	4.05	0.820	6222	3.794
6	27 2129	8.37	0.45	5.23	-0.01	3.82	0.800	6300	3.793
7	25 2495	7.42	0.273	2.88	+0.05	3.02	0.700	7200	3.857
8	28 2115	4.95	0.273	0.41	+0.05	0.46	0.700	7200	3.857
9	26 2326	6.48	0.182	1.94	+0.06	2.00	0.640	7875	3.896
10	25 2488	9.02	0.566	4.48	-0.05	4.43	0.850	5929	3.773
11	24 2457	8.60	0.453	4.06	-0.01	4.05	0.840	6500	3.799
12	30 2281	9.41	0.54	4.87	-0.04	4.83	0.640	6000	3.778
13	29 2280	6.67	0.177	2.13	+0.06	2.19	0.590	7875	3.896
15	26 2353	6.65	0.107	2.11	+0.05	2.16	0.625	8542	3.931
17	26 2352	6.76	0.163	2.22	+0.06	2.28	0.695	8064	3.906
18	26 2345	6.42	0.266	1.88	+0.05	1.92	0.945	7252	3.860
20	25 2511	9.78	0.776	5.24	-0.16	5.08	0.945	5300	3.727
21	28 2095	8.28	0.40	3.74	+0.01	3.75	0.775	6503	3.813
23	27 2158	6.54	0.179	2.00	+0.06	2.06	0.640	7875	3.896
24	28 2109	8.55	0.463	4.01	-0.01	4.00	0.805	7875	3.796
25	27 2121	9.36	0.59	4.82	-0.055	4.765	0.860	5860	3.768
16	26 2340	9.12	0.54	4.58	-0.04	4.54	0.840	6000	3.778
26	27 2122	8.42	0.443	3.88	-0.01	3.87	0.795	6339	3.802
28	26 2344	5.18	0.076	0.64	+0.03	0.67	0.570	8842	3.946
29	26 2321	8.13	0.410	3.58	+0.01	3.59	0.780	6461	3.810

Tableau: -I- (debut).

	M _v	C.B. VANDENBERG	M _{bol.}	θ _{eff} VANDENBERG	T _{eff.}	Log T _{eff.}
1	5.21	-0.15	5.06	0.956	5.272	3.722
2	3.96	---	---	---	---	---
4	3.55	-0.05	3.50	0.720	7000	3.845
5	4.07	-0.05	4.02	0.790	6380	3.805
6	3.83	-0.05	3.78	0.775	6503	3.813
7	2.88	-0.05	2.93	0.674	7478	3.874
8	0.41	-0.05	0.36	0.673	7489	3.874
9	1.94	-0.05	1.89	0.628	8155	3.911
10	4.48	-0.05	4.42	0.842	5986	3.777
11	4.06	-0.05	4.01	0.778	6478	3.811
12	4.87	-0.06	4.82	0.825	6109	3.786
13	2.13	-0.05	2.07	0.616	8182	3.913
15	2.11	-0.05	2.06	0.582	8660	3.938
17	2.22	-0.05	2.17	0.608	8289	3.919
18	1.88	-0.05	1.83	0.665	7579	3.880
20	5.24	-0.15	5.09	0.946	5328	3.727
21	3.74	-0.03	3.71	0.750	6720	3.827
23	2.00	-0.05	1.95	0.620	7129	3.910
24	4.01	-0.05	3.96	0.790	6380	3.805
25	4.82	-0.05	4.77	0.855	5895	3.770
16	4.58	-0.05	4.53	0.840	6000	3.778
26	3.88	-0.05	3.83	0.773	6520	3.814
28	0.64	-0.05	0.59	0.566	9405	3.450
29	3.58	-0.05	3.53	0.755	6675	3.824

Tableau: -I- (suite).

№ BOUNA TIRO	BD	V	B-V	M _v	C.B. JOHNSON.	M _{bol.}	Diff. JOHNSON.	T _{eff.}	Log T _{eff.}
30	26 2357	4.80	0.490	0.26	-0.02	0.24	0.815	6189	3.791
31	25 2486	8.83	0.510	4.29	-0.03	4.26	0.825	6109	3.786
32	27 2454	5.00	0.081	0.46	+0.055	0.405	0.570	8942	3.946
33	27 2427	8.60	0.453	4.06	-0.010	4.05	0.800	6300	3.799
34	26 2347	8.17	0.518	3.62	-0.03		0.830	6072	3.783
35	27 2417	9.53	0.590	4.79	-0.055		0.860	5860	3.768
46	26 2354	5.29	-0.050	0.74	-0.23		0.475	10610	4.026
36	24 2464	5.48	0.430	0.93	0.00	0.93	0.790	6380	3.805
37	26 2346	6.72	0.230	2.18	+0.06	2.13	0.670	7522	3.876
38	25 2517	5.46	0.040	0.92	+0.005	0.86	0.550	9164	3.962
39	23 2447	8.73	0.520	4.18	-0.03	4.13	0.830	6072	3.783
41	30 2287	7.55	0.300	3.01	+0.04	2.96	0.715	7049	3.848
43	25 2523	6.29	0.108	1.25	+0.05	1.20	0.590	8542	3.931
44	28 2087	8.12	0.400	3.58	+0.005	3.53	0.715	6503	3.813
45	23 2448	6.27	0.167	1.73	+0.06	1.68	0.630	8000	3.903
47	25 2482	9.80	0.520	4.26	-0.06	4.20	1.120	4500	3.653
48	24 2455	6.03	1.10	1.49	-0.46	1.03	1.020	4500	3.653
50	26 2330	9.10	0.550	4.56	-0.04	4.52	0.840	6000	3.778
	29 2348	5.57	0.950	1.03	-0.535	3.02	1.030	4893	3.689
	34 2298	7.27	0.440	2.73	-0.01	2.72	0.795	6340	3.802
	36 2278	9.71	0.630	4.54	-0.18	4.40	0.975	5760	3.760
	32 2236	9.14	0.540	4.60	-0.04	4.56	0.840	6000	3.778
	24 2424	7.49	0.330	2.95	+0.03	2.98	0.735	6857	3.836
	28 2456	4.94	0.670	0.40.	-0.09	0.31	0.895	5631	3.751.

Tableau: -I- (suite).

	M _v	C.B. VANDENBERG	M _{bol.}	Diff. VANDENBERG.	T _{eff.}	Log T _{eff.}
30	0.26	-0.05	0.21	0.797	6324	3.801
31	4.29	-0.05	4.24	0.812	6207	3.795
32	0.46	-0.05	0.41	0.573	8796	3.944
33	4.06	-0.05	4.01	0.775	6503	3.813
34	3.62	-0.05	3.57	0.815	6184	3.791
35	4.79	-0.06	4.73	0.855	5895	3.770
46	0.74	-0.32	0.43	0.475	10611	4.026
36	0.93	-0.04	0.89	0.766	6580	3.818
37	2.18	-0.05	2.13	0.645	7814	3.823
38	0.92	-0.05	0.87	0.546	9231	3.965
39	4.18	-0.05	4.13	0.815	6184	3.791
41	3.01	-0.05	2.96	0.686	7349	3.866
43	1.25	-0.05	1.20	0.582	8680	3.938
44	3.58	-0.05	3.53	0.750	6720	3.827
45	1.73	-0.05	1.68	0.608	8280	3.919
47	4.26	-0.06	4.20	1.120	4500	3.653
48	1.49	-0.46	1.03	1.020	4500	3.653
50	4.56	-0.05	4.52	0.840	6000	3.778
	1.03	-0.21	0.82	1.030	4870	3.685
	2.73	-0.03	2.70	0.795	6339	3.802
	4.54	-0.16	4.38	0.875	5760	3.760
	4.60	-0.05	4.55	0.825	6109	3.786
	2.95	-0.05	2.90	0.735	6857	3.836
	0.40	-0.03	0.37	0.775	6380	3.805

Tableau : IV

	$\alpha = 0.35$	$\alpha = 1.35$	$\alpha = 2.35$	$\alpha = 1.75$	$\alpha = 3.35$
m_0	$10 \times N(m_0)$				
1.10	9.67	8.79	7.99	8.46	7.27
1.30	8.42	7.02	5.40	6.32	4.45
1.50	8.68	5.78	5.87	4.92	2.57
1.70	8.30	4.88	2.87	3.95	1.69
1.90	7.99	4.20	2.21	3.25	1.16
2.10	7.71	3.67	1.75	2.73	0.83
2.30	7.47	3.25	1.41	2.33	0.61
2.50	7.26	2.9	1.16	2.01	0.46
2.70					

Tableau : V, $\alpha = 2.35$

m_0	$10 \times N(m_0)$	$12 \times N(m_0)$	$13 \times N(m_0)$	$14 \times N(m_0)$	$15 \times N(m_0)$
1.10	7.99	9.60	10.40	11.18	11.98
1.30	5.40	6.48	7.02	7.56	8.10
1.50	3.97	4.64	5.05	5.42	5.80
1.70	2.87	3.44	3.79	4.02	4.30
1.90	2.21	2.65	2.87	3.09	3.31
2.10	1.75	2.10	2.27	2.45	2.61
2.30	1.41	1.70	1.83	1.97	2.11
2.50	1.16	1.40	1.51	1.62	1.74
2.70					

Tableau : VI

HD	V	B-V	π	HD	V	B-V	π
1518	4.23	0.58	0.140	3651	5.57	0.85	0.095
14802	5.20	0.60	0.076	3765	5.87	0.94	0.072
20630	4.93	0.68	0.107	17925	7.36	0.57	0.127
20794	4.27	0.71	0.161	82885	6.04	0.77	0.109
30495	5.51	0.63	0.077	101501	5.41	0.72	0.110
39597	4.41	0.59	0.101	131156	5.33	0.76	0.148
43834	5.09	0.72	0.115	149661	4.55	0.82	0.090
52711	5.93	0.60	0.058	155885	5.75	0.56	0.184
76151	6.00	0.67	0.085	155886	5.09	0.86	0.184
982302	3.80	0.59	0.127	165341	4.25	0.78	0.195
932314	3.79	0.59	0.127	32147	6.22	1.06	0.109
99491	6.50	0.79	0.057	131977	5.74	1.44	0.180
109358	4.26	0.59	0.026	219134	5.56	1.01	0.147
3443	5.57	0.72	0.93	119100	9.31	1.20	0.061
201091	4.84	1.26	0.296	156026	6.34	1.16	0.184

TABLE DES MATIERES

1ère PARTIE : ETUDE ASTROMETRIQUE

I	-	<u>INTRODUCTION</u>	5
II	-	<u>ETUDE STATISTIQUE DE LA REGION CENTRALE DE L'AMAS COMA</u>	6
		A) - Introduction	7
		B) - Test de King (1979)	8
		1°) Description	
		2°) Application	
III	-	<u>ETUDE DE LA REGION AVOISINANTE</u>	17
IV	-	<u>EXAMEN PHOTOMETRIQUE</u>	22
		A) - Liste définitive	23
		B) - Correction de LACROUTE et CORBIN	27
		C) - Liste complémentaire	31
		D) - Comparaison avec la liste de Trumpler	32
		E) - Examen photométrique du groupe de 14 étoiles observé lors de l'application du test de King	32
V	-	<u>TEST DE SCHWARZSCHILD APPLIQUE AU CHAMP RESULTANT</u>	34
		A) - Description	35
		B) - Application et détermination de l'apex et du vertex : après l'étude statistique, après l'examen photométrique	36
		1°) Détermination de l'apex	
		2°) Détermination du vertex	
VI	-	<u>GRANDEURS ASTROMETRIQUES DEFINISSANT L'AMAS</u>	40
		A) - Mouvement propre moyen	41
		B) - Distance	41
		C) - Vitesse radiale et Vitesse spatiale	42
		D) - Coordonnées du centre	43
		E) - Diamètre angulaire et taux de concentration des étoiles	43

2ème PARTIE : ETUDE SPECTROPHOTOMETRIQUE

I	-	<u>INTRODUCTION AU DIAGRAMME H-R</u>	51
II	-	<u>DIAGRAMME H-R DE Coma Berenices</u>	57
		A) <i>Détermination de la température effective et de la magnitude bolométrique</i>	58
		B) <i>Interprétation du diagramme H-R</i>	62
III	-	<u>GRANDEURS PHYSIQUES DEFINISSANT L'AMAS</u>	65
		A) <i>Composition chimique de l'amas</i>	66
		B) <i>Age de l'amas</i>	70
		C) <i>Fonction de luminosité de l'amas</i>	75
		D) <i>Distance de l'amas</i>	79
		E) <i>Comparaison des résultats avec les études précédentes</i>	81
V	-	<u>CONCLUSION</u>	83

TABLE DES FIGURES1ère PARTIE

Figure 1	<i>Différentes distributions du champ et de l'amas après l'étude statistique</i>	13
Figure 2	<i>Différents histogrammes du champ et de l'amas après l'étude statistique</i>	14
Figure 3	<i>Limite de la région avoisinante de l'amas Coma</i>	18
Figure 4	<i>Représentation et histogramme des 120 étoiles de l'amas</i>	20
Figure 5a	<i>Variation de l'indice de couleur des étoiles en fonction de leur température</i>	24
Figure 5b	<i>Diagramme théorique à 2 couleurs</i>	26
Figure 6	<i>Répartition et distribution des étoiles du champ et de l'amas après l'examen photométrique</i>	30
Figure 7	<i>Diagramme H-R (B-V, V) du groupe des 14 étoiles</i>	33
Figure 8	<i>Détermination de l'apex et du vertex</i>	38
Figure 9	<i>Représentation des 45 étoiles de l'amas Coma dans le plan (α, δ)</i>	45
Figure 10	<i>Densité spatiale de l'amas Coma</i>	47

2ème PARTIE

Figure 1	Diagramme H-R classique $M_V = f(T_{\text{eff}})$	53
Figure 2	Diagramme d'évolution et d'isochrone	55
Figure 3	Calibration de la correction bolométrique en fonction de la température effective	60
Figure 4	Calibration de la température effective en fonction de l'indice de couleur	61
Figure 5	Diagramme H-R de l'amas Coma obtenu avec les calibrations de Johnson	63
Figure 6	Diagramme H-R de l'amas Coma obtenu avec les calibrations de Vandenberg	64
Figure 7	Dépendance de la ZAMS avec la composition chimique	67
Figure 8	Diagramme composite des 3 séries principales et 3 ZAMS de Coma, Hyades et Ursa-Major	69
Figure 9	Réseau de 3 Isochrones d'âge pour la composition chimique solaire	73
Figure 10	Diagramme composite des Turn-Off des Hyades et de Coma	76
Figure 11	Répartition de la fonction de luminosité dans le plan (M_{bol} log T_{eff})	78
Figure 12	Fonction de masse initiale de l'amas Coma	80
Figure 13	Ajustement de la série principale de l'amas Coma à une série principale standard	82

ANNEXES 1 ET 2

TABLEAU I	:	<i>Compromis de KING de la distribution des mouvements propres des étoiles de l'amas NGC 4103 et celle du champ.</i>	11
TABLEAU II	:	<i>Probabilité d'appartenance à l'amas Coma.</i>	87
TABLEAU III	:	<i>Compromis de la distribution des mouvements propres de l'amas Coma et celle du champ.</i>	12
TABLEAU IV	:	<i>Groupe des 14 étoiles.</i>	15
TABLEAU V	:	<i>Liste des 110 étoiles plus les 17 étoiles du champ proches des valeurs extrêmes de la distribution de l'amas.</i>	91
TABLEAU VI	:	<i>Liste définitive des étoiles de l'amas appartenant à la région centrale.</i>	97
TABLEAU VII	:	<i>Liste des étoiles appartenant au catalogue photométrique de Mermilliod et ne figurant pas dans l'AGK3.</i>	99
TABLEAU VIII	:	<i>Liste du groupe des 14 étoiles plus 10 étoiles qui leurs sont proches en mouvements propres.</i>	100
TABLE 1, ..., 24		<i>Test de χ^2 relatifs à différents distributions.</i>	101
TABLE 25		<i>Répartition des étoiles suivant des secteurs pour la détermination de l'apex et du vertex.</i>	99
TABLE 26		<i>Calcul de densité projeté des étoiles de Coma.</i>	103
TABLE 27		<i>Calcul de densité projeté dans l'hypothèse de 3 sphères constantes.</i>	103
TABLE 28		<i>Répartition projetée observée des étoiles de Coma.</i>	43
TABLEAU I	:	<i>Liste définitive des étoiles qui contribuent au diagramme H-R.</i>	109
TABLEAU II	:	<i>Etoiles du turn-off des Hyades.</i>	111
TABLEAU III	:	<i>Etoiles du turn-off de Coma.</i>	111
TABLEAU IV	:	<i>Recherche du coefficient α de la I.M.F..</i>	112
TABLEAU V	:	<i>Recherche du coefficient A de I.M.F..</i>	112
TABLEAU VI	:	<i>Etoiles standards du champ pour l'estimation du module de distance de l'amas.</i>	112
TABLEAU VII	:	<i>Etoiles naines de Ursa-Major et des Hyades.</i>	96

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGK3 : 1975, *star catalogue of positions and propers motions*, volume 4, 5, 6, *Braght stars catalogue* : 1982, and *supplément* 1983.

C.D.S : *centre de données stellaires de Strasbourg*.

Corbin, P.M : 1978, *Colloque n°48*, IAU, 49.

Cayrel, G and Delhaye, J : 1982, *Some remarks on the luminosity function of the nearest open clusters*, 241.

Cayrel, G and Bentolilla C : 1983, *Astron. Astrophys.* 119, 1-13.

Encyclopédie Scientifique de l'univers : 1979, *les étoiles et le système solaire* : 189, 251

Encyclopédie Universalis : 1980, *Astronomie* : 355.

Jonhson : 1966, *Astro.infrared measurements* : 197.

King, D.S, HL : 1979, *Royal Society of New South wales*, volume : 112, pp : 101-104.

Gustafsson, B : 1979, *Astron, Astrophys* : 74, 313.

Lacroute, P : and Valbousquet, A : 1970, *colloque n° 7*, IUA, 153.

Mermilliod, J.C : 1976, *Astr. and astrophys. supplement series*, volume : 24 n° 2, 275.

Mihalas, D and Binney, J : 1980, *Galactic astronomy*, deuxième édition : 107-108.

Milne, L.M and Thomson, M.A : 1148, *Standard four. figure mathematical tables* édition : B, 211.

Miller-Scolo : 1980, *Ap. J. suppl.* : 41, 513.

Strano, K.A : 1980, *basic astronomical data*, volume : 3, 92.

Smart, W and Adams, J.C : 1938, *stellar dynamics*, 168, 298.

Trumpler, R.J : 1938, *lick observatory bulltin* : 494, 167.

Vandenberg, D : 1985, *Ap.J. suppl. serie* : 51, 29,

Vandenberg, D : 1985, *Ap.J. suppl. serie* : 58, 711.