

PARALLELISME DES HALOS DE GALAXIES  
ET DES NEBULOSITES ASSOCIEES AUX Q.S.O.

Henri-Hughes FLICHE \*, Jean-Marie SOURIAU \*, Roland TRIAY \*

Centre de Physique Théorique  
C.N.R.S. - Luminy - Case 907  
F-13288 MARSEILLE CEDEX 9  
France

APRIL 1983

CPT-83/P.1502

\* Université de Provence, Centre Saint-Charles - Marseille



# PARALLELISME DES HALOS DE GALAXIES ET DES NEBULOSITES ASSOCIEES AUX Q.S.O.

Henri-Hugues FLICHE, Jean-Marie SOURIAU, Roland TRIAY

(Université de Provence et Centre de Physique Théorique, Marseille)

## Summary

Haloes ( or coronae ) can be detected observationally in certain number of galaxies by:

- either the presence of a neutral hydrogen envelope,
- and/or the presence of dwarf satellite galaxies ( eg. The Galaxy or M 31 ) or companion galaxies ( eg. M 51 ).

It appears that the orientation of the central galactic planes is practically random ( MAC GILLIVRAY et al., 1982 ), but in contrast, the haloes, whether common to several galaxies ( eg. M 81 / NGC 3034 / NGC 3077, NGC 4990/85 ) or not ( eg. M 33 ), have a strong tendency to be aligned; the most frequent orientation is close to that of the Local Cloud.

Spiral galaxies of the Local Group, galaxies with extended H I envelopes, galaxies in BOSMA's ( 1981 b ) sample and the ROTS ( 1980 ) catalogue are studied statistically from this point of view, position angles being taken from published values ( see table I ). Histograms of deviations from the common orientation show that there is a strong correlation of halo orientations, illustrated in figure 11. We remark that the correlation becomes more significant as the observational data becomes more precise. In the case of the best known galaxies ( The Galaxy, M 31, M 33, M 83, M 101, M 81, M 51 ) the effect is directly visible ( see illustrations ).

The flattening of the Local Super Cluster and of the Local Group, and the alignment of galactic haloes implies a layered structure for our locality. Observations of nebulosities associated to quasars seem to indicate that this structure extends much farther. The genesis of this structure presents a number of cosmological problems ( see SOURIAU 1982 ).

## Key words:

galaxies, cluster of galaxies, neutral hydrogen, quasars, cosmology

Send proofs: J.M. Souriau

Luminy - Case 907 - F 13288 MARSEILLE CEDEX 9 France

### Introduction

Dans un travail antérieur ( FLICHE et al. 1982 ) nous avons montré que la répartition spatiale des quasars suggérait l'existence d'une STRATIFICATION GENERALE de l'Univers dans la direction perpendiculaire au "pôle cosmique"  $\alpha$  dont les coordonnées équatoriales (1950) sont

( 17h 45mn,  $-6^{\circ}50'$  )

Cette stratification est aussi apparente dans la répartition des galaxies environnantes; elle est en particulier compatible avec:

- 1) l'aplatissement du Super-Amas local ( en d'autres termes, le point  $\alpha$  ci-dessus est proche du pôle supergalactique défini par DE VAUCOULEURS (1976) );
- 2) le feuilletage de ce super-amas ( d'après TULLY 1982 );
- 3) la répartition des "outstanding galaxies" ( d'après DE VAUCOULEURS 1975 );
- 4) l'aplatissement du Groupe Local ( d'après DE VAUCOULEURS 1975 );
- 5) la cinématique du Groupe Local par rapport au rayonnement cosmologique et au référentiel défini par les galaxies environnantes ( d'après DE VAUCOULEURS et al. 1981 ) - la direction  $\alpha$  et celle qui est définie par la cinématique coïncident à la précision des mesures (  $\sim 2$  degrés ).

A plus petite échelle encore, nous allons constater que la direction  $\alpha$  semble aussi jouer un rôle dans la disposition des régions externes des galaxies.

Nombreuses sont les galaxies spirales ou irrégulières pour lesquelles on observe en 21 cm des enveloppes d'hydrogène neutre, parfois très étendues. Celles-ci sont souvent accompagnées ou prolongées par des galaxies naines ("satellites" ou "compagnons"); ce sont les grandes structures ainsi détectées que nous appellerons HALOS GALACTIQUES. Il arrive parfois qu'un même halo soit commun à plusieurs galaxies - constituant un "système".

Nous allons examiner l'hypothèse suivante:

les halos galactiques sont des structures aplaties et parallèles à la stratification générale ( telle qu'elle est définie ci-dessus ).

On sait que les plans des régions centrales des galaxies sont apparemment orientés au hasard; une corrélation entre leur orientation et celle du super-amas environnant a bien été détectée, mais elle reste très faible dans le cas des galaxies qui nous entourent ( MAC GILLIVRAY et al. 1982 ); par conséquent l'hypothèse que nous venons de formuler implique dans la plupart des cas un GAUCHISSEMENT de la galaxie, nécessaire pour raccorder la région centrale au plan du halo.

Il est difficile de reconstituer à partir des observations la disposition spatiale des galaxies et de leur halo; cependant le contrôle de notre hypothèse se trouve facilité par la forme aplatie de notre super-amas: la plupart des galaxies proches sont observées dans les directions perpendiculaires au pôle  $\alpha$  et à son antipode  $\omega$ ; dans des coordonnées du ciel associées à ces pôles, la "latitude cosmique" des objets reste faible. C'est ce qu'on constate sur les figures 10 a, b, représentant ainsi les principaux échantillons de travail.

Cette disposition spatiale implique donc que les halos, s'ils sont effectivement parallèles à la stratification générale, doivent être observés à FAIBLE INCIDENCE. En perspective sur le plan du ciel, on doit donc observer un ALLONGEMENT des halos dans une direction proche de la direction orthogonale à  $\alpha$ ; cette direction théorique est calculée et tracée sur toutes les cartes que nous avons établies.

### LES DONNEES RELATIVES AUX GALAXIES

Nous allons étudier cinq échantillons:

1) les trois galaxies spirales du Groupe Local, sur lesquelles nous avons le plus d'informations grâce à leur proximité.

2) les galaxies (ou systèmes de galaxies) ayant des enveloppes H I particulièrement étendues, et qui ont fait l'objet d'études en synthèse ou super-synthèse d'ouverture.

3) un échantillon de cartes d'enveloppes H I (ROTS 1980), tracées à partir des observations sur de grands radio-télescopes. Ces observations portent sur des régions lointaines du halo, mais elles sont relativement peu précises (il suffit de comparer la carte d'une même galaxie obtenue par cette technique et par celle de super-synthèse d'ouverture; voir la figure 1).

Dans cet échantillon de Rots, beaucoup de halos tombent en dessous du pouvoir séparateur réel et apparaissent donc comme quasi-circulaires sans qu'on puisse en tirer de conclusions. Il est donc nécessaire d'effectuer un tri préalable.

4) un échantillon de galaxies (BOSMA 1981 b) dont les régions H I ont été observées en super-synthèse et à haute résolution.

Pour des raisons instrumentales, ces observations se limitent souvent à des régions relativement proches de la région optique; elles permettent cependant d'observer le phénomène du gauchissement et d'apprécier la direction du halo.

5) Nous avons enfin étudié des galaxies diverses qui complètent les échantillons précédents.

( fig 1 : NGC 4565, a) d'après SANCISI- b) d'après ROTS )

ECHANTILLON 1: LES SPIRALES DU GROUPE LOCAL

-----NOTRE GALAXIE.

Le halo de la Galaxie est constitué:

-de nuages H I à grande vitesse ( d'après DE VAUCOULEURS et al. 1975 );  
-des galaxies satellites suivantes: les nuages de MAGELLAN LMc, SMc ; les galaxies elliptiques naines Scl, For, Leo I, Leo II, Sex C, UMa, UMi, Dra, Peg ( DE VAUCOULEURS 1975 ).

La vérification de l'hypothèse est évidemment particulière dans ce cas: les objets observés sont portés sur une carte du ciel en coordonnées cosmiques, et on doit constater qu'ils se situent préférentiellement dans les régions "équatoriales".

On voit sur la figure 2 que toutes les galaxies satellites de la nôtre ont une latitude cosmique CB comprise entre  $-30^\circ$  et  $+30^\circ$ ; que 7 galaxies sur 11, y compris les nuages de Magellan, sont dans la bande  $-13^\circ < CB < 13^\circ$ , qui représente moins du quart du ciel.

On voit aussi que les nuages H I sont confinés dans la même région.

Ces observations impliquent pour notre galaxie un gauchissement considérable: le plan galactique fait un angle de  $80^\circ$  avec le plan du halo.

( figure 2 : le système de la Galaxie )

-----M 31.

M 31 est la plus proche des galaxies spirales ( 700 Kpc ). Le rayon de l'enveloppe H I observée est de l'ordre du rayon de Holmberg ( NEWTON et al. 1977 ).

On constate sur la figure 3a que cette enveloppe présente un fort gauchissement, dirigé assez précisément dans la direction indiquée de la stratification générale. On notera que ce gauchissement est très symétrique, ce qui indique qu'il n'est pas dû à une interaction avec les satellites proches, tels que NGC 205 et M 32 ( visibles sur la figure ).

On connaît un certain nombre de galaxies naines plus lointaines, associées à M 31: NGC 147, NGC 185 ( DE VAUCOULEURS 1975 ), AndI, AndIII et éventuellement LG52/4/5 ( VAN DEN BERGH 1974, THUAN et al. 1979 ). La figure 3b montre que la structure constituée par M31 et ses satellites prolonge le gauchissement des régions H I et s'étend sur près de 30 degrés du ciel, très sensiblement dans la direction calculée a priori.

( fig 3a: d'après Emerson et al.; fig 3b: système d'Andromède )

-----M 33.

M 33 présente un très fort gauchissement, symétrique, aussi bien en optique qu'en 21 cm; on ne connaît aucun satellite qui pourrait en être la cause.

Les observations optiques interprétées par SANDAGE et al. ( 1980 ) indiquent

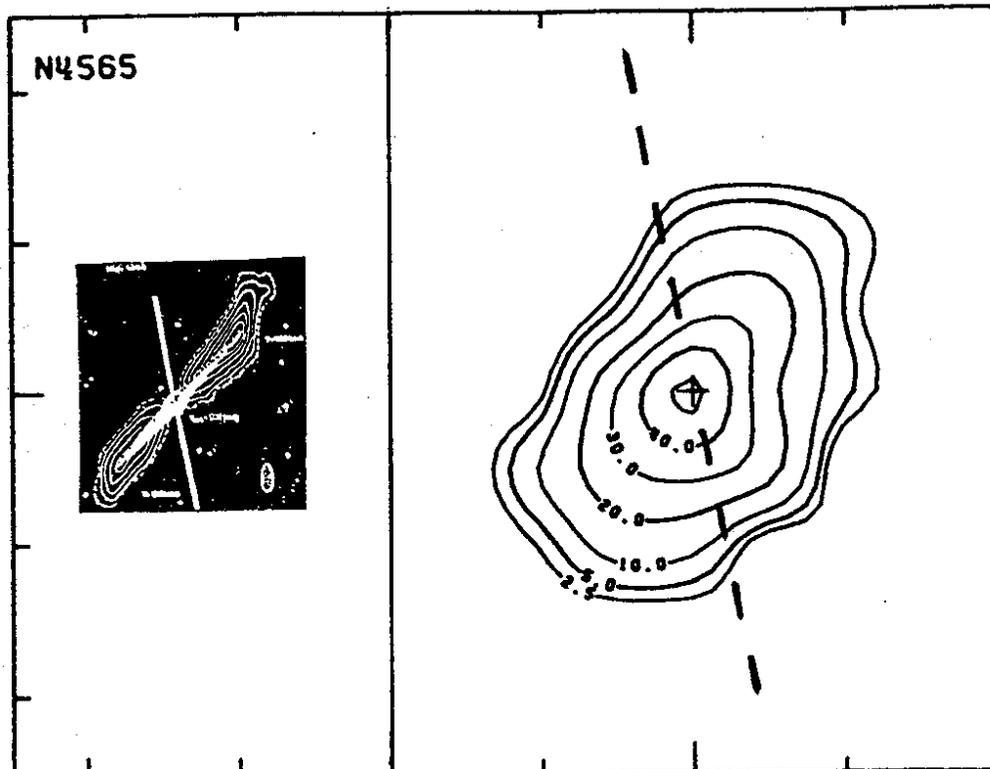


fig 1a  
(d'après Sancisi, 1976)

fig 1b  
(d'après Rots, 1980)

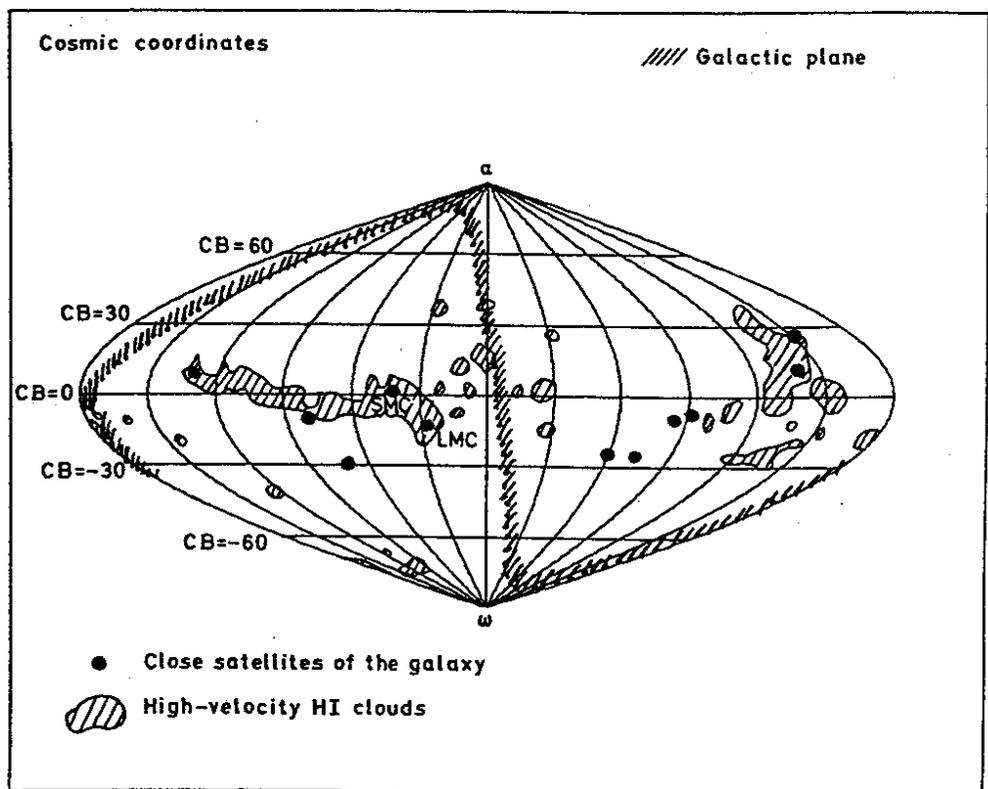


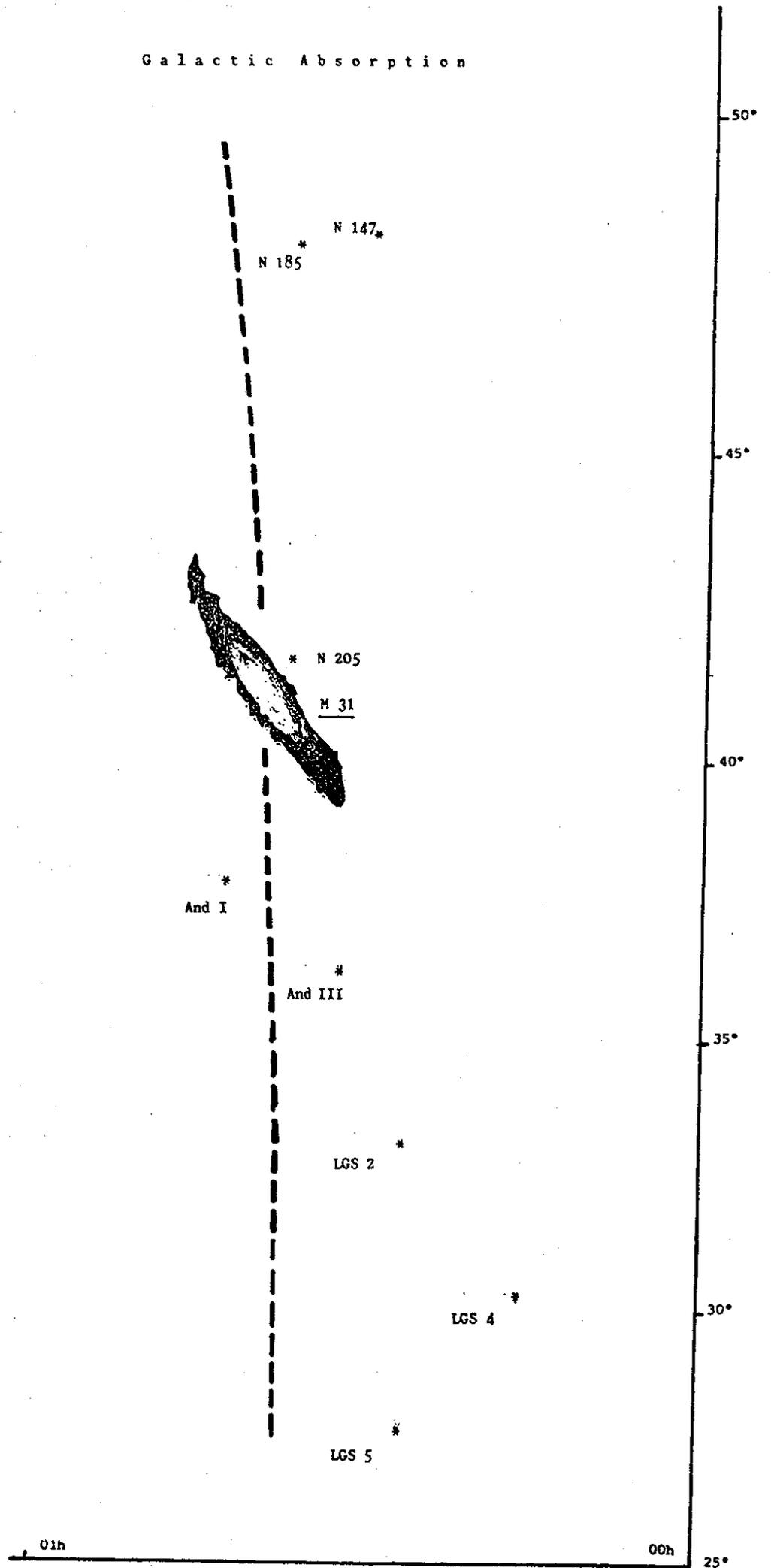
fig 2: Le système de la Galaxie



fig 3a : Andromède et son enveloppe HI (d'après Emerson et al.,1978)

fig 3b : Système d'Andromède

Galactic Absorption



que le rapport d'ellipticité  $b/a$  varie de 0.77 pour les régions centrales à 0.42 pour les régions externes ( 6 à 8 kpc du centre ), et que l'angle de position p.a. ( compté positivement du nord vers l'est ) varie dans les mêmes conditions de  $50^\circ$  à  $15^\circ$ . Sur la figure 4a, une ligne interrompue en forme de S construite par Sandage et al. indique cette évolution du grand axe: on constate qu'elle tend très nettement vers la direction de stratification.

En supposant le halo parallèle au plan de stratification générale, on peut calculer la valeur théorique de  $b/a$  qui vaut 0.44 et celle de p.a., soit  $7.5^\circ$ : l'accord avec les observations de Sandage et al. est donc très bon.

La figure 4b montre les courbes de densité et de vitesse de l'enveloppe H I étendue observée au radio-télescope d'Effelsberg ( HUCHTMEIER 1978 ). La coïncidence entre la direction du contour apparent des régions H I et celle de la stratification est particulièrement nette. On peut comparer avec les observations de Baldwin (1978), portant sur la même région (figure 4c); Newton (1980 a) donne les valeurs 0.59 pour l'ellipticité et  $22^\circ$  pour p.a.

fig 4a M 33 ( SANDAGE et al. ); 4b ( HUCHTMEIER ); 4c ( BALDWIN )

L'hypothèse proposée est donc très précisément confirmée par les spirales du groupe local.

## ECHANTILLON 2: GALAXIES AYANT DES ENVELOPPES H I ETENDUES

On a observé, pour certaines galaxies, des enveloppes H I d'une centaine de Kpc de diamètre (  $H_0 = 100 \text{ km/s/Mpc}$  ). C'est le cas des galaxies spirales proches M 83, M 101, du système M 81 / NGC 3034/3077, de la paire de galaxies NGC 4490/4485.

-----M 83, distante de 3.7 Mpc, fait partie du groupe de galaxies du CENTAURE, groupe qui est lui-même aplati et parallèle à la stratification générale ( DE VAUCOULEURS 1979 ).

L'alignement constitué de M 83, NGC 5253, A1334-278, A1338-296 s'étend sur  $6^\circ$  ( 400 kpc ); il est bien dans la direction perpendiculaire à  $\alpha$ .

L'enveloppe H I de M 83 est très étendue (  $76' \times 95'$  d'après HUCHTMEIER et al. 1981 ); la direction de son grand axe coïncide, à la précision des données, avec celle qui se calcule à partir de la stratification générale ( p.a. =  $-8^\circ$  ).

Les résultats obtenus en synthèse d'ouverture suggèrent un très fort gauchissement du disque externe de la galaxie ( cf fig 5b : isovitesses radiales d'après ROGSTAD et al. 1974 ), en plein accord avec l'orientation de l'enveloppe H I.

figures 5 a, b

-----M 101 est à une distance comparable à celle de M 83; son enveloppe H I s'étend sur  $100' \times 70'$  ( HUCHTMEIER et al. 1979 ). Le contour apparent de cette enveloppe ( fig. 6a ) s'allonge dans la direction que nous avons calculée ( p.a. =  $32^\circ$  ); les observations en synthèse d'ouverture donnent une valeur de l'angle de position de  $35^\circ$  ( ROGSTAD et al. 1971 ) ou  $38^\circ$  ( ALLEN 1975 ). Au vu de la carte des régions H I faite par HUCHTMEIER et al. ( 1979 ), cette enveloppe pourrait être reliée à celle de NGC 5474 par un pont de matière de densité très faible ( fig. 6b ); mais la précision obtenue ne permet pas d'en tirer de conclusions certaines.

Fig 6 a, b

-----M81 est représentée sur la figure 7a (avec un modèle des bras spiraux dû à VISSER 1978); les observations de ROTS(1980) constituent la figure 7b. Dans les deux cas l'accord avec la direction calculée est excellent.

Les galaxies M 81 / NGC 3034 / NGC 3077 constituent un système ayant une enveloppe H I commune, que l'on voit sur la figure 7c, d'après VAN DER HULST (1978). Cette figure s'interprète bien comme une perspective plane inclinée selon l'axe indiqué.

Les observations à haute résolution de M 81 donnent  $-28^\circ$  comme valeur de l'angle de position ( ALLEN 1975 ). Cette valeur s'accorde avec la direction de l'alignement de l'enveloppe du système M 81 / NGC 3077 ( p.a. =  $-30^\circ$  ); la valeur calculée est  $-25^\circ$ .

Fig. 7a, b, c

-----La paire de galaxies NGC 4490/4485 est distante de 8 Mpc ( DE VAUCOULEURS et al. 1976 ), la dimension apparente de son enveloppe H I est de  $51' \times 29'$  ( HUCHTMEIER et al. 1980 ). Le contour apparent de cette enveloppe est allongé dans la direction  $-13^\circ$ ; la valeur prédite est de  $12^\circ$ ; une différence donc de  $25^\circ$  avec des observations à basse résolution ( Fig. 8b ). Les observations faites à Westerbok par VIALLEFOND et al. ( 1980 ) montrent un fort gauchissement des régions H I et un alignement de NGC 4485 dans la direction de stratification (fig. 8a ).

Fig 8 a, b

Tels sont les quatre objets dont l'étude à haute résolution a été faite et dont l'enveloppe H I étendue a été cartographiée, à notre connaissance. Comme les trois galaxies du Groupe Local, ils présentent une orientation compatible avec l'hypothèse.

### ECHANTILLON 3: CATALOGUE DE ROTS ( 1980 )

Ce catalogue est constitué de 61 galaxies spirales ou irrégulières dont le rayon de Holmberg est compris entre 36 et 9 minutes d'arc et dont la déclinaison est supérieure à  $-19^\circ$ . Ce catalogue fournit les cartes des régions H I à grande échelle. Mais la comparaison de ces cartes avec celles obtenues à haute résolution montre que les contours sont plus circulaires ( Cf. figure 1 ); aussi un certain nombre de ces cartes sont-elles difficiles à exploiter. Nous avons donc classé les

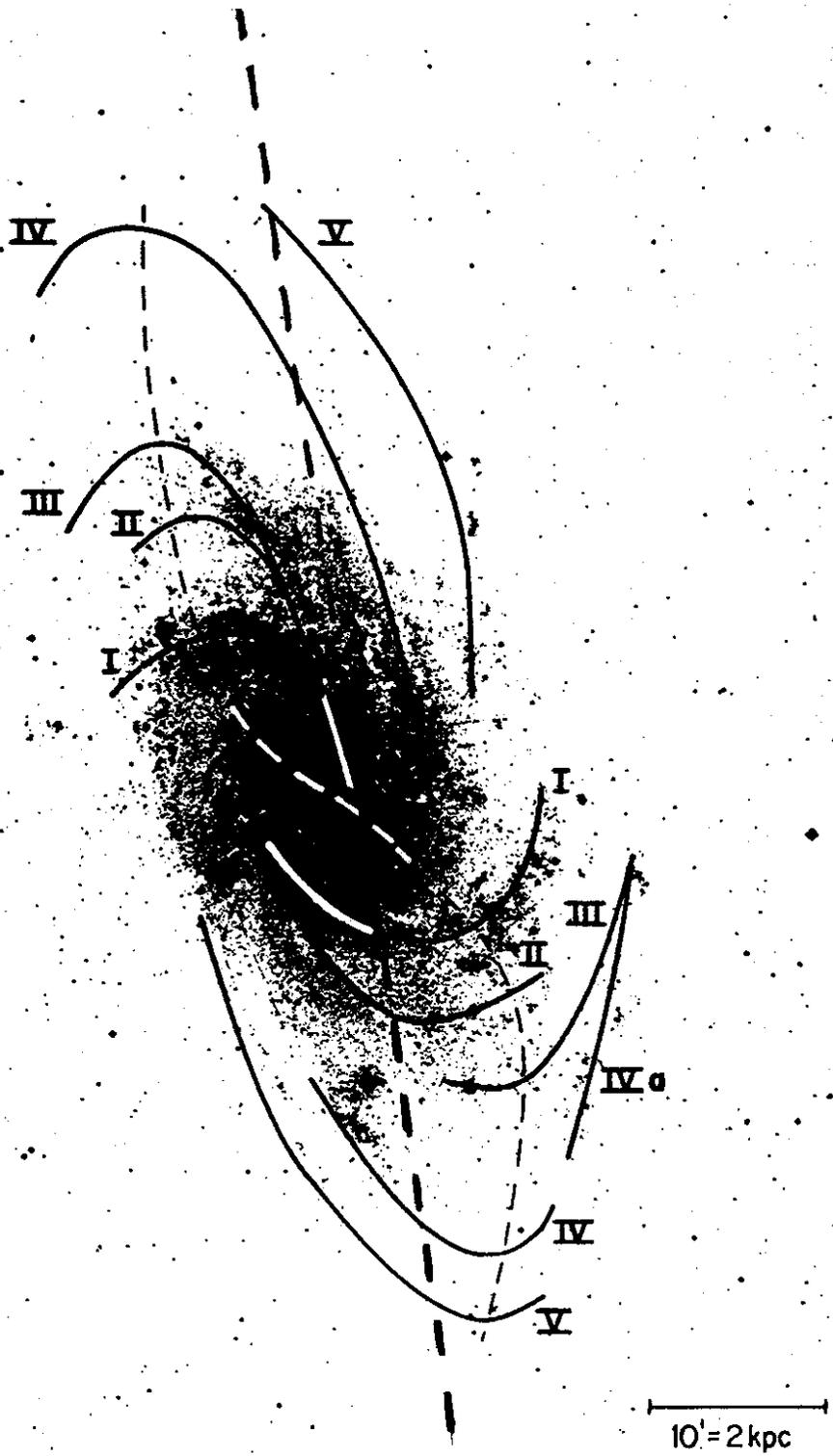


fig 4a : M 33 (d'après Sandage et al., 1980)

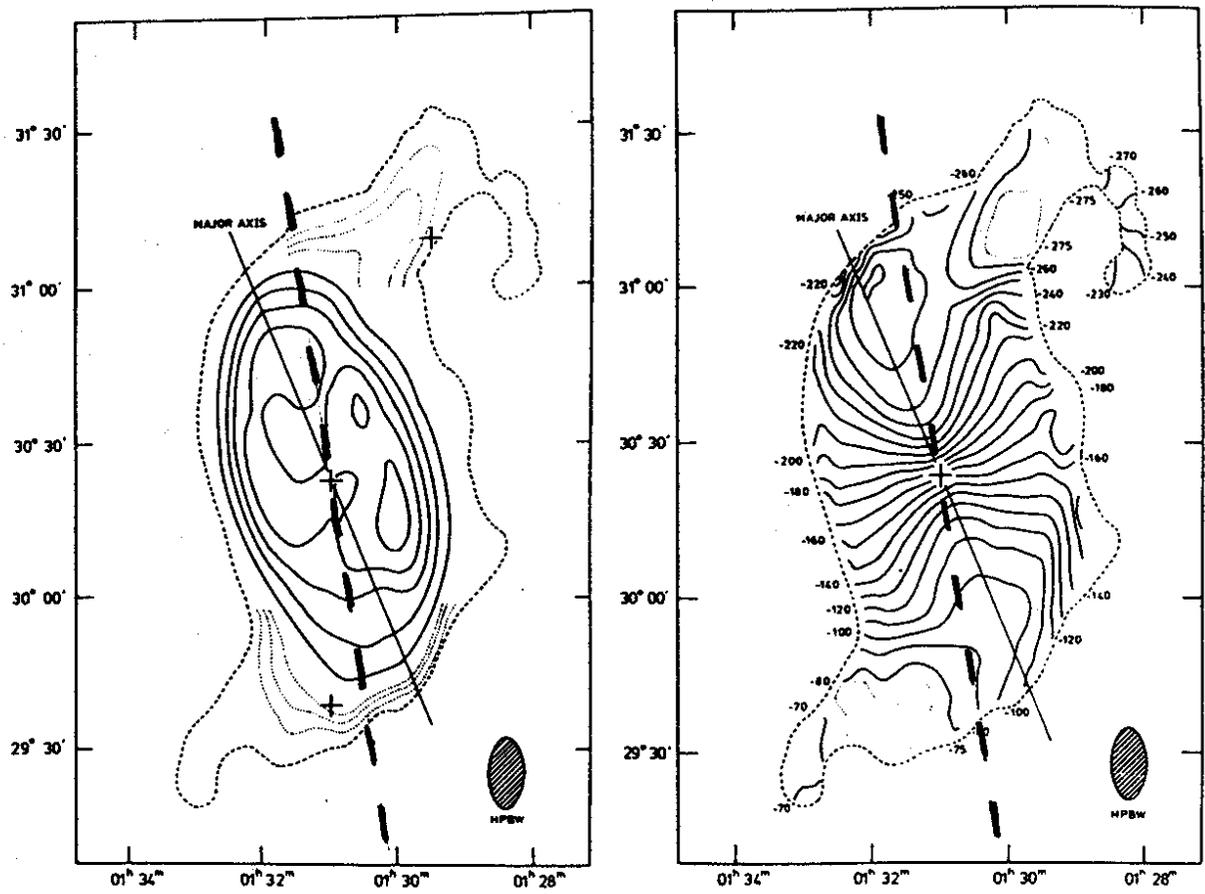


fig 4b : M 33 (d'après Huchtmeier, 1978)

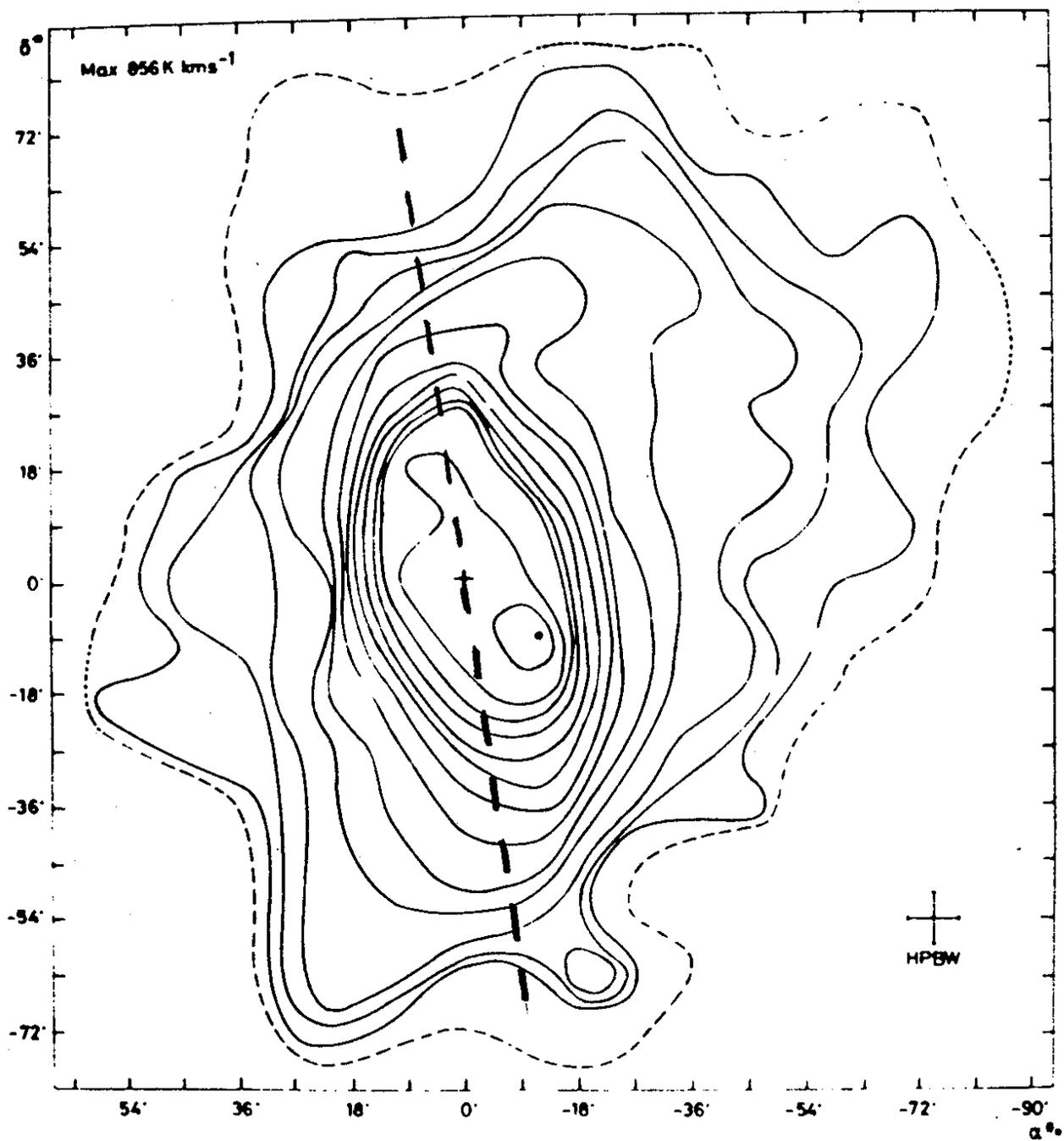


fig 4c : M 33 (d'après Baldwin, 1978)

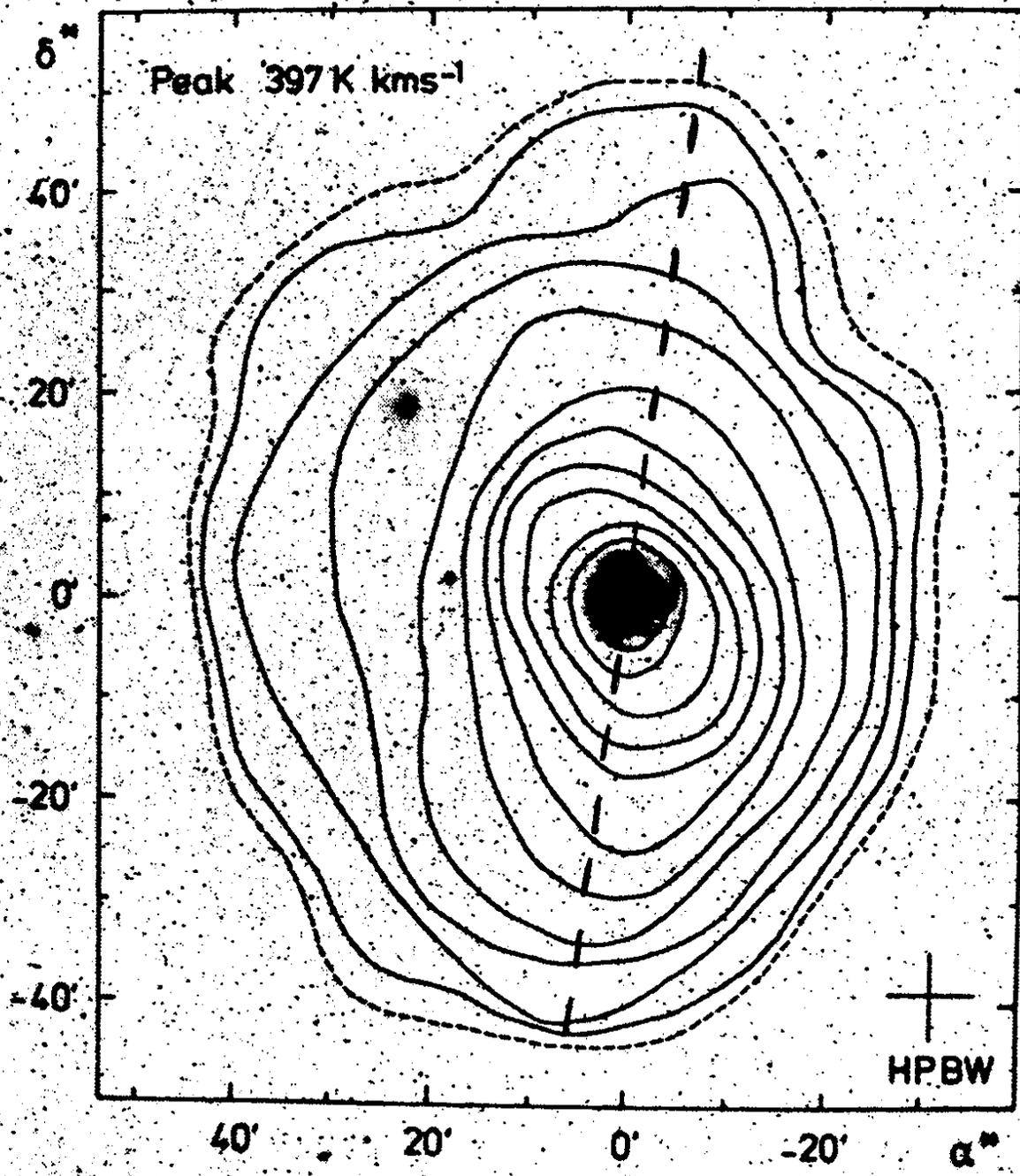


fig 5a : M 83 -densités- (d'après Huchtmeier et al.,1981)

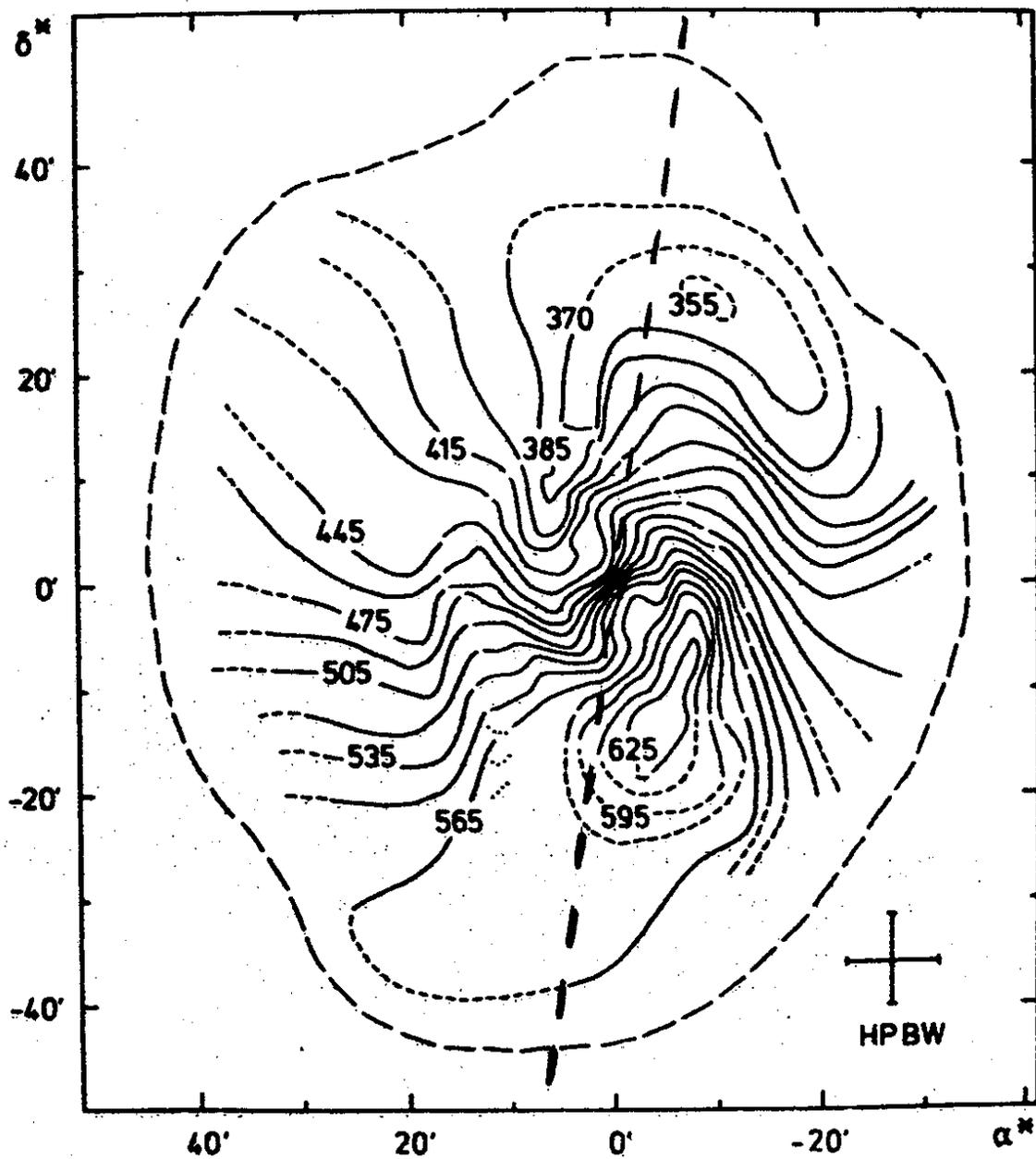


fig 5b : M 83 -vitesses- (d'après Huchtmeier et al., 1981)

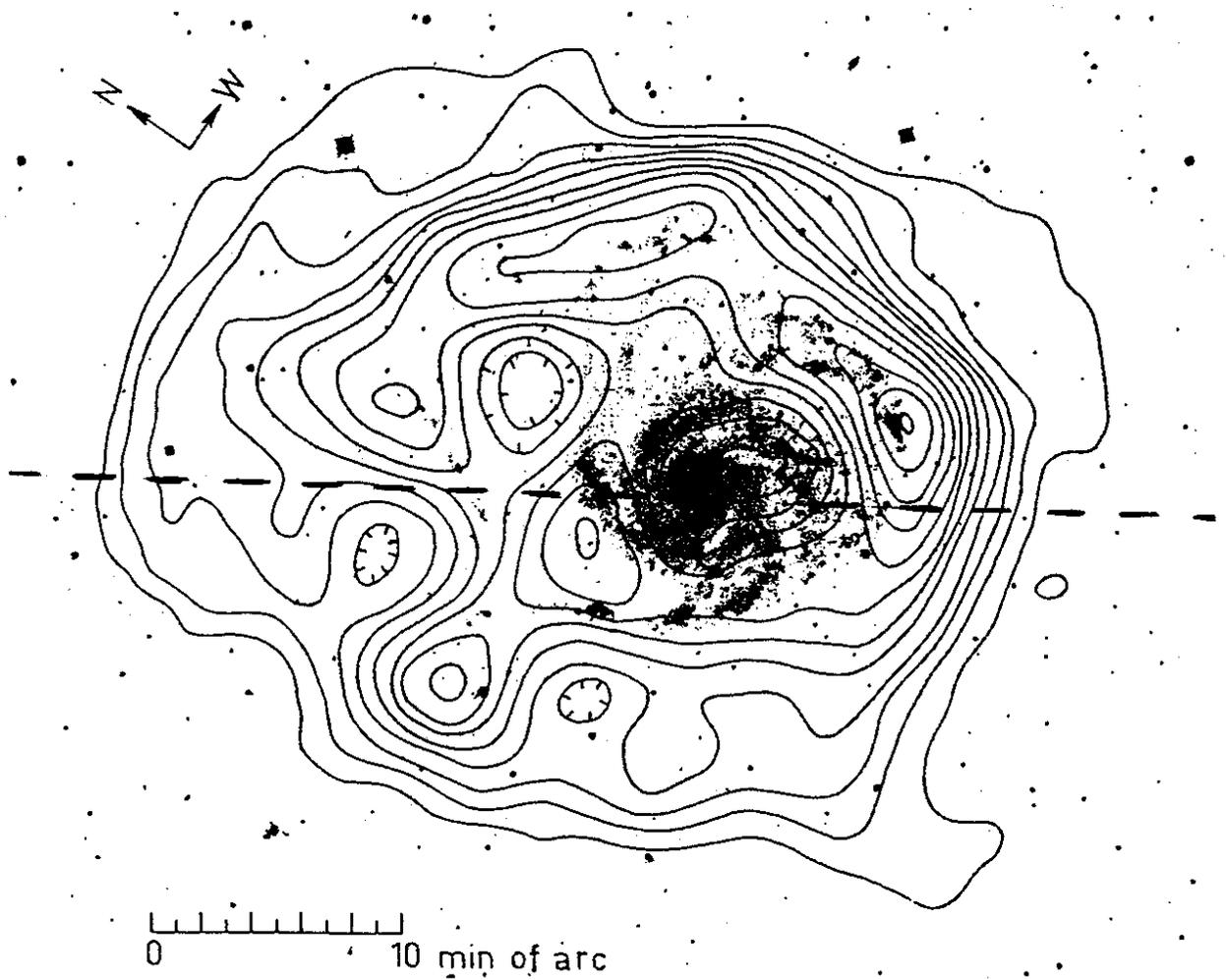


fig 6a : M 101 (d'après Rogstad, 1971)

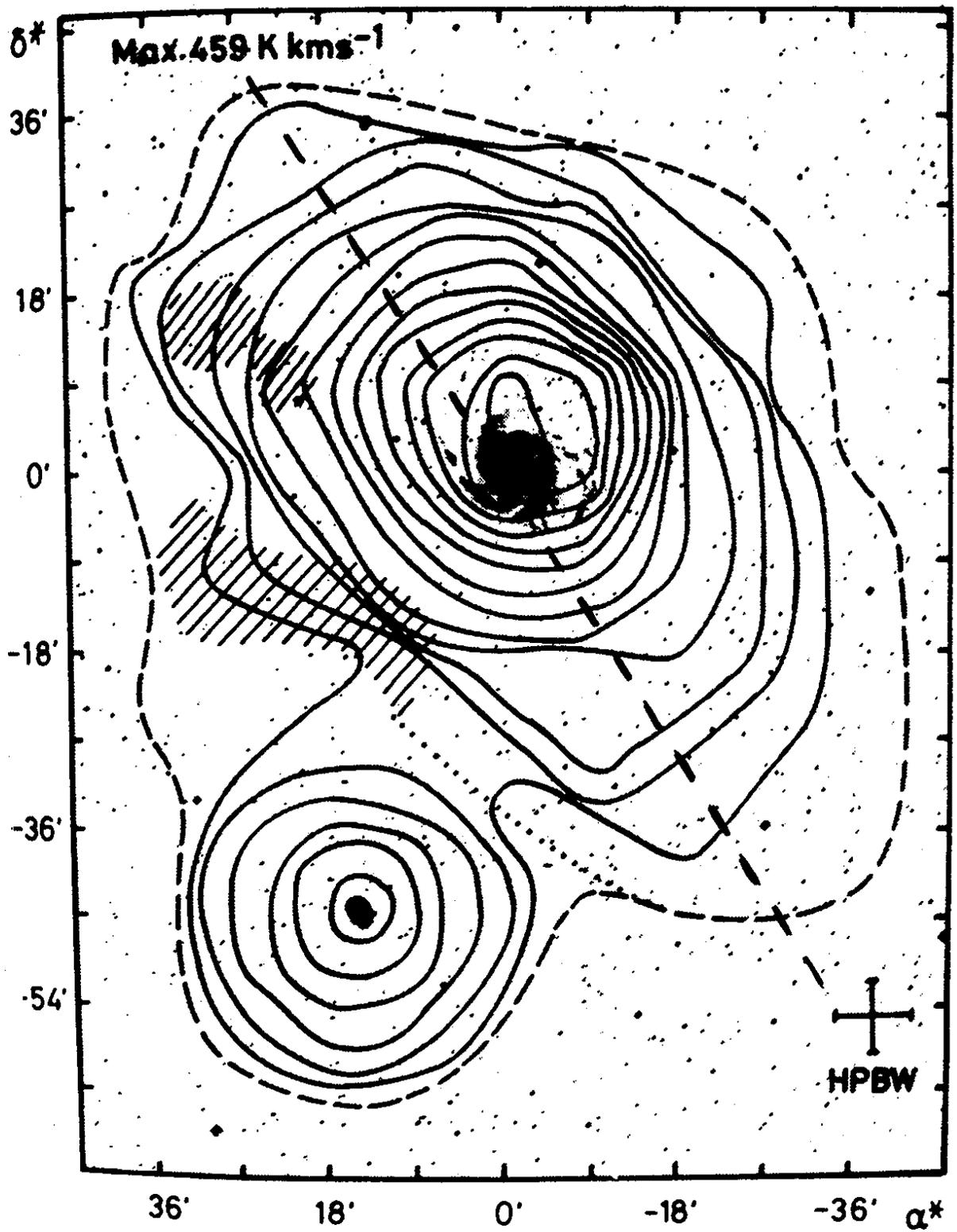


fig 6b : M 101 (d'après Huchtmeier et al., 1979)



fig 7a : M 81 (d'après Visser, 1978)

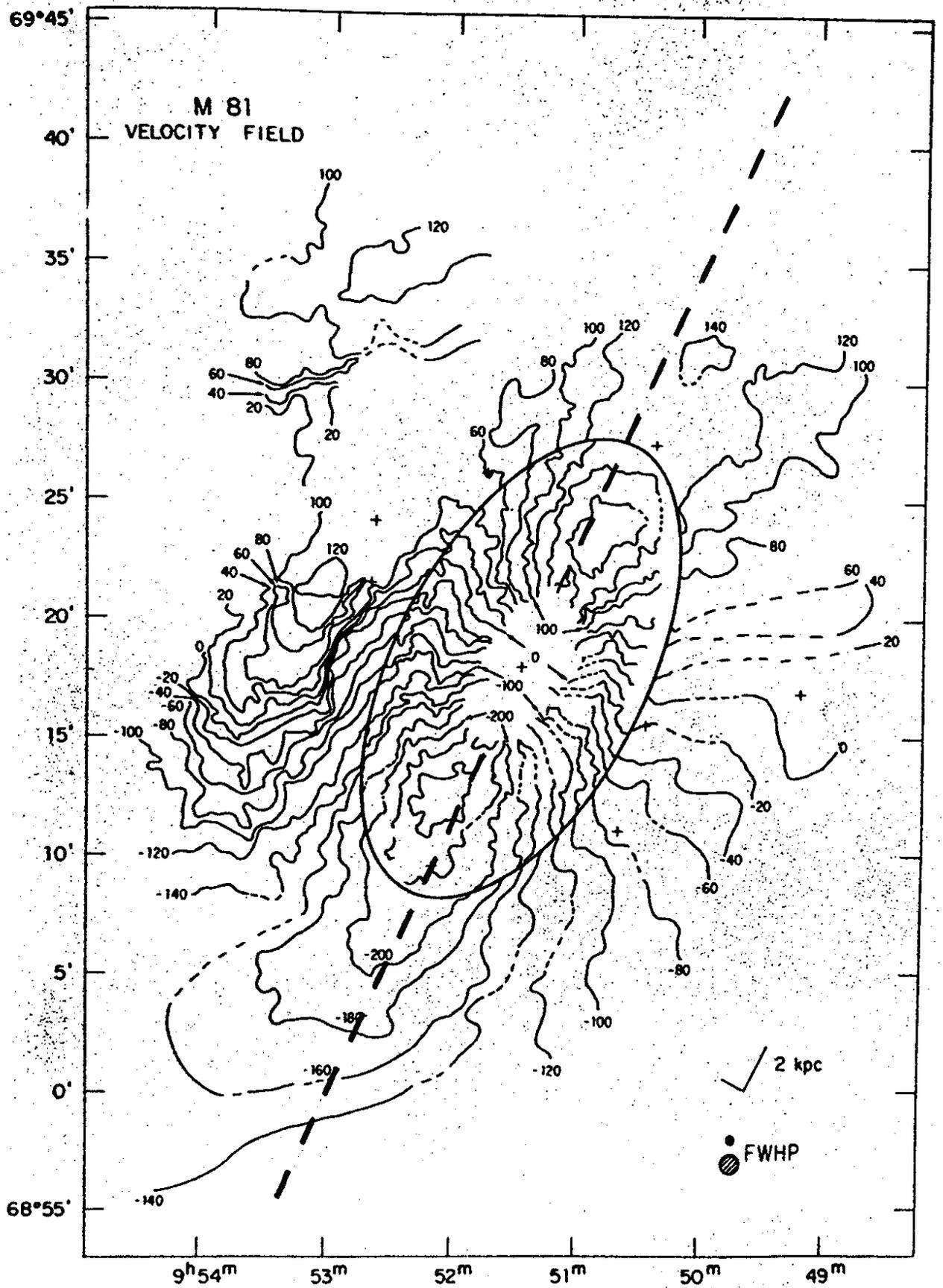


fig 7b : M 81 (d'après Rots, 1980)

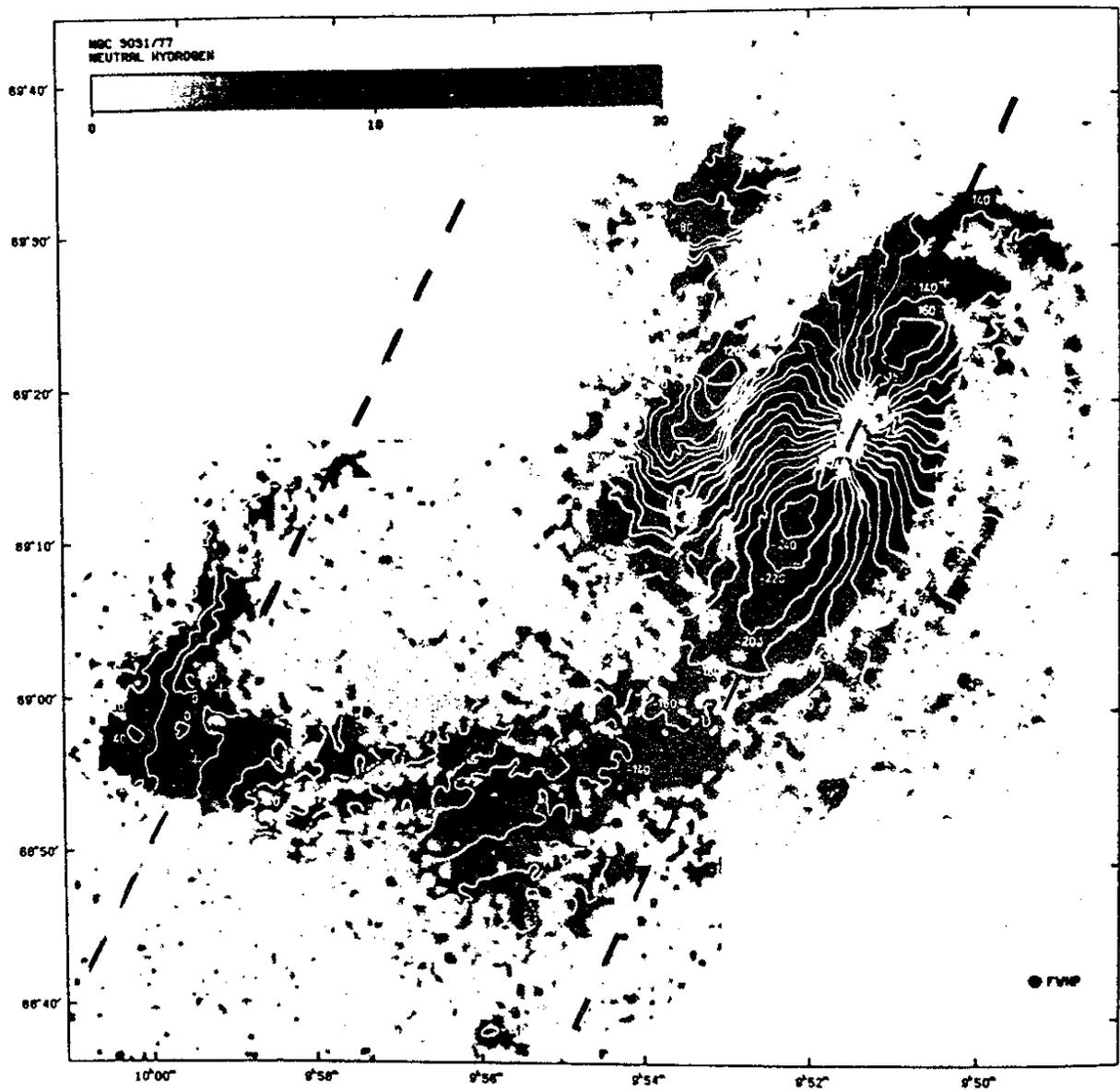


fig 7c : M 81 / NGC 3034 / NGC 3077 (d'après Van der Hust, 1978)

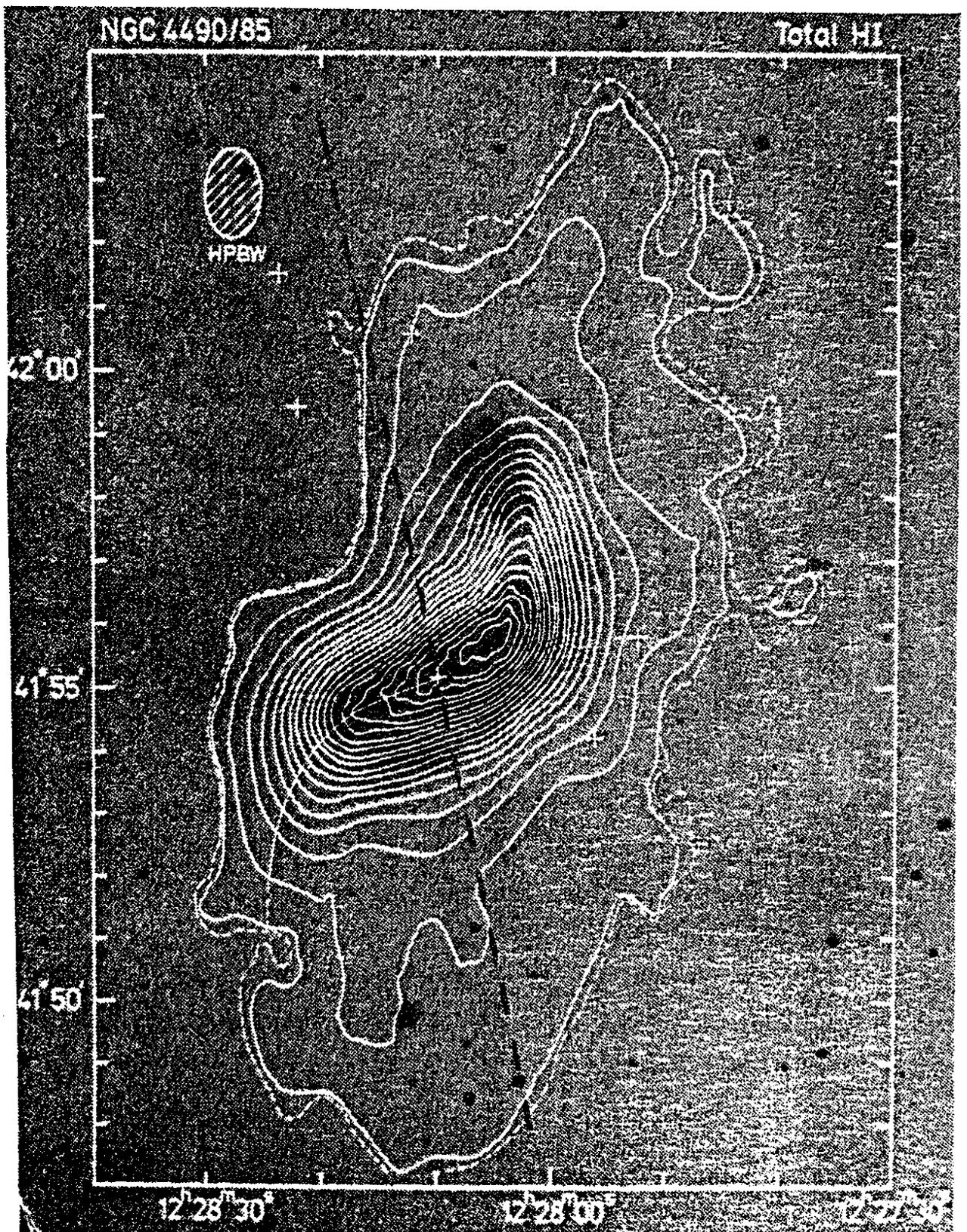


fig 8a : NGC 4490/85 (d'après Viallefond et al., 1980)

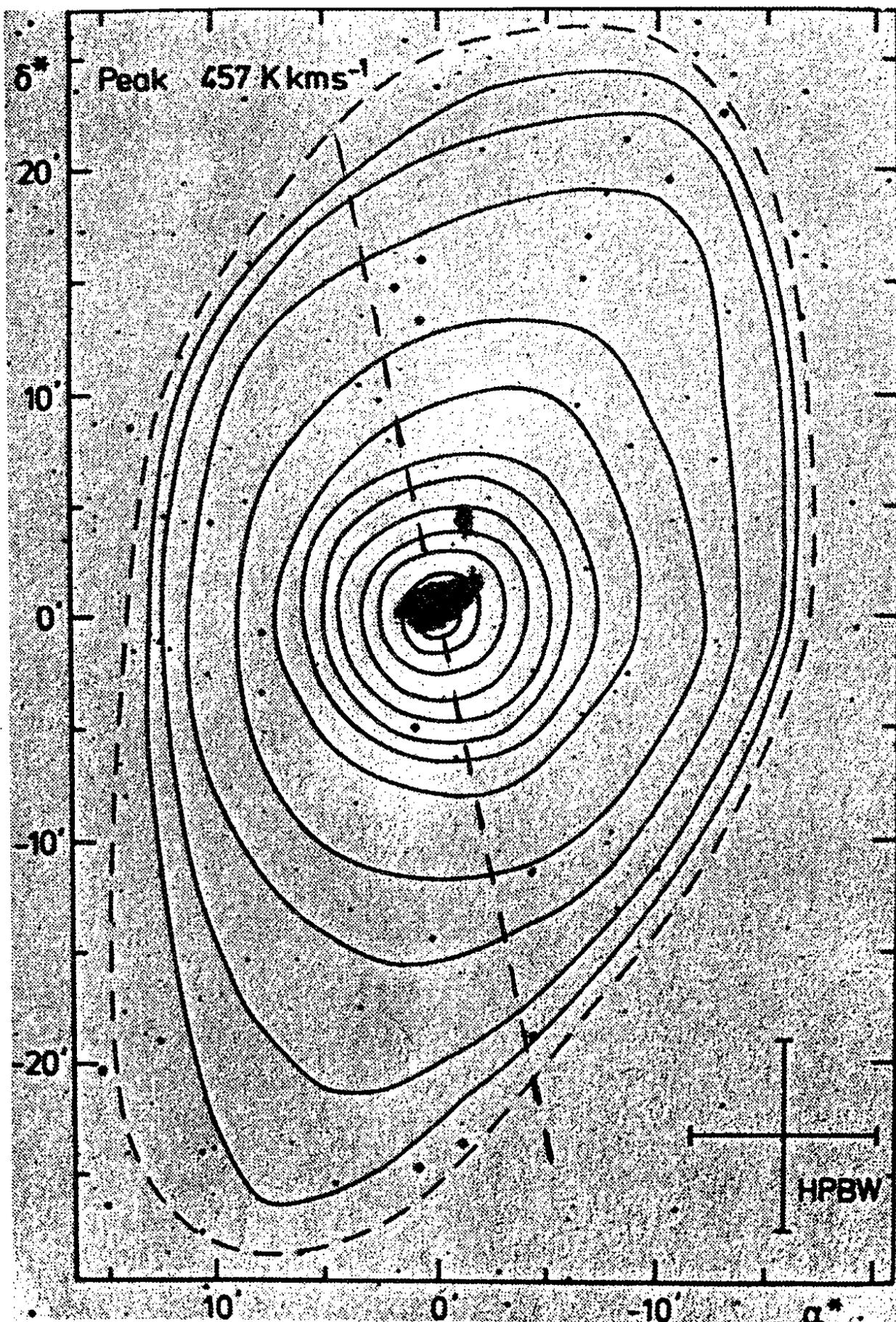


fig 8b : NGC 4490/85 (d'après Huchtmeier et al., 1980)

cartes en trois catégories:

classe 0: les cartes qui ne semblent fournir aucun renseignement ( 28 objets ).

classe 1: les cartes où le rapport a/b est inférieur à 1.5, mais dont les contours sont suffisamment réguliers pour qu'on puisse estimer une direction du grand axe sur les cartes ( 26 objets ).

classe 2: les galaxies dont le rapport d'excentricité a/b apparaît supérieur à 1.5 ( 7 objets ).

Nous obtenons les histogrammes suivants (  $\Delta$ p.a. est l'écart entre l'angle de position donné par ROTs ( 1980 ) et celui que nous calculons ):

Table I - classe 1 et 2 :

$\Delta$ p.a.	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
n =33	11	2	9	3	4	4

Table II- classe 2:

$\Delta$ p.a.	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
n =7	3	0	3	0	1	0

Bien que les données de ce catalogue soient peu précises ( les angles de position sont donnés avec une précision de 10° par ROTs ), ces histogrammes semblent indiquer une corrélation significative ( voir figure 12 ). Nous allons préciser ce point à l'aide d'un test numérique.

Etant donné un échantillon de n objets, nous prendrons comme INDICE DE PARALLELISME de l'échantillon la valeur moyenne p de

$$\cos(2 \Delta \text{p.a.});$$

p est égal à +1 si tous les objets sont parallèle à la direction proposée, -1 s'ils sont tous perpendiculaires.

Si p a une valeur indiquant une tendance au parallélisme, nous définirons le SEUIL DE CONFIANCE associé s. s est la probabilité pour qu'un échantillon fictif dont tous les p.a. sont équipartis aléatoirement entre -90° et +90°, ait un indice de parallélisme inférieur ou égal à p. Ce seuil de confiance se calcule très facilement par la méthode de Monte-Carlo - en faisant un nombre suffisant de tirages.

Nous avons ici effectué les calculs à partir de l'histogramme, c'est-à-dire en centrant chaque boîte 0°-15°, 15°-30°, ...: les valeurs attribuées à  $\Delta$ p.a. sont donc 7.5°, 22.5°, etc.; c'est suffisant pour le but recherché et vu la précision moyenne des mesures.

Si l'hypothèse standard de répartition aléatoire des directions était vraie, l'indice de parallélisme devrait être voisin de 0, et le seuil de confiance voisin de 1/2. En comparaison, les histogrammes des tables I et II donnent respectivement:

$$p = +0.21, s = 0.95$$

et

$$p = +0.42, s = 0.94.$$

Le fait que le deuxième échantillon ait un seuil de confiance inférieur à celui du premier malgré un meilleur indice de parallélisme est dû au fait qu'il est moins nombreux (n= 7 contre n= 33).

Cet échantillon de Rots confirme donc assez significativement l'hypothèse (à 19 contre 1), et on constate que l'indice de parallélisme croît quand on se limite aux observations les mieux définies.

#### ECHANTILLON 4 D'APRES BOSMA ( 1981 b )

Cet échantillon est constitué des galaxies spirales ou irrégulières consignées dans la table III ci-dessous:

Table III

nom	1 CB	2 p.a. (calc)	3 p.a. (obs)	4 $\Delta$	5	6 références	commentaires
M 81	-16	-25	-28	3	2	ROTS et al. ( 1975 )	
N 4151	+0	+9	+19	10	1	BOSMA et al. ( 1977 a )	
N 4736	+7	+16	-66	82	1	BOSMA et al. ( 1977 b )	
M 31	-15	+4	+33	29	2	NEWTON et al. ( 1977 )	
N 891	-32	+23	+23	0	2	SANCISI et al. ( 1979 a )	*
N 2841	-29	-26	-20	6	2	BOSMA ( 1981 a )	
N 4565	+7	+12	(?)	?	3	SANCISI ( 1976 )	*
N 5383	+18	+28	+85	57	1	SANCISI et al. ( 1979 b )	
N 4258	+0	+10	-28	38	2	VAN ALBADA et al. ( 1975 )	
N 5055	+11	+20	-63	83	1	BOSMA ( 1981 a )	
M 51	+11	+24	(-10)	34	1	SHANE ( 1975 )	*
N 7331	+12	-16	-13	3	2	BOSMA ( 1981 a )	
N 253	-10	-13	51	64	2	COMBES et al. ( 1977 )	*
N 3198	-20	-12	32	44	2	BOSMA ( 1981 a )	
N 3359	-13	-11	-11	0	2	SIEFERT et al. ( 1975 )	
N 5033	+12	+19	-20	39	2	BOSMA ( 1981 a )	
N 5907	+19	+50	(?)	?	3	SANCISI ( 1976 )	*
N 300	-9	-16	-20	4	1	ROGSTAD et al. ( 1979 )	*
M 33	-26	+8	+22	14	2	ROGSTAD et al. ( 1976 )	
I 342	-26	+55	+40	15	1	NEWTON ( 1980 b )	*
N 2403	-28	-60	-55	5	1	SHOTAK ( 1973 )	
N 4244	+1	+10	(?)	?	3	VAN DER KRUIT et al. ( 1981 )	*
M 83	+27	-8	( 0 )	8	1	HUCHTMEIER ET AL. ( 1981 )	*
M 101	+13	+32	+35	3	1	ROGSTAD ( 1971 )	
N 6946	+15	-47	+62	71	1	ROGSTAD et al. ( 1973 )	
N 2805	+22	-32	-50	18	1	BOSMA et al. ( 1980 )	*
N 4631	+7	+13	86	73	1	WELIACHEW et al. ( 1978 )	*
N 4236	-4	+9	-17	26	2	SHOSTAK ( 1973 )	
N 3109	-20	+19	-87	74	1	HUCHTMEIER et al. ( 1980 )	*
Ho II	-22	-50	-5	45	1	COTTRELL ( 1976 )	
N 4449	+2	+12	(+45)	33	1	VAN WOERDEN et al. ( 1975 )	

Nous avons porté:

en colonne 1 la latitude cosmique ( CB ) des objets; remarquons que l'inclinaison théorique du halo est  $i = 90^\circ - |CB|$ .

en colonne 2, l'angle de position du plan de la stratification;

en colonne 3, l'angle de position tiré des références mentionnées en colonne 6 ( les valeurs entre parenthèses sont peu sûres );

en colonne 4, l'écart entre les angles de position ( colonnes 2 et 3 ).

en colonne 5 figure la CLASSE de la galaxie, selon les règles suivantes:

classe 1 : galaxies dont les régions H I ont un contour apparent très peu allongé ( rapport du grand axe sur le petit axe inférieur à 2 ), et l'estimation de l'angle de position est peu précise;

classe 2 : galaxies dont les régions H I ont un contour apparent ovale; l'estimation de l'angle de position est plus précise car il y a une très bonne concordance entre le grand axe du contour apparent des régions H I et la direction obtenue à partir des courbes d'isovitesse radiales.

classe 3 : galaxies vues par la tranche; contrairement à ce qu'on pourrait croire a priori, il est très difficile d'estimer un angle de position pour les halos de ces objets ( voir la figure 1 ).

#### Commentaires.

\*NGC 891 : aucun gauchissement de son enveloppe H I n'a été observé, ce qui est en parfait accord avec la coincidence des angles de position ( colonnes 2 et 3 ).

\*NGC 4565, NGC 5907, NGC 4244: ces galaxies sont vues par la tranche ( inclinaison  $> 75^\circ$  ), on constate un gauchissement des régions H I compatible avec la direction de stratification.

\*M 51: le système M 51 / NGC 5195 définit sur le plan du ciel une direction qui fait un angle de  $10^\circ$  avec la direction calculée à partir de la stratification générale ( Fig. 9 ); le calcul prédit que, par rapport à l'observateur, NGC 5195 doit être située en arrière de M 51; il semble que cela soit en accord avec l'observation, les poussières liées au bras spiral qui aboutit à NGC 5195 sont vues en absorption.

(Fig.9)

\*NGC 253: les données sont contestées par BOSMA ( 1981, b ).

\*NGC 300: sur la carte de MATHEWSON et al. ( 1975 ), on constate un alignement de nuages H I dans la direction du grand axe de l'enveloppe H I de NGC 300 ; le problème du lien entre ces nuages et le halo de NGC 300 n'est pas résolu ( ROGSTAD et al. 1979 ).

\*IC 342: le contour apparent de l'enveloppe H I étendue ( BALDWIN 1978 ) présente une extension vers le nord-ouest qui ne paraît pas compatible avec la valeur de l'angle de position.

\*NGC 4631: la carte des régions H I établie par WELIACHEW et al. ( 1978, Cf. fig. 1 ) du système NGC 4631-4656 montre que l'enveloppe H I de NGC 4631 a trois grands appendices: l'appendice 1 dirigé vers NGC 4656 pourrait être l'indice d'une interaction gravitationnelle entre ces galaxies ( COMBES 1978 ); les contours apparents des appendices 2 et 3 (COMBES 1978) sont alignés avec la direction définie par la stratification; le contour apparent de l'enveloppe de NGC 4656 fait un angle de  $23^\circ$  avec la direction définie par la stratification.

Il semble donc que pour ce système de galaxies, la direction de stratification joue un rôle privilégié.

\*NGC 3109 et M83 : les données sont celles de l'enveloppe étendue.

Les histogrammes de l'écart  $\Delta$  p.a. entre les valeurs des angles de position consignés dans les colonnes 2 et 3 de la table III donnent les résultats suivants:

- pour les classes 1 et 2 ( colonne 4 de la table III , 3 objets éliminés ):



fig 9 : M 51 (d'après Shane, 1975)



Table IV

$\Delta$ p.a.	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
n =28	11	4	5	2	4	2

- pour l'échantillon constitué des galaxies de classe 2 :

Table V

$\Delta$ p.a.	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
n =12	6	2	3	0	1	0

Ces histogrammes ( voir figure 12 ) semblent indiquer une très forte corrélation des angles de position calculé et observé; corrélation d'autant meilleure que les données sont plus précises. Ces faits sont confirmés par l'analyse statistique:

Echantillon IV:  $p = +0.34$ ,  $s = 0.995$ ;

Echantillon V:  $p = +0.61$ ,  $s = 0.9985$ .

Ces résultats et le gauchissement du plan de la plupart des galaxies indiquent donc la compatibilité de notre hypothèse avec les observations.

Une autre méthode d'analyse de ces données consiste à prolonger, sur la sphère céleste, les petits axes des galaxies observées. Si l'hypothèse était vérifiée rigoureusement, ces grands cercles se couperaient deux à deux au point  $\alpha$  et en son antipode  $\omega$ . Les points obtenus par ces intersections deux à deux sont portés sur la figure 11a (après élimination de ceux qui sont situés trop près des couples de galaxies, et qui sont donc non significatifs). On constate un groupement très net autour du centre de la figure, correspondant au point  $\alpha$ , et des extrémités du diamètre, qui correspondent tous les deux au point  $\omega$ . La figure 11b est un agrandissement du voisinage de  $\alpha$ .

Au vu de la figure 10a, on pourrait penser à un artefact dû à la répartition de l'échantillon dans le ciel. Cette hypothèse s'élimine en remplaçant les angles de position observés par des valeurs aléatoires: ce qui donne la figure 11c.

La figure 11b suggère que la précision des données de l'échantillon de Bosma ne permet pas de déterminer une meilleure direction de parallélisme que celle que nous avons définie a priori. On peut le vérifier directement: si on choisit par exemple le pôle supergalactique selon DE VAUCOULEURS (1976), on obtient un histogramme un peu moins significatif ( 9-5-5-2-4-3,  $p = 0.26$ ,  $s = 0.975$  au lieu de 11-4-5-2-4-2,  $p = 0.34$ ,  $s = 0.995$ ).

ECHANTILLON 5: GALAXIES DIVERSES

Un certain nombre d'objets ont été observés avec des précisions variables: l'hypothèse de parallélisme est vérifiée de façon SATISFAISANTE par les galaxies ou les systèmes suivants:

IC10 (COHEN 1979), NGC 3605/07/08 ( Biermann et al. 1982 ), NGC 4038/39 (VAN DER HULST 1978), NGC 4618/25 (HUCHTMEIER et al. 1980), Mrk 348 (MORRIS et al. 1980), IC 5174/75 (WEST et al. 1982). Ces deux dernières observations sont particulièrement intéressantes du fait qu'elles concernent des objets éloignés (plus de 50 Mpc avec  $H_0 = 100 \text{ km/s/Mpc}$ ), donc qui a priori ne font pas partie du super-amas local, mais dont la latitude cosmique  $|CB|$  est cependant faible ( $16^\circ$  et  $23^\circ$  respectivement );

-de façon ACCEPTABLE dans le cas de NGC 2655 et NGC 2715 ( Huchtmeier et al. 1982 ), NGC 3938 (VAN DER KRUIT et al. 1982), NGC 4725/47 ( Haynes 1979 ), NGC 5905 et NGC 5908 (VAN MOORSEL 1982); DOUTEUSE enfin dans le cas de NGC 628 ( BRIGGS 1982 ); NGC 2146 ( FISHER et al. 1976 ), NGC 3623/27/28 ( HAYNES et al. 1979 ).

ECHANTILLON DE NEBULOSITES ASSOCIEES A DES Q.S.O. ( HCCGMP, 1981/82 )

Cette étude, limitée jusqu'ici à notre environnement immédiat ( Super-Amas Local, peut se prolonger en analysant le contour apparent des nébulosités associées à des Q.S.O.; un échantillon a été publié par HUTCHINGS et al. ( 1981 et 1982 ).

Nous avons estimé sur leurs cartes une direction d'allongement apparent. Pour certaines d'entre elles ( classe 1 , 6 objets ) cette détermination est difficile; le reste constitue la classe 2 ( 13 objets ).

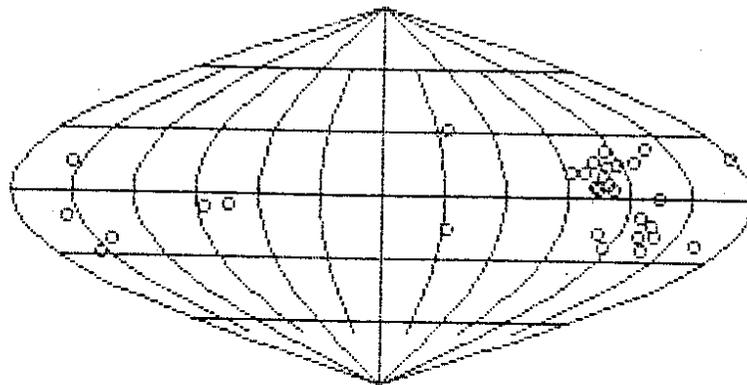
Nous obtenons les histogrammes suivants pour l'angle  $\Delta$  p.a. entre cette direction évaluée et l'angle de position calculé comme dans le cas des galaxies.

Table VI

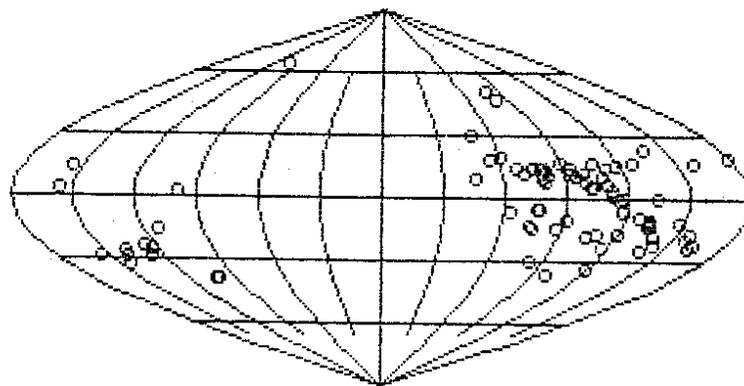
( tous les objets ( classe 1 et 2 ) )

$\Delta$ p.a.	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
n = 19	3	7	4	2	3	0

fig 10a,10b : Echantillons 3 et 4 en coordonnées cosmiques.



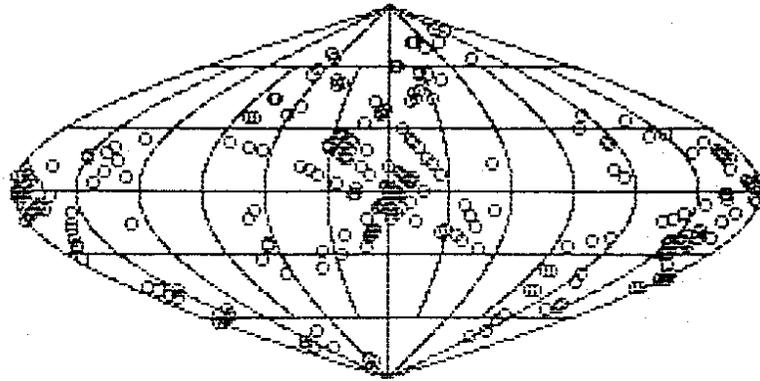
(a) Echantillon de Bosma.



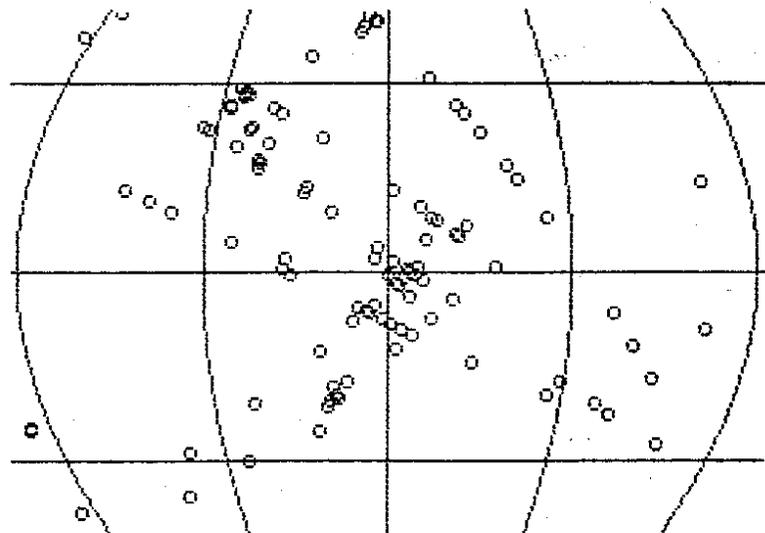
(b) Echantillon de Rots.



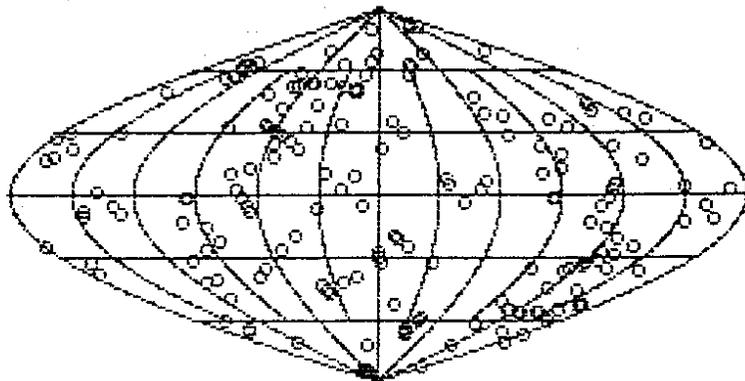
fig 11a,11b,11c



(a)



(b)



(c)



Table VII

( les objets de classe 2 ( voir texte ) )

$\Delta$ p.a.	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
n = 13	3	5	3	0	2	0

Ces histogrammes ( figure 12 ) indiquent une corrélation significative, particulièrement dans le cas de la classe 2 ; l'analyse statistique donne:

Echantillon VI:  $p = +0.33$ ,  $s = 0.98$ ,

Echantillon VII:  $p = +0.45$ ,  $s = 0.99$ ;

La disposition de ces nébulosités est donc elle aussi compatible avec l'hypothèse de parallélisme; pourtant il s'agit d'objets très éloignés de nous et les uns des autres ( redshifts compris entre 0.04 et 0.27 ) et de nébulosités dont les dimensions métriques sont relativement petites ( de l'ordre de la dizaine de kpc ).

Ces faits indiquent donc que le parallélisme s'étend bien au delà du Super-Amas - à des distances cosmologiques. De nouvelles observations de ce type peuvent fournir une réponse très précise à cette question.

### CONCLUSIONS

Le résultat de cette analyse est donc le suivant: en projection sur le plan du ciel, la direction d'allongement des régions lointaines des galaxies est très fortement corrélée avec la direction proposée (dont le pôle est le point  $\alpha$ : 17h 45mn,  $-7^\circ$ ); ceci pour l'ensemble des objets ( entre 0 et 1000 Mpc ) pour lesquels on possède des données. On constate que la corrélation est d'autant plus significative que les observations sont plus nettes.

Cette affirmation peut être étayée par un traitement statistique global: en constituant un échantillon VIII (BOSMA + HUTCHINGS, classes 1 et 2) et le sous-échantillon IX des observations les plus significatives (mêmes catalogues, limités à la classe 2), l'analyse donne les résultats suivants:

VIII: 14-11-9-4-7-2,  $p = +0.33$ ,  $s = 0.9993$

IX: 9-7-6-0-3-0,  $p = +0.52$ ,  $s = 0.99990$  :

l'effet annoncé est donc confirmé à 10 000 contre 1, bien que nous n'ayons pas pris en compte ici divers objets individuels donnant des résultats favorables, comme notre propre Galaxie.

Il est intéressant de considérer aussi l'histogramme de  $\Delta$  p.a. en valeur algébrique: on trouve pour ces échantillon VIII et IX :

	-90°	-54°	-18°	18°	54°	90°
VIII:	5		9	16	11	6
IX:	1		6	10	6	2

et, à échelle plus fine:

	-90°	-70°	-50°	-30°	-10°	10°	30°	50°	70°	90°
VIII:	3	2	3	7	12	6	7	4	3	
IX:	0	1	2	4	8	4	4	1	1	

Ces valeurs permettent d'apprécier l'erreur standard à 20° environ.

Réciproquement, un parallélisme aussi marqué sur le plan du ciel s'interprète nécessairement par un parallélisme spatial des régions lointaines des galaxies (à moins d'attribuer une situation exceptionnelle à la Terre).

De nouvelles données semblent nécessaires pour mieux analyser et interpréter ce phénomène:

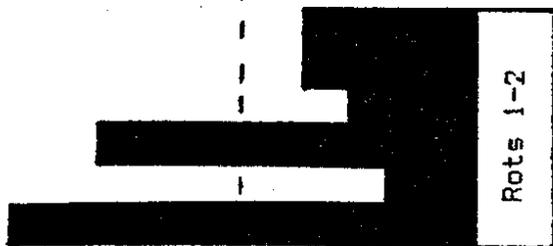
- existence par exemple de grandes "feuilles" contenant une ou plusieurs galaxies géantes - et probablement un grand nombre de galaxies naines, feuilles qui rendraient bien compte de la répartition des raies d'absorption dans les spectres des quasars;
- répartition de ces feuilles dans les amas et super-amas;
- caractère plus ou moins strict du parallélisme;
- recherche des processus cosmogoniques qui ont pu conduire à une telle structure.

On peut proposer le scénario suivant: le système des "protogalaxies" aurait présenté une structure feuilletée à grande échelle; puis des condensations locales seraient apparues, donnant naissance en particulier aux galaxies spirales. La mise en rotation et le gauchissement de ces galaxies seraient ainsi des phénomènes simultanés, dus simplement à la conservation du moment angulaire tridimensionnel dans cette région.

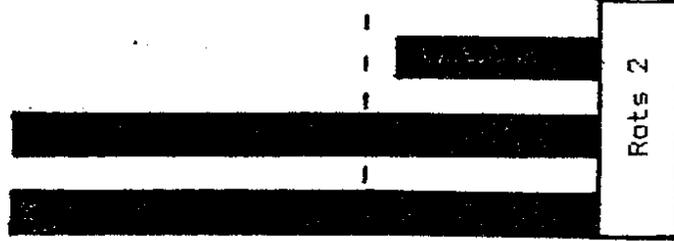
Dans cette hypothèse le reste de la protogalaxie aurait conservé sa disposition primordiale; l'action gravitationnelle de ces régions lointaines sur la zone condensée pourrait expliquer l'existence des bras spiraux, selon un processus envisagé par OSTRICKER et al. (1973).

Le parallélisme des protogalaxies à l'échelle cosmologique pose des problèmes d'une autre nature, dont on trouvera une interprétation possible dans SOURIAU (1982).

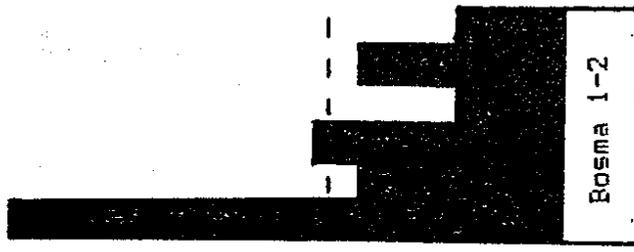
Nous remercions W. TOBIN de l'aide qu'il nous a apportée.



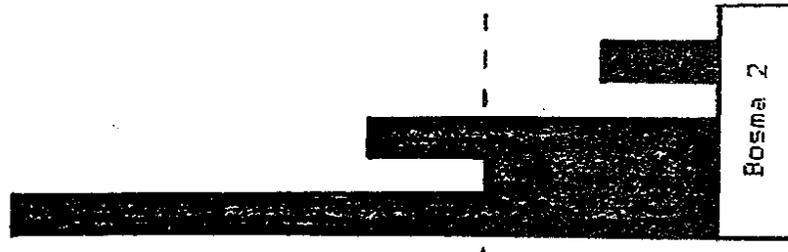
Rots 1-2



Rots 2



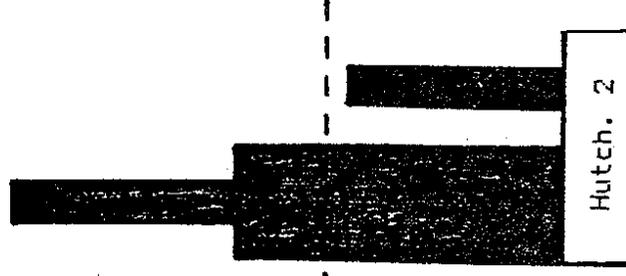
Bosma 1-2



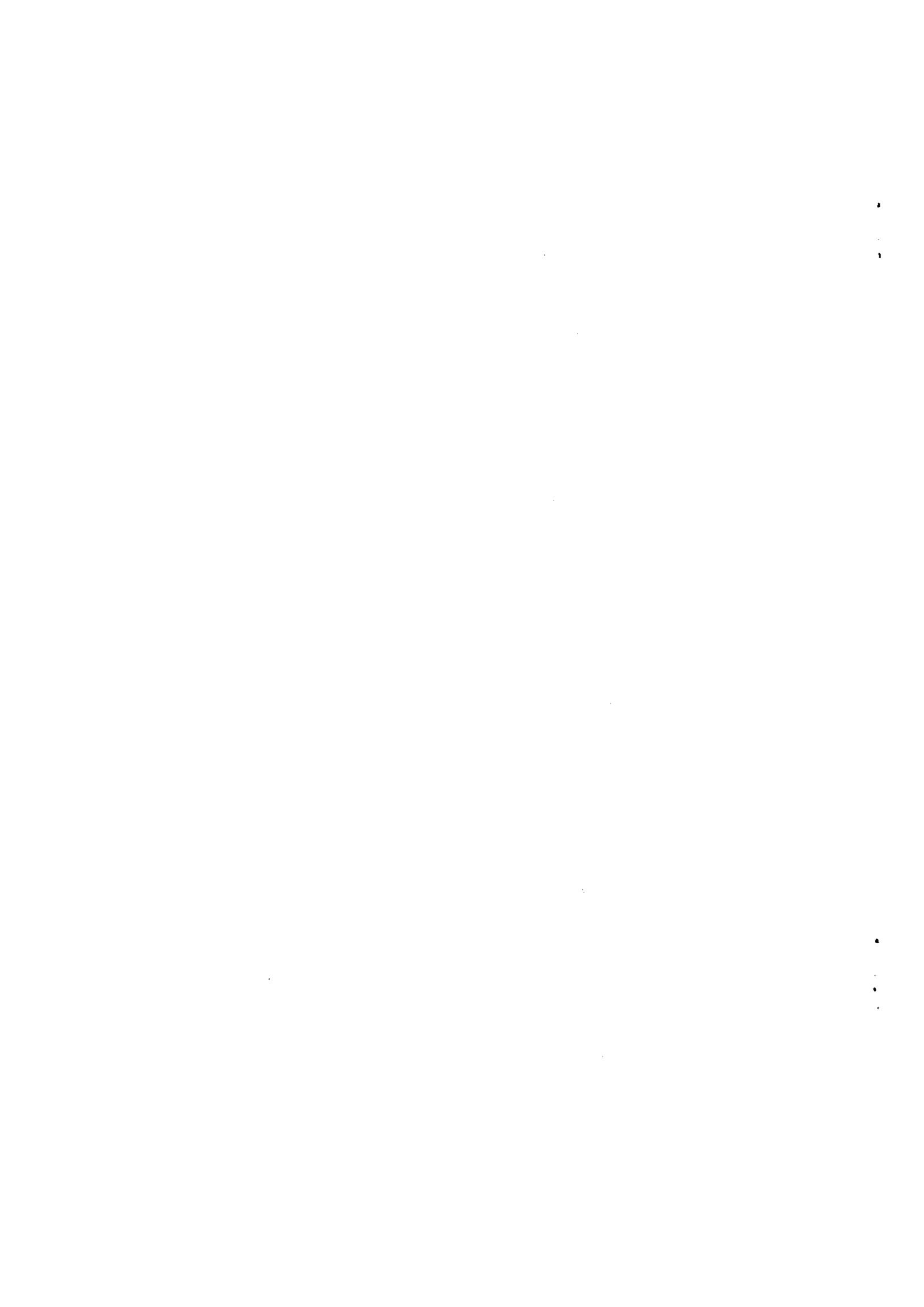
Bosma 2



Hutch. 1-2



Hutch. 2



## REFERENCES

- ALLEN R.J. 1975, Coll. internat. C.N.R.S. N°241 Ed. L. WELIACHEW, p.191
- BALDWIN, J.E.: I.A.U. Symposium n°77 "Structure and properties of nearby galaxies", Eds E.M. BERKHUIJSEN, R. WIELEBINSKI, p. 191
- BIERMANN, P., KRONBERG, P.P., MADORE, B.F.: 1982, *Astrophys. J.* 256, L37
- BOSMA, A.: 1981 a, *Astron. j.* 86, 1791
- BOSMA, A.: 1981 b, *Astron. j.* 86, 1825
- BOSMA, A., CASINI, C., HEIDMANN, J., VAN DER HULST, J.M., VAN WOERDEN, H.: 1980, *Astron. Astrophys.* 89, 345
- BOSMA, A., EKERS, R.D., LEQUEU, J.: 1977 a, *Astron. Astrophys.* 57, 97
- BOSMA, A., VAN DER HULST, J.M., SULLIVAN, W.T.: 1977 b, *Astron. Astrophys.* 57, 57, 373
- BRIEGGS, F.H.: 1982, *Astrophys. J.* 256, L37
- COHEN, R.J.: 1979, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 187, 839
- COMBES, F.: 1978, *Astron. Astrophys.* 65, 47
- COMBES, F., GOTTESMAN, S.T., WELIACHEW, L.: 1977, *Astron. Astrophys.* 59, 181
- COTTRELL, G.A.: 1976, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 177, 463
- DE VAUCOULEURS, G.: 1975, *Astrophys. j.* 202, 319
- DE VAUCOULEURS, G.: 1979, *Astron. j.* 84, 1270
- DE VAUCOULEURS, G., CORWIN, H.G.: 1975, *Astrophys. j.* 202, 327
- DE VAUCOULEURS, G., DE VAUCOULEURS, A., CORWIN, H.G.: 1976, *Second Reference Catalogue of nearby galaxies* University of Texas Press, Austin
- DE VAUCOULEURS, G., PETERS, W.L., BOTTINELLI, L., GOUGUENHEIM, L., PATUREL, G.: 1981, *Astrophys. J.* 248, 408
- EMERSON, D.T., NEWTON, K.: 1978, in I.A.U Symposium n°77 "Structure and properties of nearby galaxies" Eds. E.M. BERKHUIJSEN, R. WIELEBINSKI p.183
- FISHER, J.R., TULLY, R.B.: 1976, *Astron. Astrophys.* 53, 397
- FLICHE, H.-H., SOURIAU, J.-M., TRIAY, R.: 1982, *Astron. Astrophys.* 108, 256
- HAYNES, M.P.: 1979, *Astron. j.* 84, 1830
- HAYNES, M.P., GIOVANELLI, R., ROBERTS, M.S.: 1979, *Astrophys. j.* 229, 83
- HUCHTMEIER, W.K.: 1978, in I.A.U Symposium n°77 "Structure and properties of nearby galaxies" Eds. E.M. BERKHUIJSEN, R. WIELEBINSKI p.197
- HUCHTMEIER, W.K., BOHNENSTENGEL, H.-D.: 1981, *Astron. Astrophys.* 100, 72
- HUCHTMEIER, W.K., SEIRADAKIS, J.H., MATERNE, J.: 1980, *Astron. Astrophys.* 91, 341
- HUCHTMEIER, W.K., RICHTER, D.-G.: 1982 *Astron. Astrophys.* 109, 331
- HUCHTMEIER, W.K., MITZEL, A.: 1979, *Astron. Astrophys.* 74, 138
- HUTCHINGS, J.B., CRAMPTON, D., CAMPBELL, B., GOWER, A.C., MORRIS, S.C.: 1982, *Astrophys. J.* 262, 48
- HUTCHINGS, J.B., CRAMPTON, D., CAMPBELL, B., PRITCHET, C.: 1981, *Astrophys. J.* 247, 743
- MAC GILLIVRAY, H.T., DODD, R.J., MAC NALLY, B.V., CORWIN Jr, H.G.: 1982, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 198, 605
- MATHEWSON, D.S., CLEARY, M.N., MURRAY, J.D.: 1975, *Astrophys. j.* 195, L97
- MORRIS, M., WANNIER, P.G.: 1980, *Astrophys. j.* 238, L7
- NEWTON, K.: 1980 a, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 190, 689
- NEWTON, K.: 1980 b, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 191, 615
- NEWTON, K., EMERSON, D.T.: 1977, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 181, 573
- OSTRIKER, J.P., PEEBLES, P.J.E.: 1973, *Astrophys. j.* 186, 467
- ROGSTAD, D.H.: 1971, *Astron. Astrophys.* 13, 108
- ROGSTAD, D.H., CRUTCHER, R.M., CHU, K.: 1979, *Astrophys. j.* 229, 509
- ROGSTAD, D.H., LOCKHART, I.A., WRIGHT, M.C.H.: 1974, *Astrophys. j.* 193, 309
- ROGSTAD, D.H., SHOSTAK, G.S.: 1971, *Astron. Astrophys.* 13, 99
- ROGSTAD, D.H., SHOSTAK, G.S.: 1973, *Astron. Astrophys.* 22, 111
- ROGSTAD, D.H., WRIGHT, M.C.H., LOCKHART, I.A.: 1976, *Astrophys. j.* 204, 703
- ROTS, A.H.: 1980, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 41, 189
- ROTS, A.H., SHANE, W.M.: 1975, *Astron. Astrophys.* 45, 25
- SANCISI, R.: 1976, *Astron. Astrophys.* 53, 159
- SANCISI, R., ALLEN, R.J.: 1979 a, *Astron. Astrophys.* 74, 73
- SANCISI, R., ALLEN, R.J., SULLIVAN, W.T.: 1979 b, *Astron. Astrophys.* 78, 217
- SANDAGE, A., HUMPHREYS, R.M.: 1980, *Astrophys. j.* 236, L1
- SHANE, W.M.: 1975, Coll. internat. C.N.R.S. N°241 Ed. L. WELIACHEW p 217
- SHOSTAK, G.S.: 1973, *Astron. Astrophys.* 24, 411
- SHOSTAK, G.S., ROGSTAD, D.H.: 1973, *Astron. Astrophys.* 24, 405
- SIEFERT, P.T., GOTTESMAN, S.T., WRIGHT, M.C.H.: 1975, Coll. internat. C.N.R.S. N°241 Ed. L. WELIACHEW P 425
- SOURIAU, J.M.: 1982, Cours SOUTELAS, Preprint CPT-82/P.1427, C.N.R.S. Marseille
- THUAN, T.I., MARTIN, G.E.: 1979, *Astrophys. j.* 232, L11

TULLY, B.R.: 1982, *Astrophys. J.* 257, 389  
VAN ALBADA, G.D., SHAME, M.W.: 1975, *Astron. Astrophys.* 42, 433  
VAN DEN BERGH, S.: 1974, *Astrophys. j.* 191, 271  
VAN DER HULST, J.M.: 1978, in *I.A.U Symposium n°77 " Structure and properties of nearby galaxies"* EDS. E.M. BERKHUIJSEM, R. WIELEBINSKI p269  
VAN DER KRUIT, P.C., SEARLE, L.: 1981, *Astron. Astrophys.* 95, 105  
VAN DER KRUIT, P.C., SHOTAK, G.S.: 1982, *Astron. Astrophys.* 105, 351  
VAN MOORSEL, G.A.: 1982, *Astron. Astrophys.* 107, 66  
VAN WOERDEN, H., BOSMA, A., MEBOLD, U.: 1975, *Coll. internat. C.N.R.S. N°241 Ed. L. WELIACHEM P 483*  
VIALLEFOND, F., ALLEN, R.J., DE BOER, J.A.: 1980, *Astron. Astrophys.* 82, 207  
VIGSER, H.C.D.: 1978, in *I.A.U Symposium n°77 " Structure and properties of nearby galaxies"* EDS. E.M. BERKHUIJSEM, R. WIELEBINSKI P 105  
WELIACHEM, L., SANCISI, R., GUELIN, M.: 1978, *Astron. Astrophys.* 65, 37  
WEST, R.M., BARBIER, R.: 1982, *Astron. Astrophys.* 106, 53

+++++