Chapitre 7

Etude de la dynamique du gaz moléculaire dans les AGNs

Ce chapitre présente le projet NUGA. Seule une partie des observations du projet ont été réalisées à ce jour et leur analyse est en cours. Les observations de la galaxie NGC 7217 sont commentées.

7.1 Le projet NUGA

Initié par F. Combes et S. Burillo en 2000, le projet NUGA (pour NUclei of GAlaxies) a pour objectif de mieux comprendre les mécanismes d'approvisionnement des noyaux actifs de galaxies. Il s'agit d'un consortium de onze chercheurs de différents pays et institutions mettant en commun les moyens observationnels et numériques auxquels ils ont accès ainsi que les observations déjà acquises. De nouvelles observations sont entreprises afin de combler le manque de données sur le kpc central des AGNs et des outils numériques sont mis en œuvre pour interpréter les résultats en termes de dynamique notamment par des simulations à N corps.

Le projet est centré sur la conduite d'un relevé CO d'AGNs proches à l'aide de l'interféromètre du Plateau de Bure (PdBI). Composé de 6 antennes de 15 m de diamètre (5 antennes avant l'été 2002), le PdBI (Neri 2000) est à ce jour l'interféromètre millimétrique le plus sensible (voir Chapitre 1). C'est l'unique instrument satisfaisant les deux éxigences de sensibilité et de résolution requises à l'étude de la dynamique du gaz dans le kpc central des galaxies actives. En CO(2→1) la résolution atteint $1''$($\sim$ 70 pc à 15 Mpc) et une densité de $60 M_{\odot} \mathrm{pc}^{-2}$ de gaz moléculaire peut être détectée en CO(1→0) (voir ci-après).

Ces observations sont complétées par des données infrarouges, centimétriques, et X dans la mesure du possible. Pour la majorité des sources des données HST en infrarouge proche sont disponibles et permettent d'obtenir le potentiel de la galaxie nécessaire aux simulations. Les données centimétriques permettent de mettre en évidence les jets émis de part et d'autre du disque d'accrétion et donc d'obtenir l'orientation du disque nucléaire.

Les simulations permettent d'évaluer la vitesse de rotation d'ensemble des barres ou spirales (pattern speed) ainsi que l'emplacement des différentes résonances. Il sera ainsi

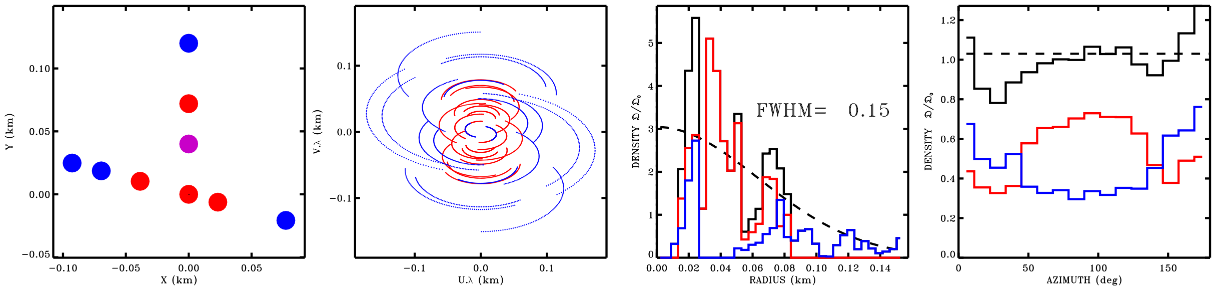

FIG. 7.1 – De gauche à droite : configurations D (en rouge) et C2 (en bleu et la position commune en violet) du Plateau de Bure ; couverture du plan *uv* pour les observations de NGC7217 ; distribution radiale des échantillons (en noir la distribution somme) ; distribution azimuthale.

possible d'avoir une déscription de la dynamique dans le kpc central avec une résolution inférieure à 100 pc. Les résultats de cette étude devraient donc permettre de répondre à un certain nombre de questions :

- Quel type de structure est privilégié dans le disque nucléaire : spirale, barre, structure asymétrique ($m = 1$) ?
- A l'échelle de 100 pc le gaz peut-il jouer le rôle de tore dans les Seyferts ?
- Y a t-il un mécanisme d'approvisionnement particulier à chaque type d'AGN ?
- La quantité de gaz dans le kpc central est-elle corrélée à l'activité du noyau ?

7.2 L'échantillon

L'échantillon principal de NUGA est constitué de 12 AGNs proches couvrant les différents types d'activité : 3 Seyferts 1, 5 Seyferts 2 et 4 LINERs. Des données accessibles au membres du consortium viennent s'ajouter à cette liste pour former un "super-échantillon" de 28 galaxies. Cet échantillon avec les paramètres des galaxies est listé dans le tableau 7.1. Les données du Plateau de Bure disponibles pour chacune des sources sont rassemblées dans le tableau 7.2.

7.3 Premières observations

7.3.1 NGC 7217

NGC 7217 est une galaxie LINER située à 14.5 Mpc (d'après la relation de Tully-Fisher obtenue par Bottinelli et al. 1980). C'est une galaxie spirale qui a la particularité de présenter 3 anneaux stellaires et gazeux très réguliers (Buta et al. 1995; Verdes-Montenegro et al. 1995) : un anneau extérieur de 10.8 kpc de diamètre qui contient la majeure partie du gaz HI de la galaxie, un anneau intermédiaire de 4.4 kpc de diamètre et enfin un anneau nucléaire de 1.5 kpc de diamètre. Ces anneaux correspondent respectivement à la résonance externe de Lindblad, à une résonance ultra-harmonique 1 :4 et à la

TAB. 7.1 – Le super-échantillon de NUGA (par A. Baker). Les galaxies de l'échantillon principal sont en gras. Les données concernant les autres galaxies sont accessibles aux membres de l'équipe NUGA. Les positions, types de la galaxie hôte et inclinaisons sont de la base de données NED. Les distances sont tirées du Catalogue des Galaxies Proches de Tully. Les types d'AGN sont tirés de Ho et al. (1997).

Galaxie NGC	R. A. (J2000)	DEC. (J2000)	Type de la galaxie hôte	$v_{\rm hel}$ (km s^{-1})	D (Mpc)	i (deg)	Type d'AGN
1068	02 :42 :40.71	-00 :00 :47.8	(R)SA(rs)b	1137	14.4	32	S1.9
1961	05 :42 :04.80	+69 :22 :43.3	SAB(rs)c	3934		49	L2
2782	09 :14 :05.10	+40 :06 :49.2	SAB(rs)a pec	2562	37.3	42	H
2903	09 :32 :10.13	+21 :30 :04.4	SB(s)d	556	6.3	62	H
3147	10 :16 :53.64	+73 :24 :02.6	SA(rs)bc	2820	40.9	26	S2
3227	10 :23 :30.59	+19 :51 :54.0	SAB(s) pec	1157	20.6	48	S1.5
3359	10 :46 :36.70	+63 :13 :27.0	SB(rs)c	1014	19.2	52	H
3368	10 :46 :45.74	+11 :49 :11.8	SAB(rs)ab	897	8.1	47	L2
3504	11 :03 :11.22	+27 :58 :21.0	(R)SAB(s)ab	1534	26.5	39	H
3593	11 :14 :37.00	+12 :49 :04.0	SA(s)0/a	628	5.5	69	H
3626	11 :20 :03.77	+18 :21 :26.6	(R)SA(rs)0+	1493	26.3	45	L2
3627	11 :20 :15.02	+12 :59 :29.5	SAB(s)b	727	6.6	62	T2/S2
3718	11 :32 :35.27	+53 :04 :01.4	SB(s)a pec	994	17.0	60	L1.9
4051	12 :03 :09.61	+44 :31 :52.8	SAB(rs)bc	725	17.0	41	S1.2
4138	12 :09 :29.79	+43 :41 :06.9	SA(r)0+	888	17.0	49	S1.9
4303	12 :21 :54.90	+04 :28 :25.1	SAB(rs)bc	1566	15.2	27	H
4321	12 :22 :54.89	+15 :49 :05.0	SAB(s)bc	1571	16.8	32	T2
4569	12 :36 :49.80	+13 :09 :46.3	SAB(rs)ab	235	16.8	62	T2
4579	12 :37 :43.40	+11 :49 :05.0	SAB(rs)b	1519	16.8	37	S1.9/L1.9
4736	12 :50 :53.06	+41 :07 :13.6	(R)SA(r)ab	308	4.3	36	L2
4826	12 :56 :43.76	+21 :40 :51.9	(R)SA(rs)ab	408	4.1	57	T2
5850	15 :07 :07.70	+01 :32 :39.0	SB(r)b	2556	28.5	31	L2
5953	15 :34 :32.40	+15 :11 :38.7	SAa pec	1965	33.0	36	S2
6574	18 :11 :51.24	+14 :58 :55.0	SAB(rs)bc	2282	35.0	38	S
6764	19 :08 :16.37	+50 :55 :59.6	SB(s)bc	2416	37.0	56	S/L
6951	20 :37 :14.47	+66 :06 :19.7	SAB(rs)bc	1424	24.1	35	S2
7217	22 :07 :52.32	+31 :21 :33.4	(R)SA(r)ab	952	16.0	35	L2
7469	23 :03 :15.62	+08 :52 :26.4	(R')SAB(rs)a	4892		43	S1.2

TAB. 7.2 – Les observations CO du super-échantillon au Plateau de Bure (par A. Baker).

Galaxie NGC	Raie(s)	Publié	Achevé	En cours	Propriétaire(s)
1068	CO(1→0)	ABCD			ES AE LJT
	CO(2→1)	AB			ES AE LJT
1961	les deux		BCD		NUGA
2782	les deux		CD		NUGA
2903	CO(1→0)		CD		SGB
3147	les deux		CD		NUGA
3227	CO(2→1)	AB			ES AE LJT
3359	CO(1→0)		CD		SGB
3368	les deux			BC	ES AJB
3504	CO(1→0)		AB		FC
3593	CO(1→0)	CD			SGB
3626	les deux	CD			SGB
3627	les deux			D	NUGA
3718	les deux		CD		NUGA
4051	les deux		AB		LJT
4138	CO(1→0)			D	AJB LJT
4303	CO(1→0)		BCD		SGB
4321	les deux	BCD			SGB
4569	les deux				NUGA
4579	les deux		BCD		NUGA
4736	CO(1→0)		BCD		ES
4826	les deux		BCD		NUGA
5850	CO(1→0)		BC		FC
5953	les deux				NUGA
6574	les deux		D	BC	NUGA
6764	les deux		BC		AE SL
6951	les deux		DC		NUGA
7217	les deux		CD		NUGA
7469	CO(1→0)		BC		LJT
	CO(2→1)		AB		LJT

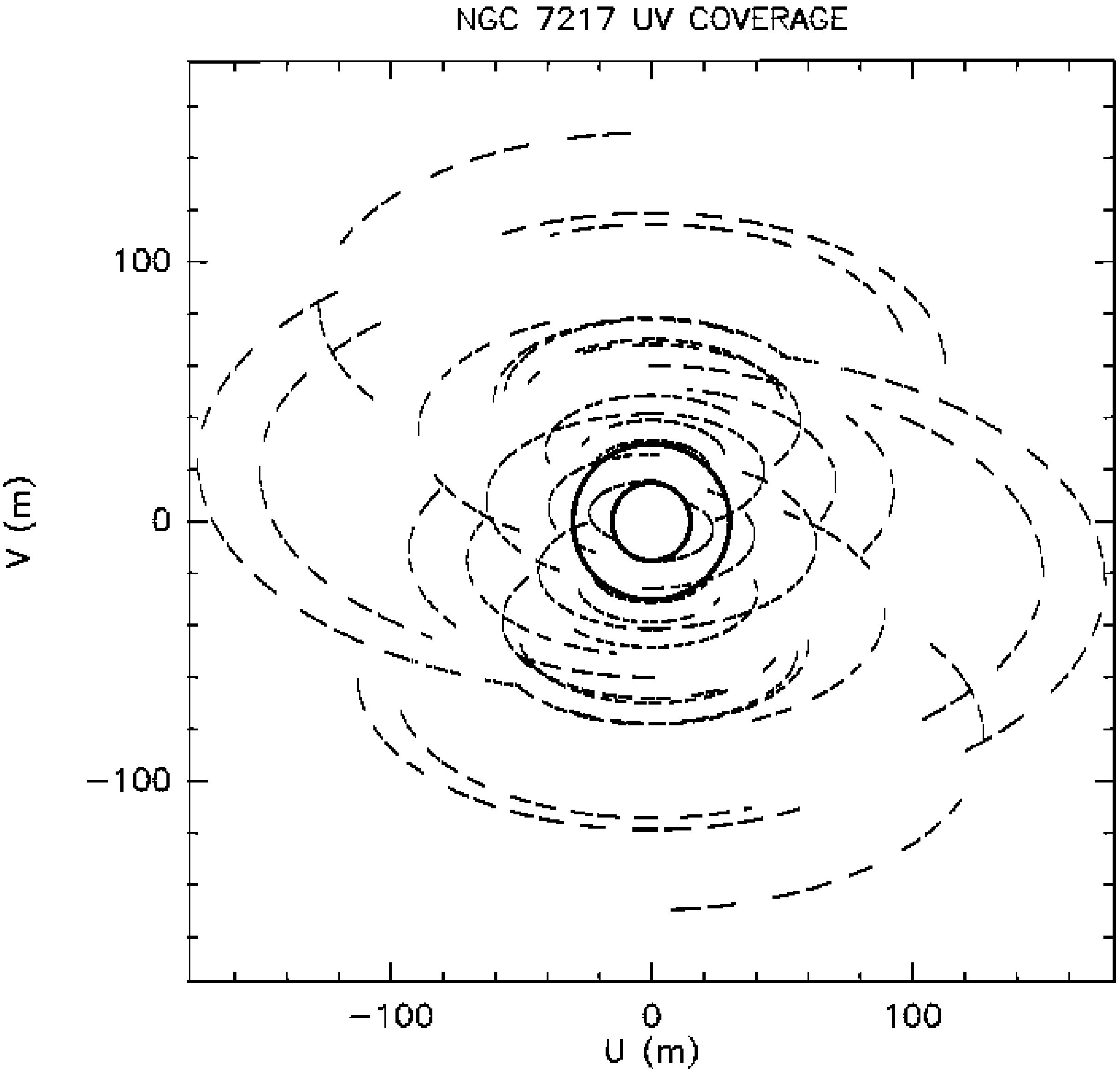

FIG. 7.2 – Couverture du plan *uv* pour les observations de NGC7217. Le cercle en gras le plus petit a pour rayon la plus petite ligne de base. L'autre cercle a pour rayon le double du premier (le rapport des deux longeurs d'onde CO(1→0) et CO(2→1)). Pour mesurer le rapport des intensités des raies il faut masquer les données CO(1→0) comprises entre les deux cercles pour que la coupure aux basses fréquences spatiales soit indentique dans les 2 cartes et apodiser les données CO(2→1) pour que la résolution soit identique.

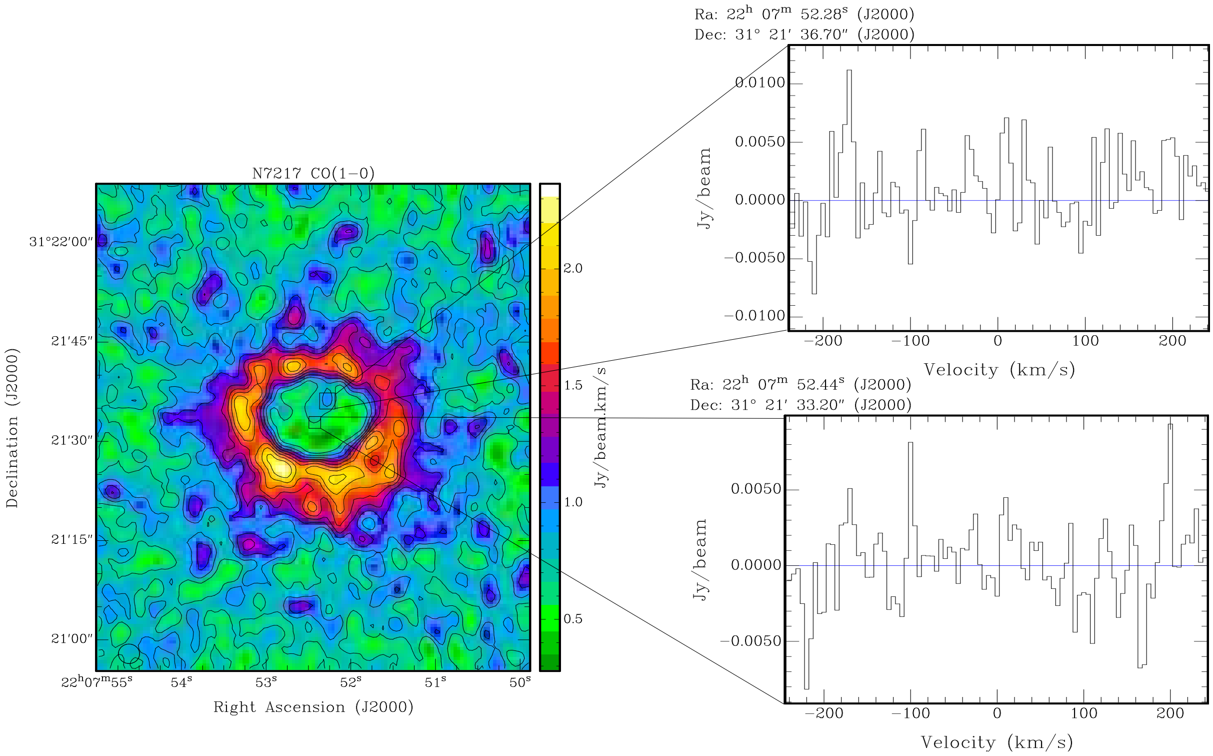

FIG. 7.3 – Carte de l'émission CO(1→0) moyennée sur tous les canaux (de -245 km s^{-1} à 245 km s^{-1}). Le niveau du bruit se situe à 0.2 Jy lobe^{-1} km s^{-1}. Le lobe est représenté en bas à gauche. Le spectre moyenné sur les 4 pixels centraux (1 pixel = 0.5″) ne montre pas de détection du disque nucléaire. Le maximum d'emission de la région qui s'étend du Nord de l'anneau vers le centre semble provenir d'une raie à 170 km s^{-1} à 3σ (à confirmer).

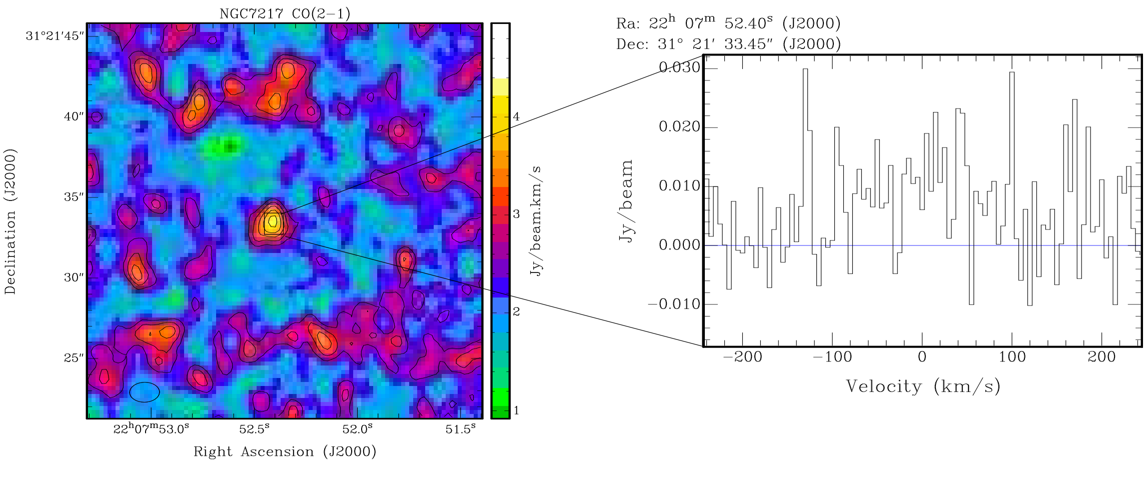

FIG. 7.4 – Carte de l'émission CO(2→1) moyennée sur tous les canaux (de -245 km s^{-1} à 245 km s^{-1}). Le niveau du bruit se situe à 0.5 Jy lobe^{-1} km s^{-1}. Le lobe est représenté en bas à gauche. Le spectre moyenné sur les 16 pixels centraux (1 pixel = 0.25″) montre que l'émission observée au centre est répartie sur les canaux entre -100 km s^{-1} et 100 km s^{-1}.

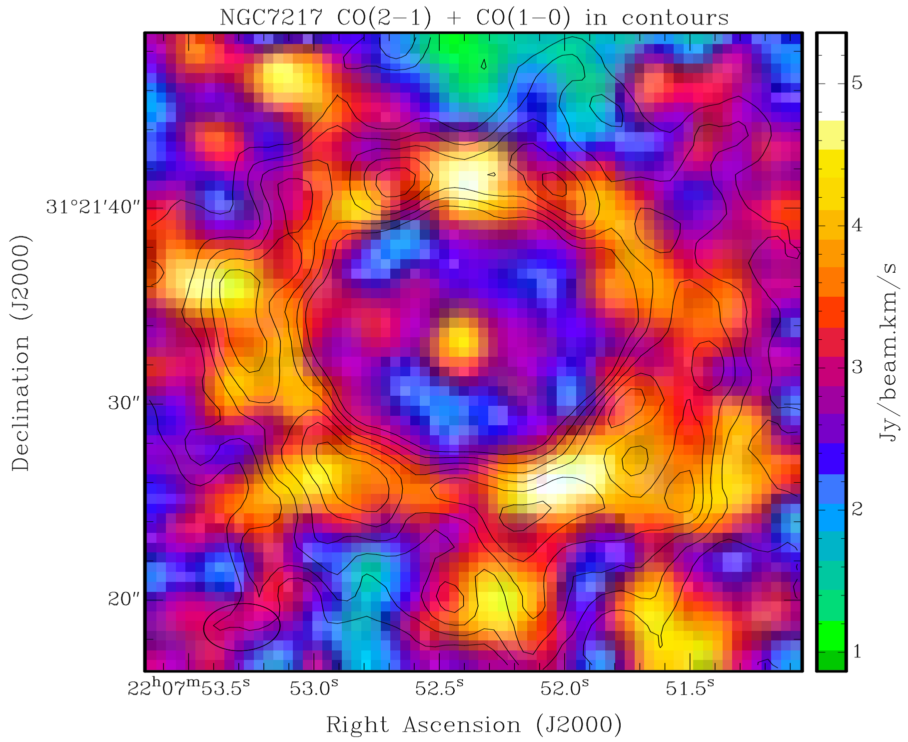

FIG. 7.5 – Carte moyenne du CO(2→1) ramené à la même résolution que CO(1→0). Le lobe est représenté en bas à gauche. Les contours représentent l'émission CO(1→0).

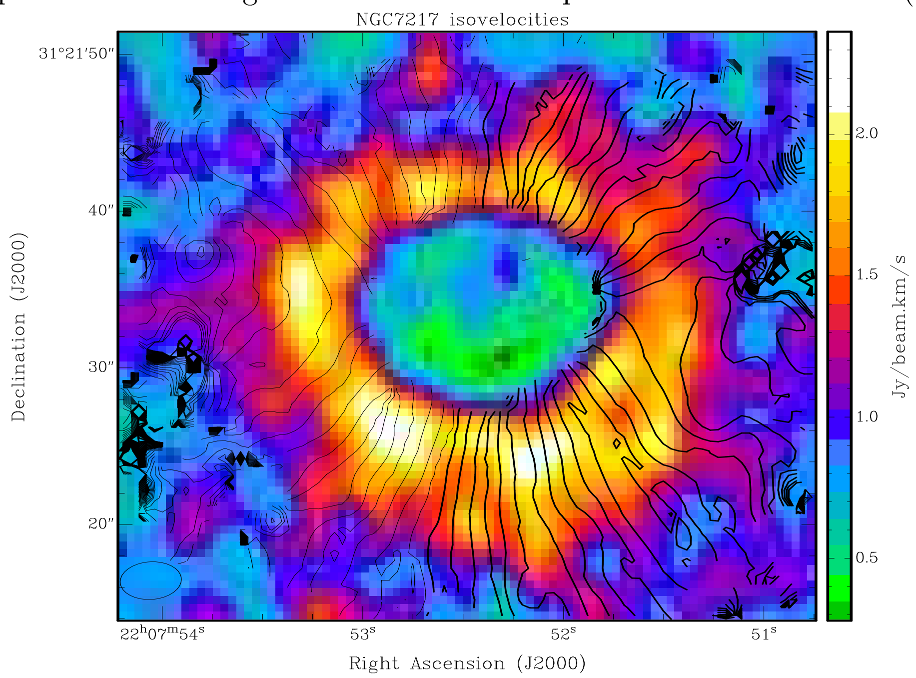

FIG. 7.6 – Isovitesses : les contours superposés à l'émission CO(1→0) correspondent à des isovitesses espacées de 10 km s^{-1}. Les vitesses positives ou nulles sont en gras.

résonance de Lindblad interne (Verdes-Montenegro et al. 1995). De tels anneaux résultent typiquement de l'évolution séculaire d'une galaxie barrée (voir le chapitre précédent), or aucune barre n'apparaît clairement dans cette galaxie. Il se pourrait que la barre se soit dissoute, laissant les anneaux comme signature posthume. Ce scénario confirmerait le fait déjà observé que l'activité n'est pas forcémment contemporaine de la barre même si celle-ci joue un rôle dans l'acheminement du gaz vers la région centrale. Cependant, par une analyse de Fourier de la distribution de brillance Buta et al. (1995) ont mis en évidence une légère asymétrie de type ovale qui pourrait suffire à former les anneaux. Plus récemment Sil'chenko & Afanasiev (2002) ont mis en évidence un anneau circumnucléaire polaire de gaz ionisé dans les $3''$ du centre.

7.3.2 les observations

Replaçons l'inteféromètre du Plateau de Bure dans le contexte de l'analyse développée dans le Chapitre 3 et calculons la ligne de base maximale permettant d'effectuer des observations avec une seule configuration. Si l'on suppose qu'il n'y a pas d'information *a priori* disponible sur la source ($\alpha = 1$), qu'il n'est pas possible d'extrapoler dans le plan de Fourier ($\beta = 1$) et que les observations ne peuvent pas durer plus de 8 heures alors d'après l'équation 3.24 :

$$B_{\rm max} = 52 \text{ m.} \tag{7.1}$$

Or cela correspond à une résolution de 5 asec à 230 GHz. Cela signifie que pour obtenir une meilleure résolution il faut observer en multiconfiguration. Les configurations de l'interféromètre du Plateau de Bure ont été conçues pour cela : elles sont complémentaires dans la couverture du plan *uv*.

La galaxie a été observée avec les configurations D et C2, représentées, ainsi que la couverture du plan *uv*, sur la Figure 7.1. On peut noter sur cette figure la complémentarité des deux configurations. Grâce au montage double-fréquence de l'instrument les raies CO(1$\rightarrow$0) et CO(2$\rightarrow$1) ont été observées simultanément pour 99 canaux de fréquence de 5 km s^{-1} de large et couvrant les vitesses de -245 km s^{-1} à 245 km s^{-1}. Les données ont été réduites à l'aide du logiciel GILDAS de l'IRAM et les images ont été reconstruites suivant la méthode CLEAN implémetée dans ce logiciel.

Morphologie

Les cartes des émissions CO(1$\rightarrow$0) et CO(2$\rightarrow$1) moyennées sur tous les canaux sont représentées sur les Figures 7.3 et 7.4. Les tailles des lobes sont respectivement ($3.2''\times2.8''$) et ($1.6''\times1.4''$).

L'anneau nucléaire domine la carte CO(1$\rightarrow$0) et contient l'essentiel de l'émission. Il apparaît continu avec un diamètre moyen de $22''$(1.5 kpc). Le maximum d'émission atteint 2.3 ± 0.2 Jy lobe^{-1} km s^{-1}. Vers l'intérieur de l'anneau le niveau d'émission chute brutalement à un rayon de $8''$. Vers l'extérieur le niveau décroit plus doucement et atteint la moitié du maximum pour un rayon d'environ $16''$. La coupure brutale de l'émission vers le centre plaide en faveur de la thèse de Buta et al. (1995) selon laquelle une asymétrie de type ovale serait encore à l'œuvre à l'heure actuelle. Si la barre avait disparu depuis longtemps et qu'aucune asymtrie n'avait pris le relais le profil de l'anneau se serait adouci à cause de la diffusion naturelle du gaz.

A l'intérieur de l'anneau l'émission intégrée se situe à un niveau inférieur à $3\sigma = 0.6$ Jy lobe^{-1} km s^{-1} sauf pour 2 régions allongées s'étendant radialement de l'anneau vers le centre où l'émission est comprise entre $0.6 - 1$ Jy lobe^{-1} km s^{-1}. La plus grande et plus intense (maximum à 1.0 Jy lobe^{-1} km s^{-1}) s'étend du Nord au Sud jusqu'au centre, la seconde plus faible s'étend du Nord-Ouest sur environ un tiers du rayon de l'anneau. Ces deux composantes étant à la limite du bruit il est difficile d'identifier une raie dans leurs spectres. Pour la plus intense, d'après le spectre moyenné sur les 16 pixels situés autour du maximum, il semblerait que l'émission provienne d'une raie située à -170 km s^{-1} dont le maximum est de l'ordre de $3\sigma = 0.01$ Jy lobe^{-1} (voir Figure 7.3). Au centre de l'anneau la carte intégrée ne montre pas d'émission supérieure au bruit. Les deux pics de la largeur d'un canal apparaissant dans le spectre sont probablement du bruit.

L'émission CO(2→1) intégrée est, au contraire, dominée par une source centrale de 4.3 ± 0.5 Jy lobe^{-1} km s^{-1} (voir Figure 7.4). Le spectre de la source semble indiquer une émission répartie sur les canaux de -100 à +100 km s^{-1}. Ce résultat, qui demande à être confirmé, est difficilement conciliable avec l'anneau polaire décrit par Sil'chenko & Afanasiev (2002). Celui-ci serait perpendiculaire au plan de la galaxie et impliquerait des vitesses beaucoup plus grandes. L'analyse des observations des jets avec le réseau MERLIN déjà effectuées permettra de mesurer l'orientation d'un éventuel disque nucléaire. Les vitesses de recession qui en résulteront pourront être comparées à celles obtenues ici.

Le diamètre de L'anneau étant égal à celui du lobe primaire à 230 GHz ($21''$) son émission est très atténuée. Seuls quelques pics d'intensité dépassent le niveau du bruit et il n'apparaît pas de façon continue comme en CO(1→0). Cependant, il est possible en apodisant les données dans le plan *uv* de dégrader la résolution et donc d'augmenter la sensibilité en brillance pour faire apparaître l'anneau. La Figure 7.5 montre la carte obtenue en apodisant les données puis en restaurant l'image avec un lobe identique à celui de CO(1→0). L'anneau sort complètement du bruit et apparaît continu bien que moins régulier qu'en CO(1→0).

Dynamique

La Figure 7.6 montre les contours isovitesses de l'émission CO(1→0). Les vitesses ont été obtenues en calculant le premier moment du spectre de chaque pixel dans une fenêtre de 14 canaux (70 km s^{-1}) centrée sur le maximum de la raie lorsque ce maximum est supérieur à 4σ. Les pixels pour lesquels le maximum est inférieur à 4σ ont été masqués.

Les isovitesses apparaissent très régulières et sont typiques d'un disque en rotation. L'axe des vitesses nulles est incliné de 8 deg par rapport à la l'axe Nord-Sud et l'axe passant par les plus grandes vitesses est incliné du même angle par rapport à l'axe Ouest-Est. Ceci implique un angle de position de 98 deg pour le disque. La régularité des isovitesses indique que la dynamique est dominée par la rotation et qu'il n'y a pas (ou peu) de courants liés à des instabilitées (streaming motions).

Masse de gaz moléculaire

En sommant toute l'intensité de la carte CO(1→0) dans un rayon de 22.5″ et en applicant l'équation A.5 on obtient : $M_{\rm H_2} = (1.82 \pm 0.05) \times 10^8\, M_\odot$. Ce résultat est en accord avec celui de Buta et al. (1995) qui trouvent $M_{\rm H_2} = 2 \times 10^8\, M_\odot$ à l'intérieur d'un carré de 36″. Il faut noter que notre barre d'erreur ne tient pas compte du flux manquant à cause du problème des espacements courts. L'incertitude est probablement plus proche de 10%. En applicant le facteur 1.36 pour l'hélium on obtient la masse totale de gaz moléculaire dans l'anneau : $M_{\rm gaz} = 2.5 \times 10^8\, M_\odot$.

Le bruit étant de 0.004 Jy lobe^{-1} l'équation A.9 donne la densité seuil de détection : $\Sigma_{\rm gaz_m} = 1.36 \times \Sigma_{\rm H_2{}_m} = 60\, M_\odot \rm pc^{-2}$. Le fait qu'il n'y ait pas de détection au centre implique que la masse totale dans la région centrale de 210 pc de rayon (qui correspond à la résolution en CO(1→0)) est inférieure à $1.26 \times 10^6\, M_\odot$. Par conséquent, il n'y a pas d'accrétion massive sur un disque au voisinage de l'AGN. Cependant l'émission CO(2→1) et la quantité de poussière au centre relativisent ce résultat. Les conditions extrêmes de densité qui reignent au centre empêchent probablement l'utilisation du facteur de conversion standard, le gaz y est peut-être très excité.

Le rapport de raies

Le rapport des intensités des raies $R_1 = I_{(2\to1)}/I_{(1\to0)}$ n'a de sens que si les observations sont les mêmes aux deux fréquences. Pour cela il faut s'assurer que le même intervalle de fréquence spatiale est échantilloné. Ayant observé simultanément aux deux fréquences et les fréquences spatiales échantillonnées étant proportionnelles à la fréquence d'observation, les fréquences spatiales échantillonnées en CO(2→1) sont plus élevées d'un facteur 2 que celles échantillonnées en CO(1→0). Il faut donc masquer les données de CO(1→0) correspondant aux fréquences spatiales inférieures à la plus basse échantillonnée en CO(2→1) (voir Figure 7.2). Cela implique une perte de 12% des données CO(1→0). Il faut d'autre part que les deux cartes soient à la même résolution. Pour cela on apodise les données CO(2→1) et l'on restaure l'image par le même lobe qu'en CO(1→0).

Le rapport a été calculé en sommant pour chaque fréquence les canaux dans une fenêtre de 70 km s^{-1} centrée sur le maximum de la raie CO(1→0). Il n'a pas été calculé lorsque ce maximum était inférieur à 3σ. Le résultat est représenté sur la Figure 7.7. La valeur du rapport varie entre 0.1 et 1.7. La valeur du rapport avec la barre d'erreur est donnée dans le tableau 7.3 pour les 20 positions marquées d'une croix sur la Figure 7.7 et dont les spectres sont représentés sur les figures 7.8 et 7.9. On voit que pour les positions 1 et 13 la valeur supérieure à un du rapport est accompagnée d'une barre d'erreur importante et qu'une valeur proche de un est en fait compatible avec ces mesures. La position 1 se trouve au delà de la largeur à mi-hauteur du lobe primaire à 230 GHz sa valeur ne peut donc être prise en compte. La position de la fenêtre spectrale ayant été choisie en fonction du maximum en CO(1→0) les valeurs du rapport pour les positions 19 et 20 n'ont pas non-plus de sens (il n'y a pas d'émission CO(1→0) au centre). Le fait que CO(2→1) soit détécté sans CO(1→0) implique un rapport élevé et probablement un milieu optiquement mince (voir Annexe A).

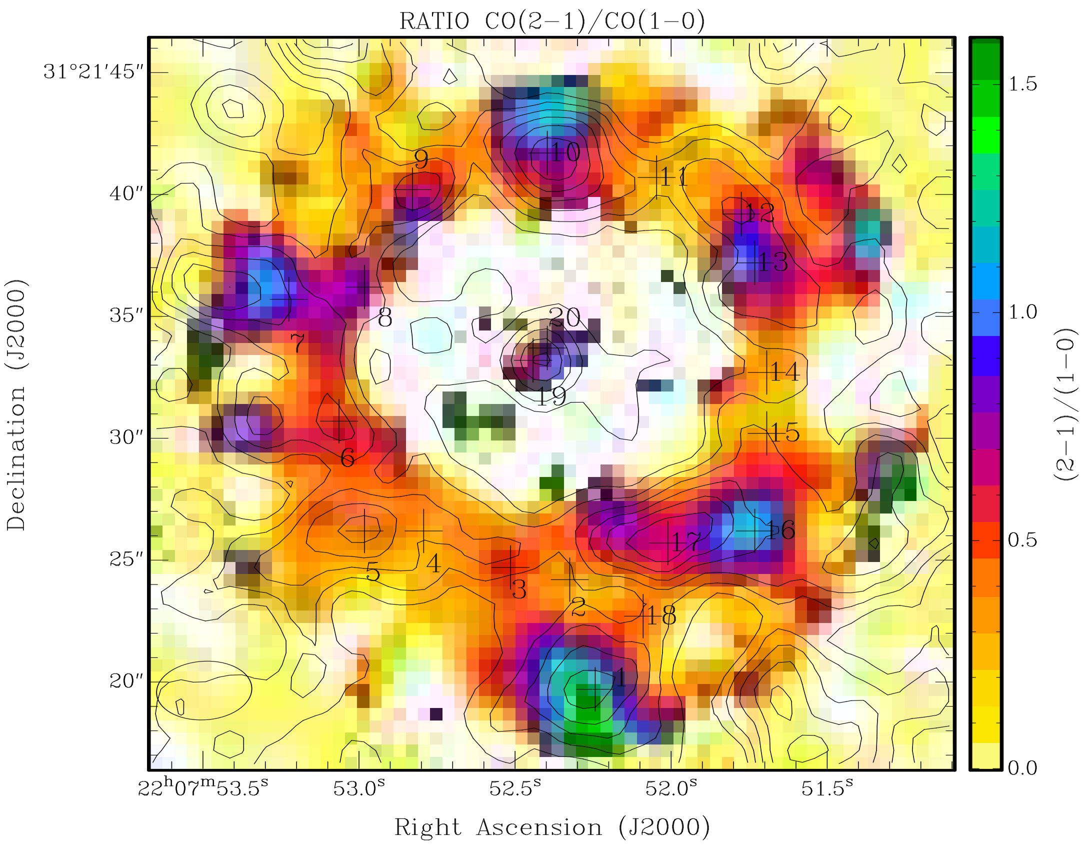

Fig. 7.7 – Rapport des intensités des raies : CO(2→1) sur CO(1→0).

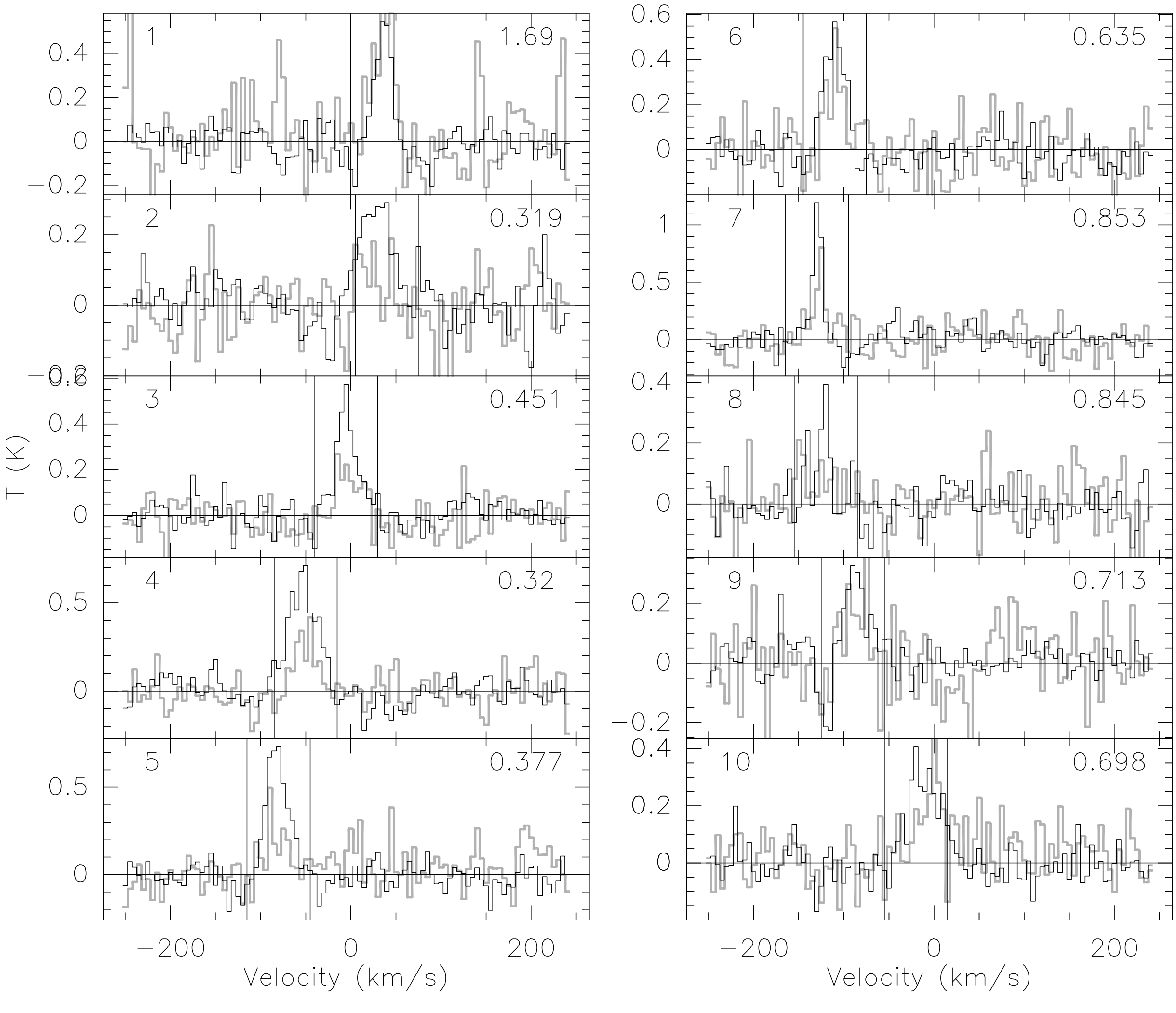

FIG. 7.8 – Spectres des positions marquées 1 à 10 sur la figure 7.7. Les specres de CO(1→0) sont en noir, ceux de CO(2→1) en gris. Les lignes verticales représentent la fenêtre dans laquelle est calculé le rapport donné pour chaque spectre en haut à droite.

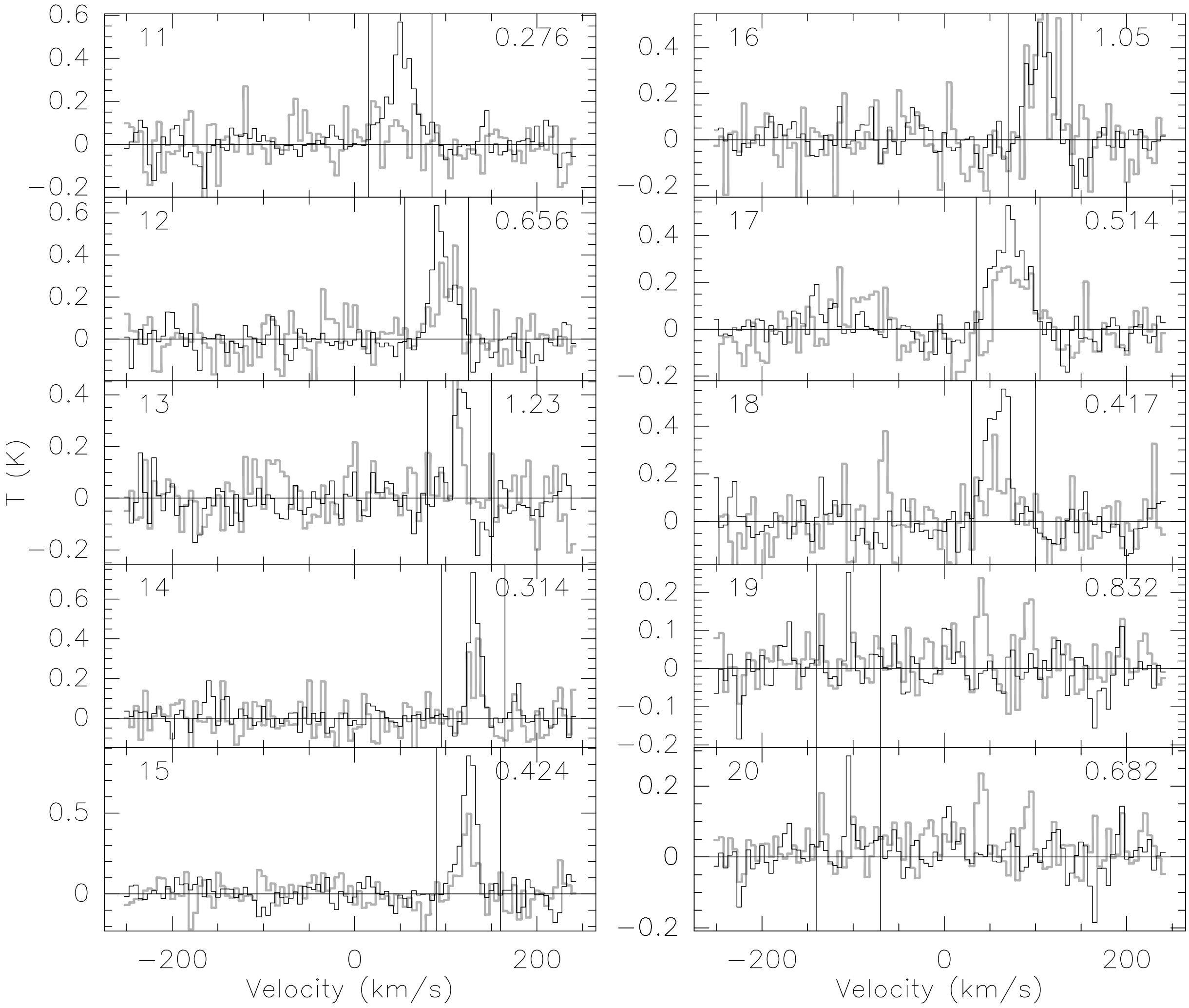

Fig. 7.9 – Spectres des positions marquées 11 à 20 sur la figure 7.7.Les specres de CO(1→0) sont en noir, ceux de CO(2→1) en gris Les lignes verticales représentent la fenêtre dans laquelle est calculé le rapport donné pour chaque spectre en haut à droite.

TAB. 7.3 – Température de la raie CO(1→0), largeur de la raie CO(1→0) et rapport des raies CO(2→1) et CO(1→0) pour chacune des 20 positions marquées d'une croix sur la Figure 7.7.

point	T(CO(1→0)) (K)	Δv (km s^{-1})	R_1
1	0.38±0.07	25±5	1.7±0.6
2	0.29±0.08	40±5	0.3±0.2
3	0.57±0.05	25±5	0.4±0.2
4	0.71±0.07	35±5	0.3±0.1
5	0.71±0.06	35±5	0.4±0.1
6	0.57±0.06	30±5	0.6±0.2
7	0.89±0.07	15±5	0.9±0.3
8	0.11±0.06	20±5	0.8±0.4
9	0.25±0.06	20±5	0.7±0.4
10	0.41±0.07	25±5	0.7±0.2
11	0.57±0.06	20±5	0.3±0.1
12	0.63±0.05	20±5	0.7±0.2
13	0.35±0.07	15±5	1.3±0.6
14	0.73±0.06	15±5	0.3±0.2
15	0.79±0.06	15±5	0.4±0.1
16	0.38±0.07	25±5	1.0±0.3
17	0.47±0.07	40±5	0.5±0.1
18	0.52±0.07	25±5	0.4±0.2
19	0.25±0.06	5±5	0.8±1.1
20	0.29±0.06	5±5	0.7±0.6

Le fait que le rapport soit inférieur à un dans l'anneau est compatible avec la discussion de l'annexe A. En effet, on s'attend à ce que les nuages moléculaires soient optiquement épais et thermalisés avec une température comprise entre 10 et 100 K. Le rapport de raies pour ces nuages devrait donc tendre vers 1 (voir Figure A.1 dans le cas épais). D'autre part on sait que le milieu interstellaire est également composé d'une phase peu dense et donc optiquement mince et sous-thermique. Cette composante située devant les nuages épais domine l'emission et a pour effet de diminuer la valeur du rapport. On s'attend donc bien à mesurer un rapport inférieur à un partout dans l'anneau. Les valeurs de l'intensité de la raie CO(1→0) du rapport R_1 et de la largeur de la raie rassemblées dans le Tableau 7.3 peuvent en principe être utilisées pour calculer la masse de H_2 à l'aide du modèle de transfert radiatif LVG décrit dans l'Annexe A. Cependant, il faudrait pour cela estimer la température et le facteur de remplissage des nuages moléculaires. L'observation d'autres raies du CO permettrait de contraindre ces paramètres.

Comparaison avec les données HST

NGC 7217 a été observée par le satellite Hubble avec la caméra NICMOS (proche infrarouge) et la caméra grand champ (WFPC2) dans les filtres V et I. L'indice de couleur

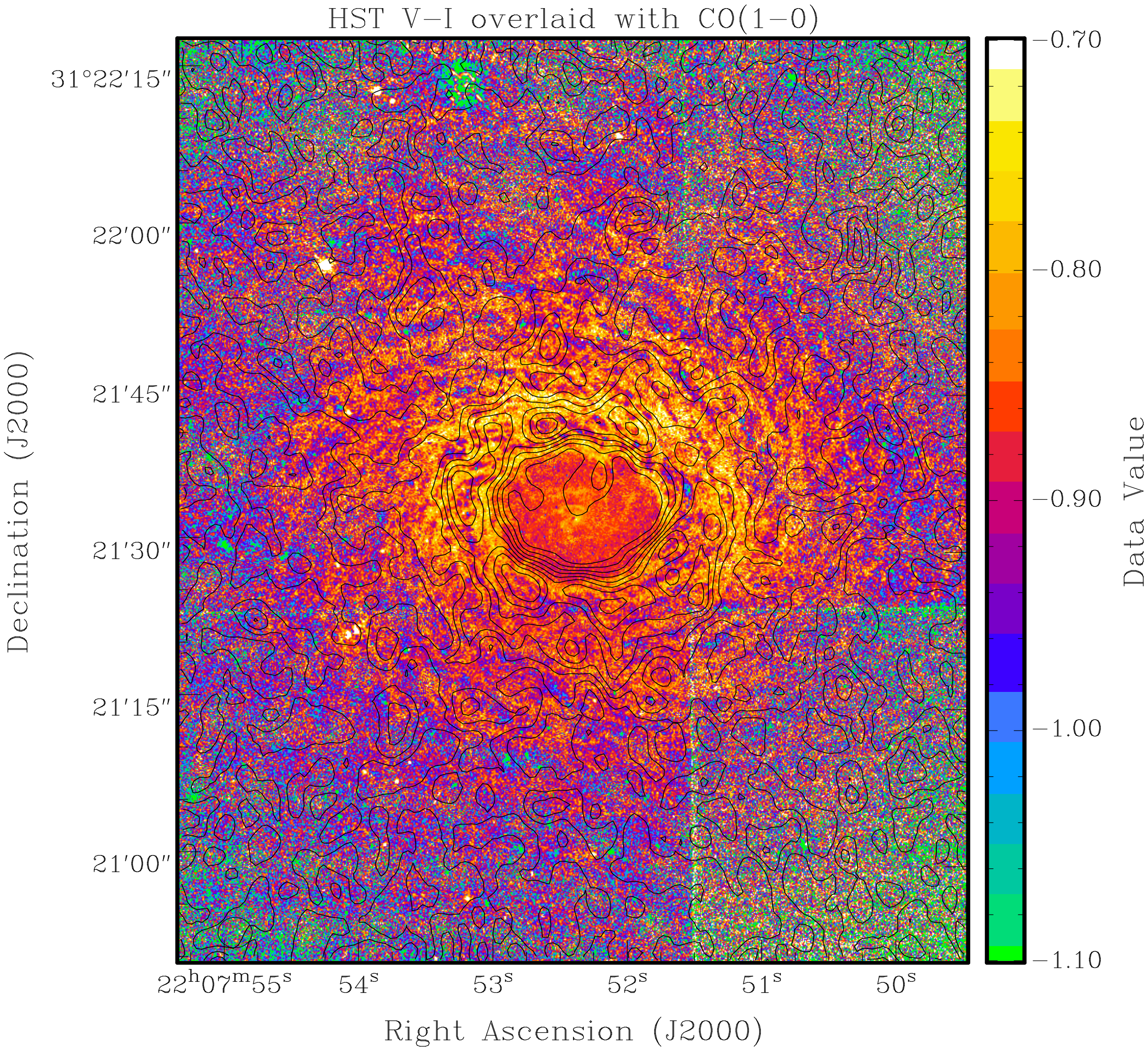

FIG. 7.10 – (V-I) obtenu par le satellite Hubble avec la caméra WFPC2. Les contours représentent l'intensité CO(1→0).

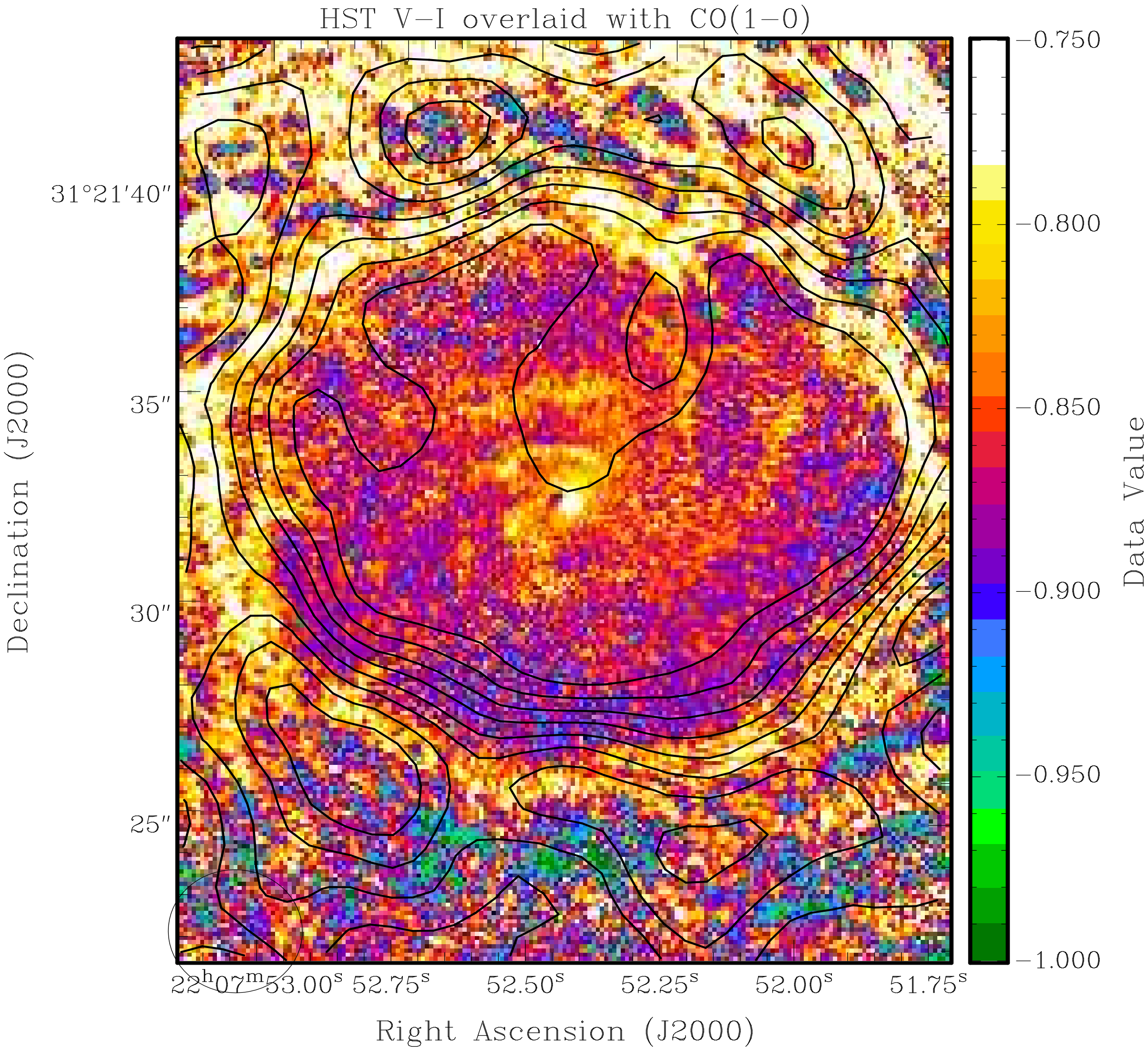

Fig. 7.11 – Zoom sur la partie interne à l'anneau dans la figure 7.10.

représenté Figure 7.10 donne l'extinction et donc la densité colonne de poussière. On remarque que l'extinction est globalement plus importante sur la moitié Nord de la galaxie. Ceci serait dû à son orientation et impliquerait d'après de Vaucouleurs (1958) que la partie Nord est plus proche de nous. Par conséquent, la spirale serait de type trailing.

D'autre part on voit clairement apparaître un anneau fin de poussière (Figure 7.11) de diamètre légèrement inférieur à celui de l'anneau de CO : $17''$. Ce fait déjà observé par Buta et al. (1995) pourrait être dû à une évolution de la partie interne de l'anneau de gaz moléculaire qui n'aurait plus été pourvue en gaz.

Un autre fait important est la présence d'une structure de type spirale dans la région interne à l'anneau. Cette structure pourrait correspondre à une onde de type acoustique. Sa modélisation pourra apporter de nouvelles informations sur les conditions du milieu interstellaire dans cette région et pourra peut-être mettre en évidence un mécanisme de transport de la matière vers le centre.

Enfin il semblerait que les deux régions d'emissions détéctées dans la région interne à l'anneau en CO(1$\rightarrow$0) puissent être associées à cette structure. Ceci semble surtout vrai pour la région s'étendant du Nord au centre. Son point de départ de l'anneau correspond à une forte extinction qui semble également se prolonger vers le centre et former l'un des bras de la spirale.

7.3.3 Les autres galaxies

On voit d'aprés la figure 7.12 que les autres galaxies présentent des morphologies très différentes de NGC 7217. L'étude détaillée de toutes les galaxies de l'échantillon devrait mettre en évidence différents mécanismes d'approvisionnement. Il sera alors possible d'évaluer l'efficacité de chacun et de comprendre si le type d'AGN peut être relié au mécanisme d'approvisionnement mis en œuvre.

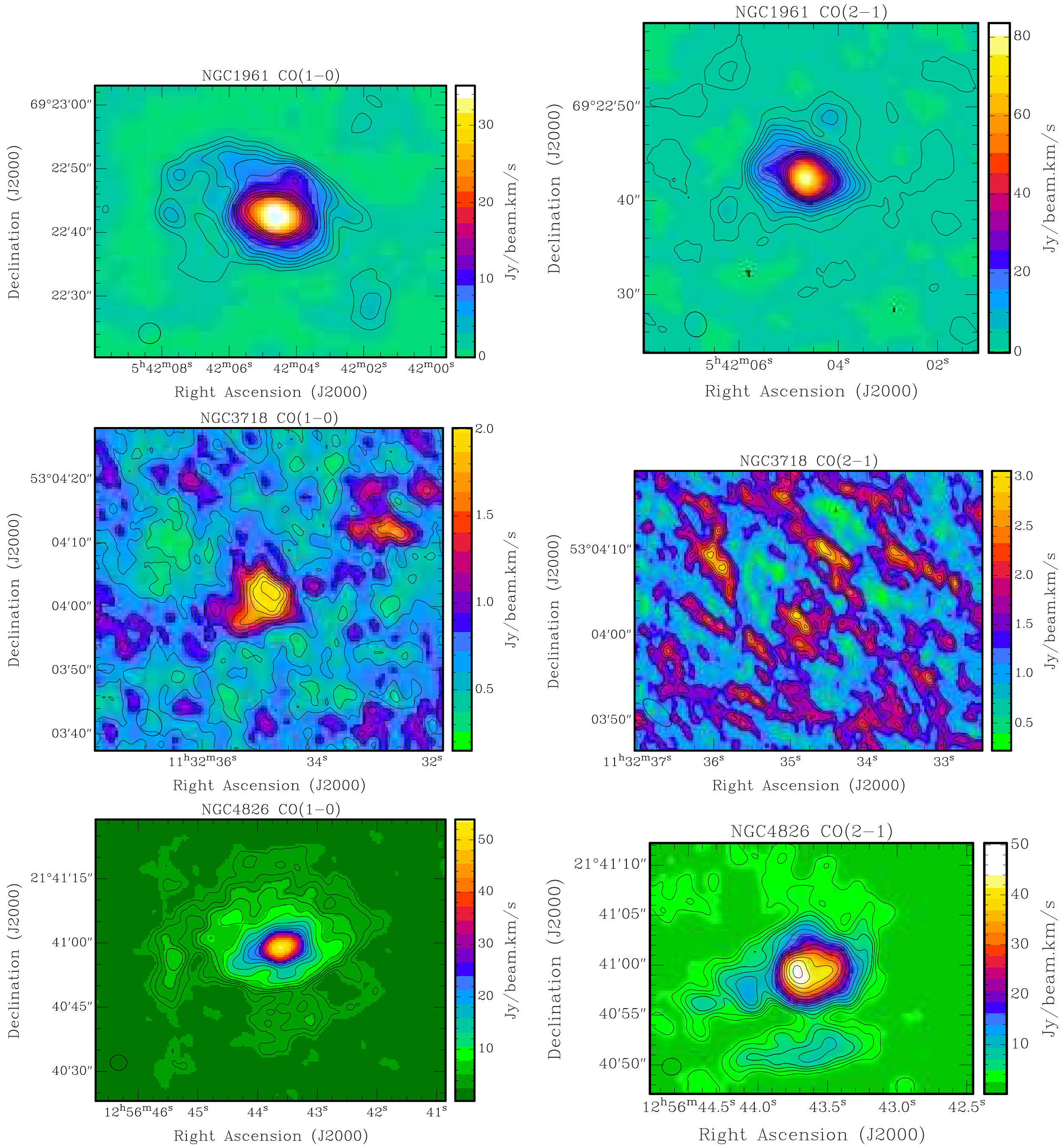

Fig. 7.12 – Les galaxies NGC 1961, NGC 3718 et NGC 4826 en CO(1→0) et CO(2→1).