

Physique du milieu interstellaire avec ASKAP

Marc-Antoine Miville-Deschênes (IAS, Orsay)

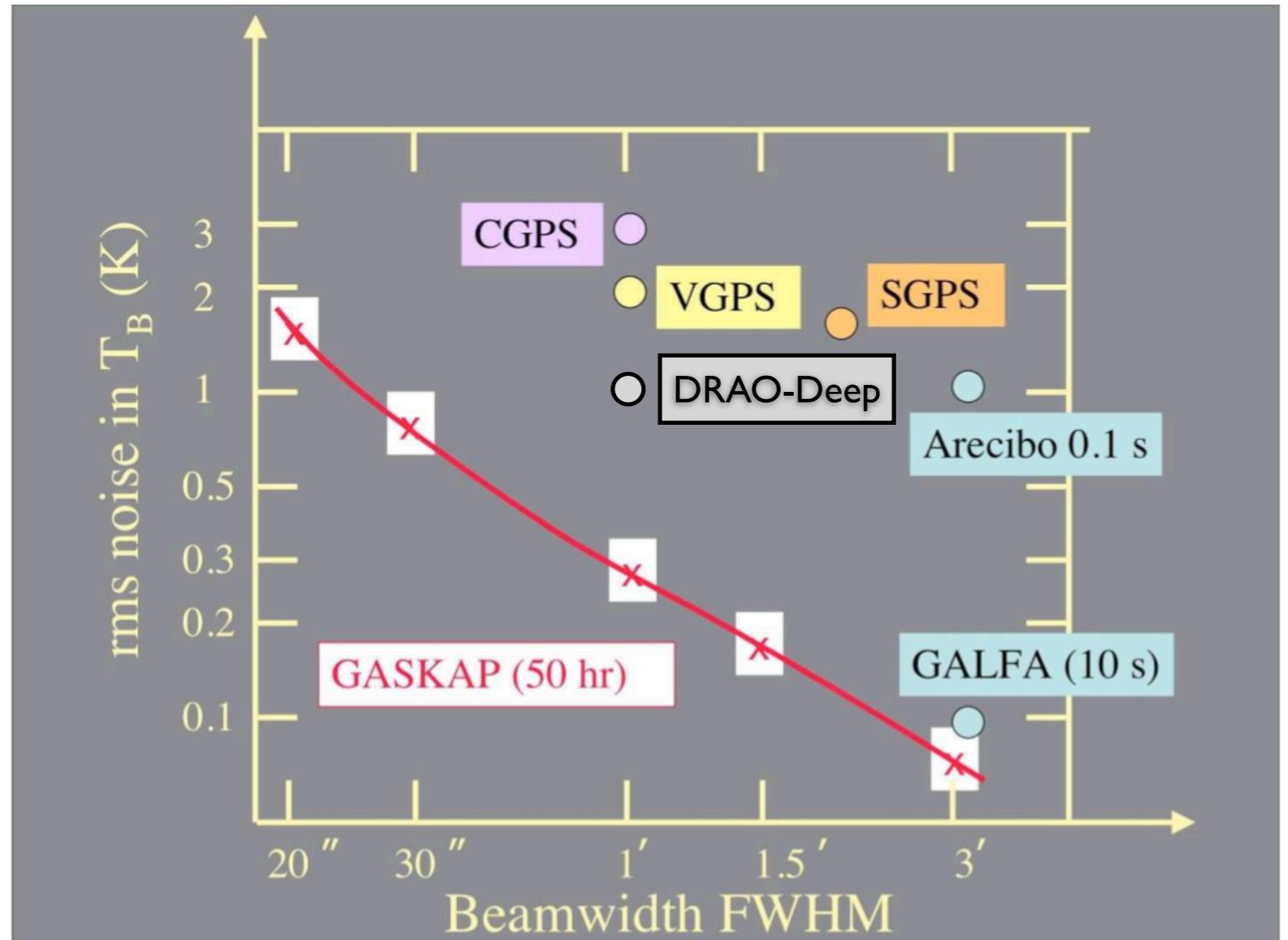


Projet GASKAP (Galactic ASKAP)

- Thématiques scientifiques
 - ➡ Accrétion de gaz à l'échelle galactique
 - Échange disque-halo
 - État du gaz neutre dans le halo
 - Le cas du Magellanic Stream
 - ➡ Dynamique du milieu interstellaire
 - Feedback énergétique - SNe, vents
 - ➡ Processus physiques responsables de la conversion H^+ - HI - H_2
 - Instabilité thermique
 - Turbulence MHD
- Collaboration : 78 co-Is, 42 instituts, 11 pays
 - France : P. Hennebelle & M-A Miville-Deschênes

Avantages techniques pour la science du milieu interstellaire

- Gain significatif en sensibilité et aussi en résolution angulaire
- Bonne résolution spectrale (0.2 km/s)
- Efficacité de cartographie
- 21cm, OH et RRL en même temps
- Difficulté
 - interféromètre donc absence des basses fréquences spatiales
 - nécessite la combinaison avec Arecibo, Parkes ou LAB



GASKAP : 0.6 square degrees per hour

Le projet GASKAP (Galactic ASKAP)

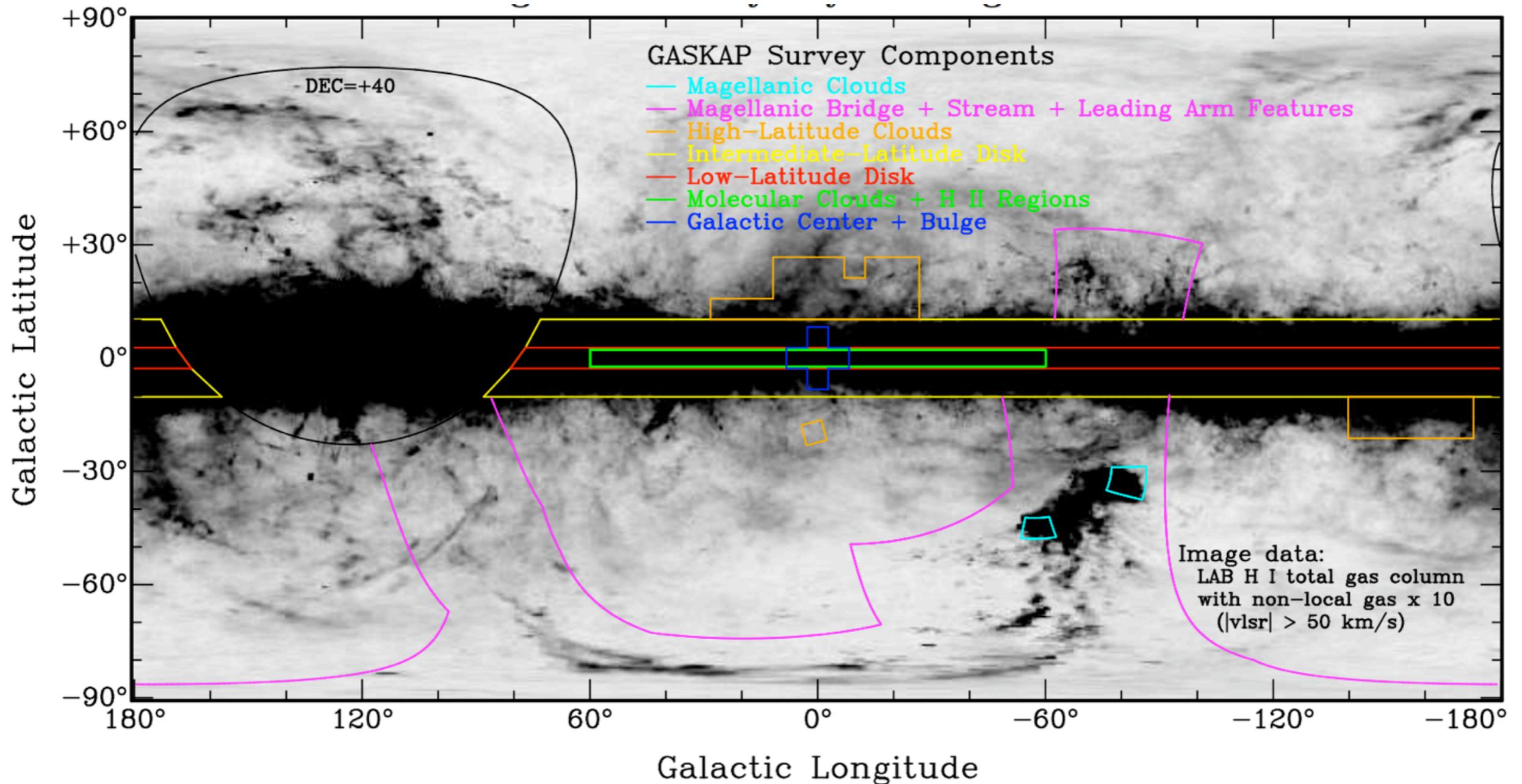


Table 1: GASKAP Survey Components

Component Name	Location on Sky (see Figure)	Area deg²	Time hr	Speed deg²/hr
Low Latitude	$ b < 2.75^\circ$, all ℓ for $\delta < +40^\circ$	1,496	2,493	0.60
Intermediate Latitude	$2.75^\circ < b < 10.25^\circ$, all ℓ for $\delta < +40^\circ$	4,080	1,700	2.40
Magellanic Clouds	LMC + SMC deep integration fields	94	627	0.15
Magellanic Bridge + Stream	$-135^\circ < \ell_{ms}^a < +66^\circ$, varying b_{ms}^a	5,219	2,175	2.40
High-latitude Fields	Mon + Ori + Aql + Oph + Lup + CrA	1,080	450	2.40
Galactic Center + Bulge	5 fields centered about $\ell = 0^\circ, b = 0^\circ$	150	1,000	0.15
Mol. Clouds + H II Regions	$ b < 2.25^\circ, \ell < 60^\circ$	660	500	1.32
Total		12,779	8,945	

^aMagellanic Stream coordinates (Nidever et al. 2008); see also Figure 3 in §1

Table 2: Benchmark Speeds vs. Sensitivity

Survey Component	Map Speed deg²/hr	Dwell Time [hr]	T_{rms} [K], $\Delta\nu = 5$ kHz					S_{rms} [mJy], $\Delta\nu = 5$ kHz				
			for $\theta_{FWHM} =$					for $\theta_{FWHM} =$				
			20''	30''	60''	90''	180''	20''	30''	60''	90''	180''
Gal. Cent. + Mag. Clouds	0.15	200	0.76	0.40	0.14	0.09	0.04	0.5	0.6	1.0	1.3	2.3
Low Latitude	0.60	50.0	1.51	0.81	0.28	0.19	0.08	1.0	1.2	2.0	2.6	4.6
Molecular Clouds + H II	1.32	22.7	2.24	1.20	0.42	0.28	0.12	1.5	1.8	3.0	3.9	6.8
Int.+High Lat. + Mag.St.	2.40	12.5	3.02	1.62	0.56	0.37	0.15	2.0	2.4	4.0	5.2	9.2

Table 1: GASKAP Survey Components

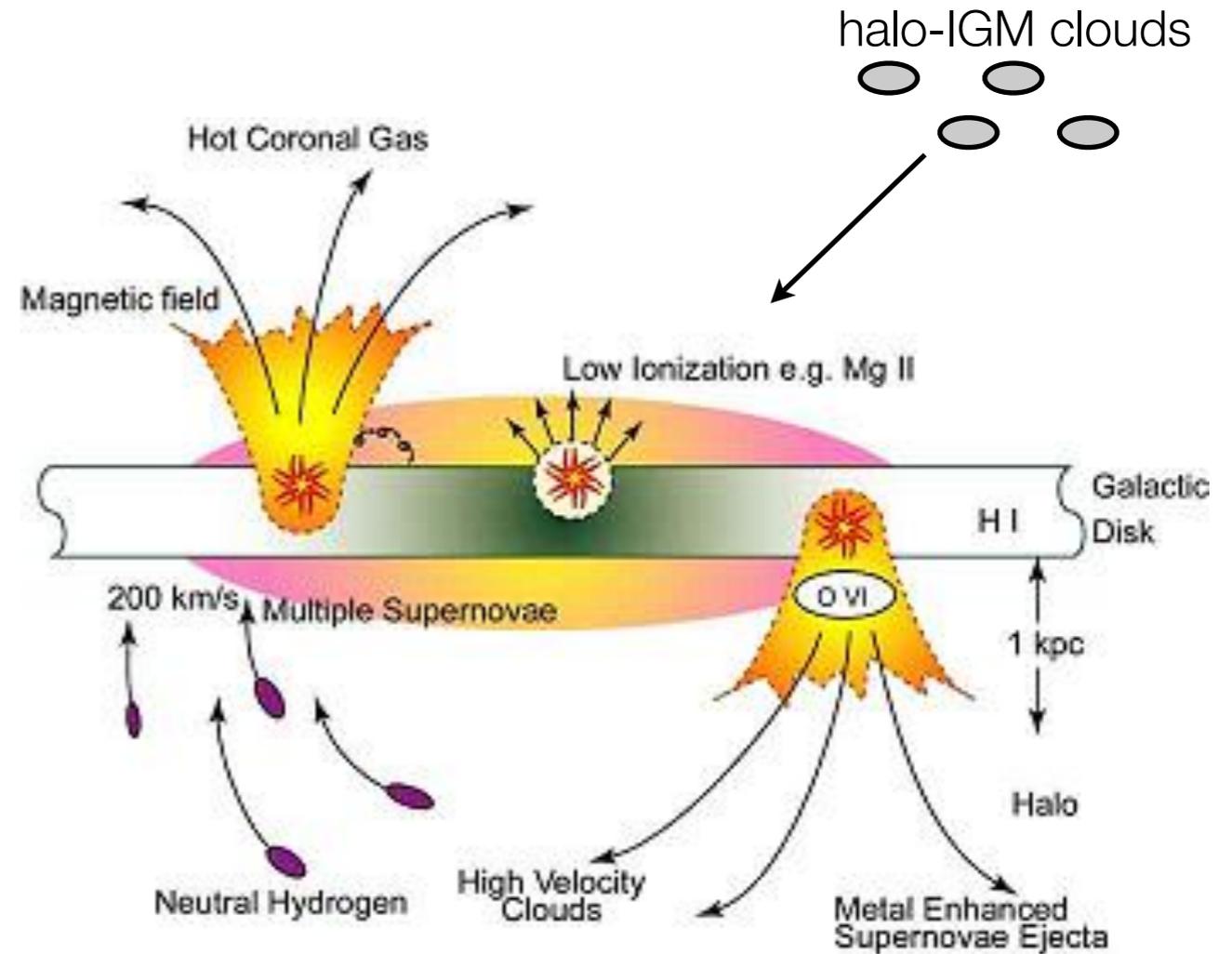
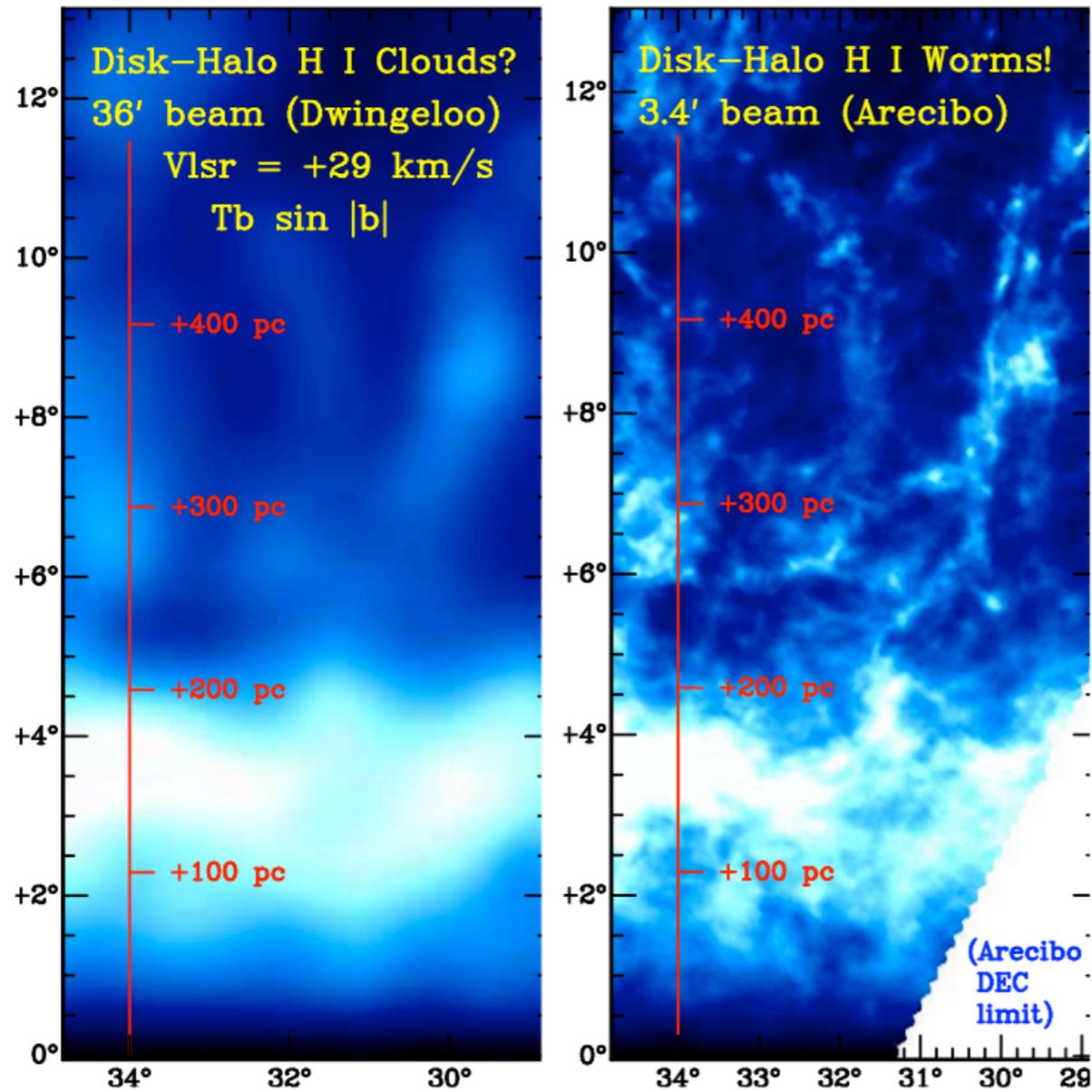
Component Name	Location on Sky (see Figure)	Area deg ²	Time hr	Speed deg ² /hr
Low Latitude	$ b < 2.75^\circ$, all ℓ for $\delta < +40^\circ$	1,496	2,493	0.60
Intermediate Latitude	$2.75^\circ < b < 10.25^\circ$, all ℓ for $\delta < +40^\circ$	4,080	1,700	2.40
Magellanic Clouds	LMC + SMC deep integration fields	94	627	0.15
Magellanic Bridge + Stream	$-135^\circ < \ell_{ms}^a < +66^\circ$, varying b_{ms}^a	5,219	2,175	2.40
High-latitude Fields	Mon + Ori + Aql + Oph + Lup + CrA	1,080	450	2.40
Galactic Center + Bulge	5 fields centered about $\ell = 0^\circ, b = 0^\circ$	150	1,000	0.15
Mol. Clouds + H II Regions	$ b < 2.25^\circ, \ell < 60^\circ$	660	500	1.32
Total		10,889	6,995	

^aMagellanic Stream coordinates (Nidever et al. 2008); see also Figure 3 in §1

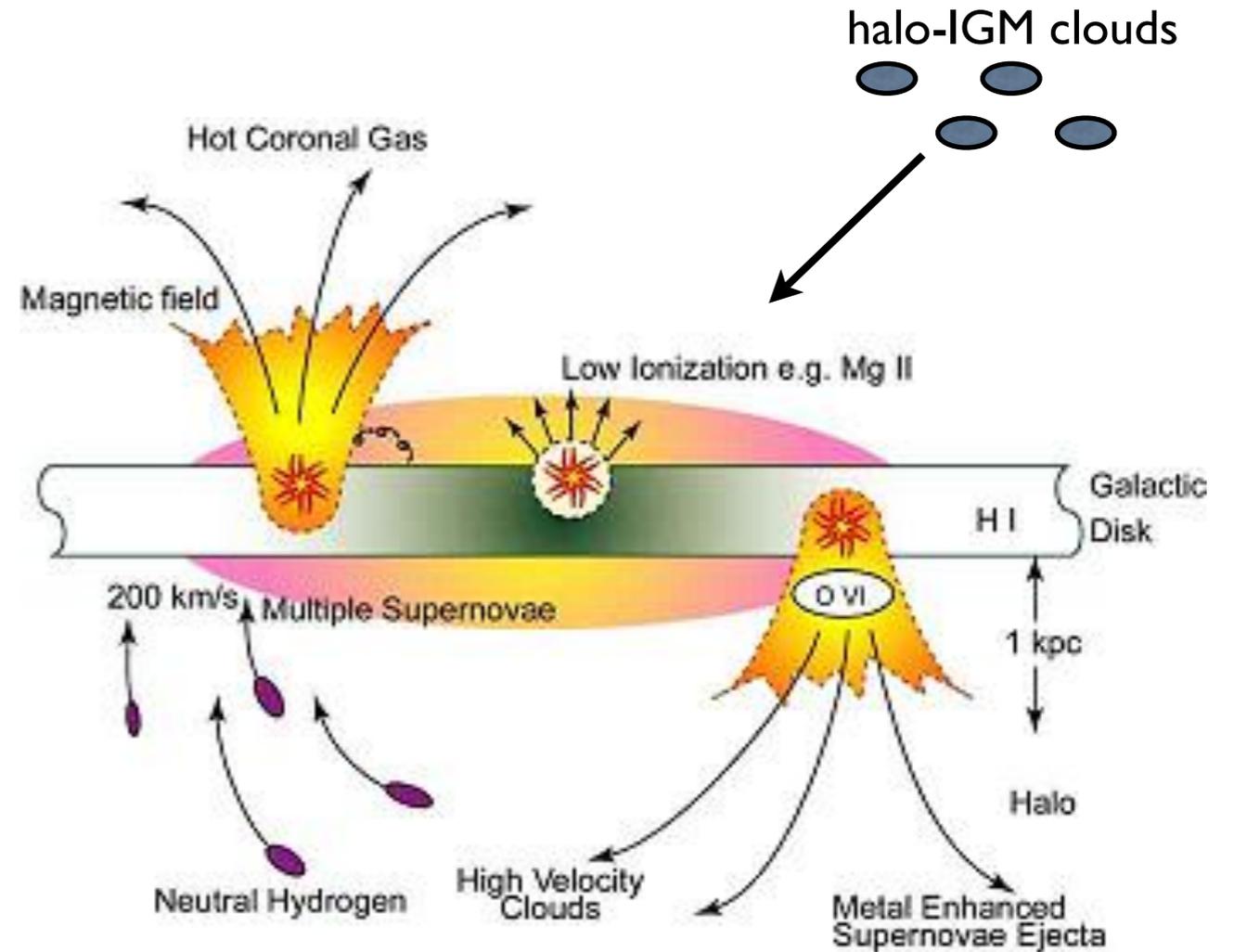
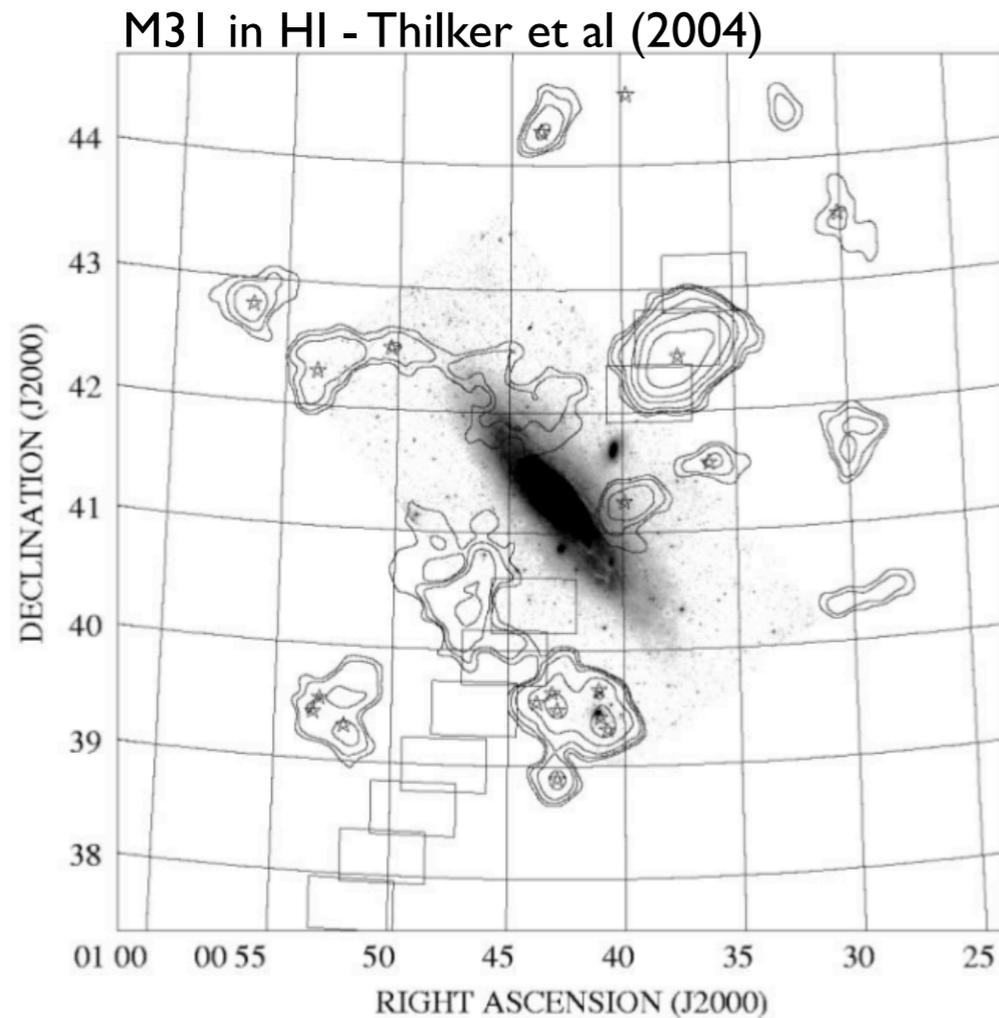
Table 2: Benchmark Speeds vs. Sensitivity

Survey Component	Map Speed deg ² /hr	Dwell Time [hr]	T_{rms} [K], $\Delta\nu = 5$ kHz for $\theta_{FWHM} =$					S_{rms} [mJy], $\Delta\nu = 5$ kHz for $\theta_{FWHM} =$				
			20''	30''	60''	90''	180''	20''	30''	60''	90''	180''
Gal. Cent. + Mag. Clouds	0.15	200	0.76	0.40	0.14	0.09	0.04	0.5	0.6	1.0	1.3	2.3
Low Latitude	0.60	50.0	1.51	0.81	0.28	0.19	0.08	1.0	1.2	2.0	2.6	4.6
Molecular Clouds + H II	1.32	22.7	2.24	1.20	0.42	0.28	0.12	1.5	1.8	3.0	3.9	6.8
Int.+High Lat. + Mag.St.	2.40	12.5	3.02	1.62	0.56	0.37	0.15	2.0	2.4	4.0	5.2	9.2

Disk-halo circulation and Galactic accretion



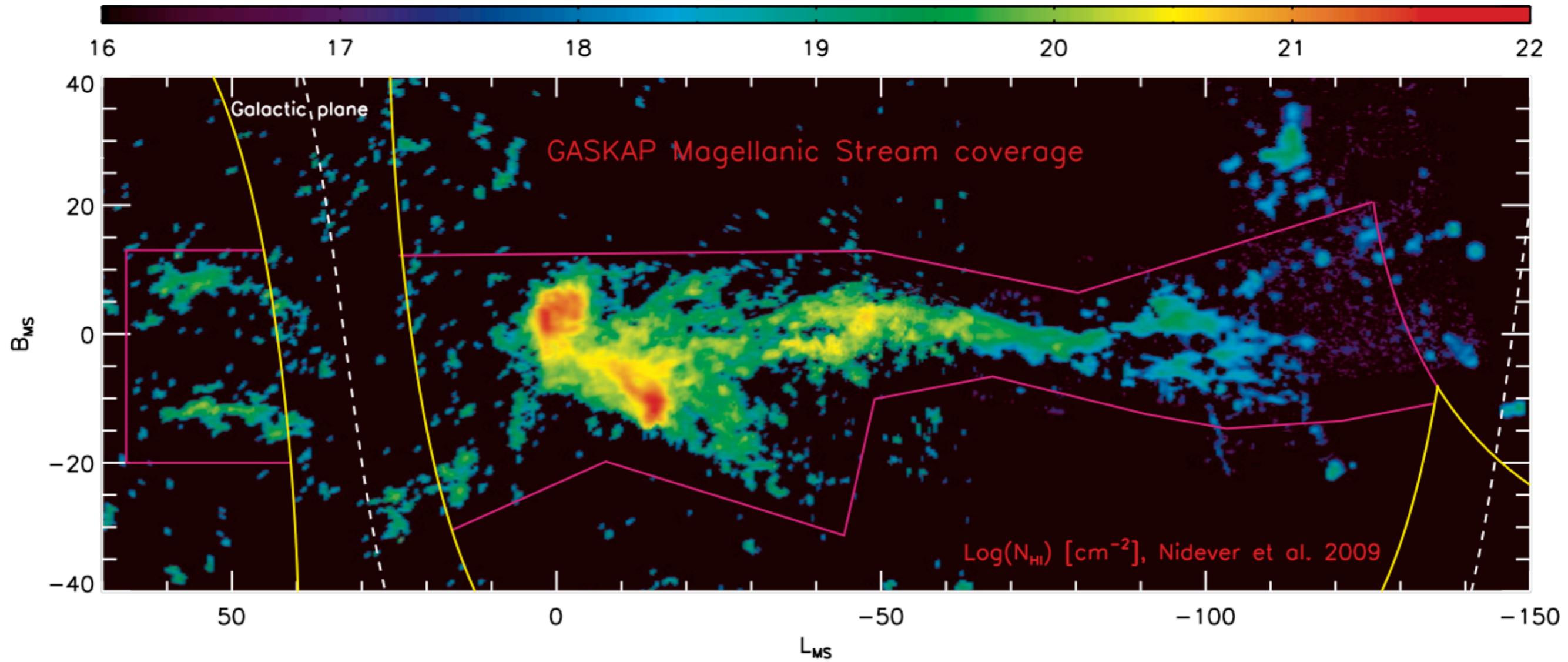
Disk-halo circulation and Galactic accretion



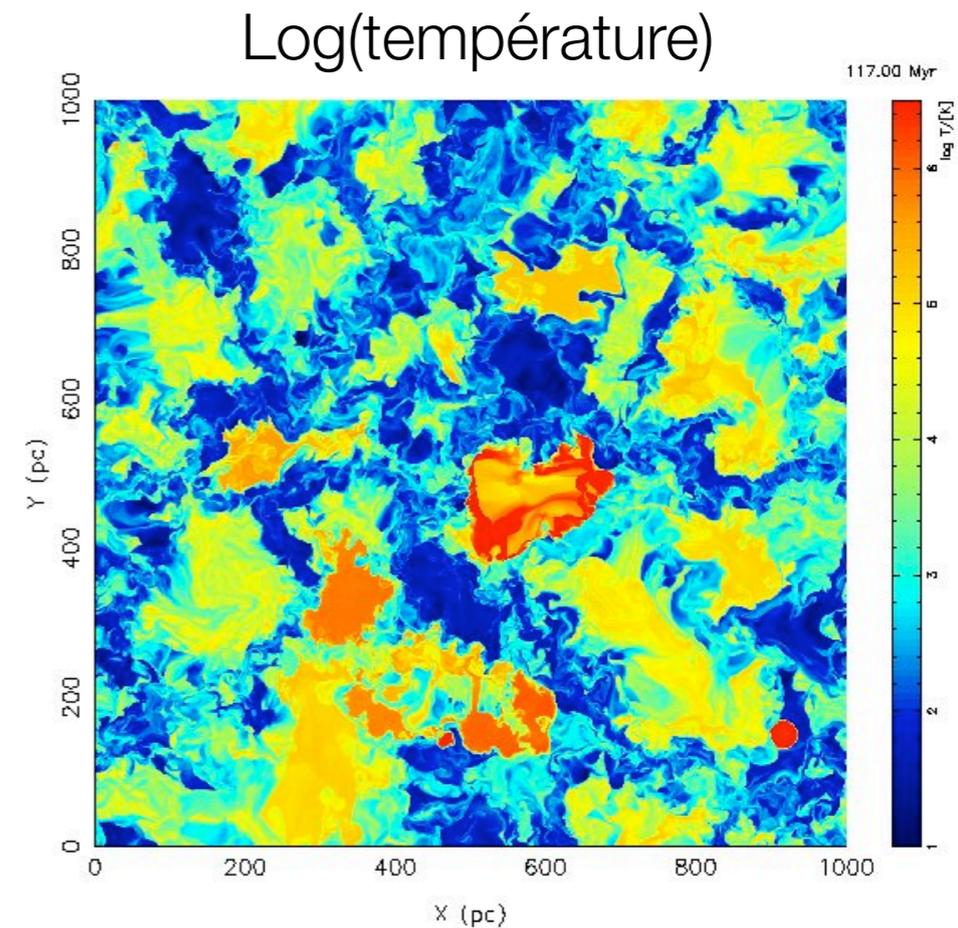
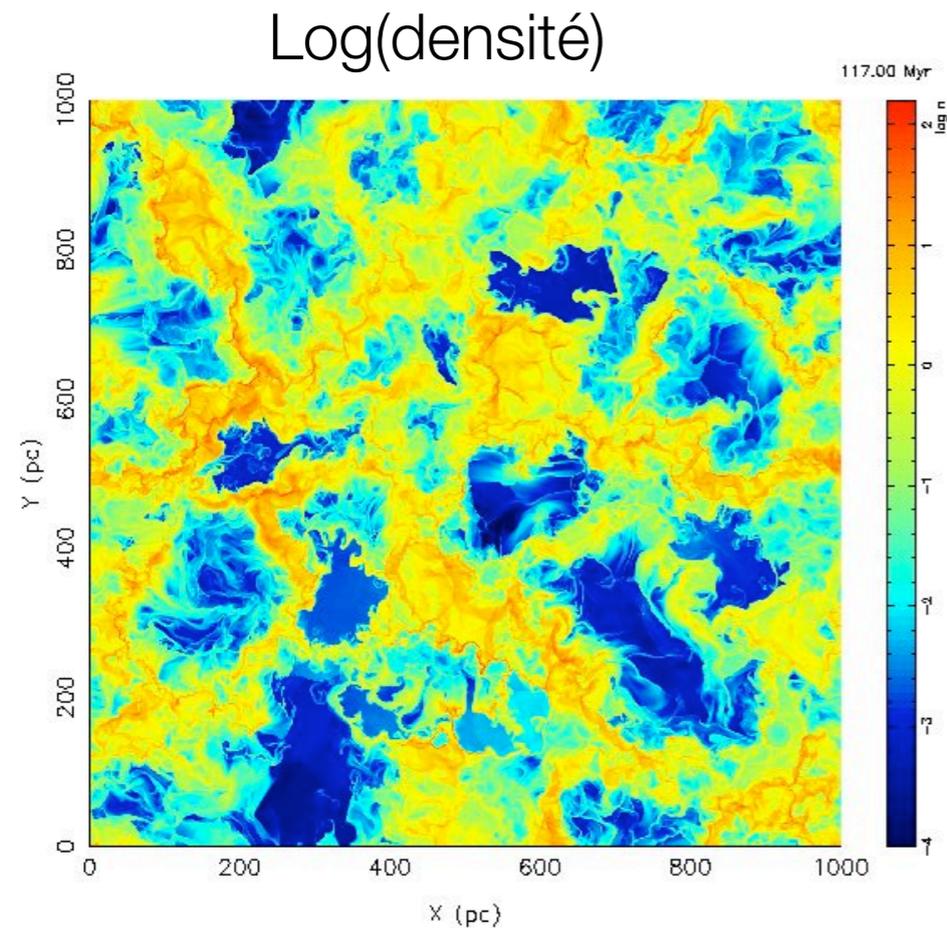
- Origin of neutral gas in the halo ?
 - gas stripped from satellite galaxies
 - thermal instability of the coronal gas
 - Galactic fountain
 - Residu of Galaxy formation

- What is the infall rate ?
 - Need the infall of ~ 1 solar mass/year for several Giga year to sustain star formation
- What is the metallicity of the infalling material ?
- In which phase is the gas ?

Magellanic Stream



Simulation HD du milieu interstellaire à grande échelle

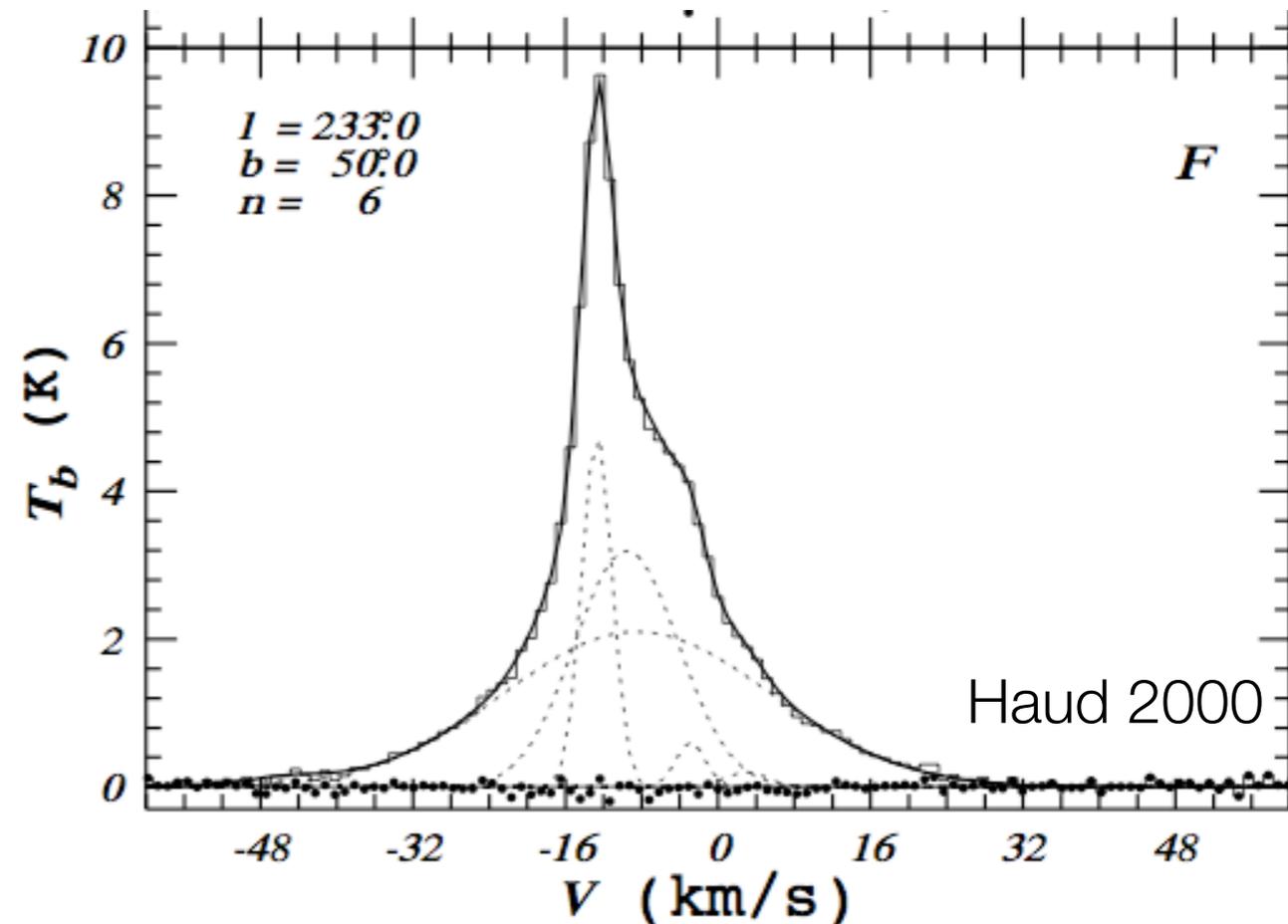
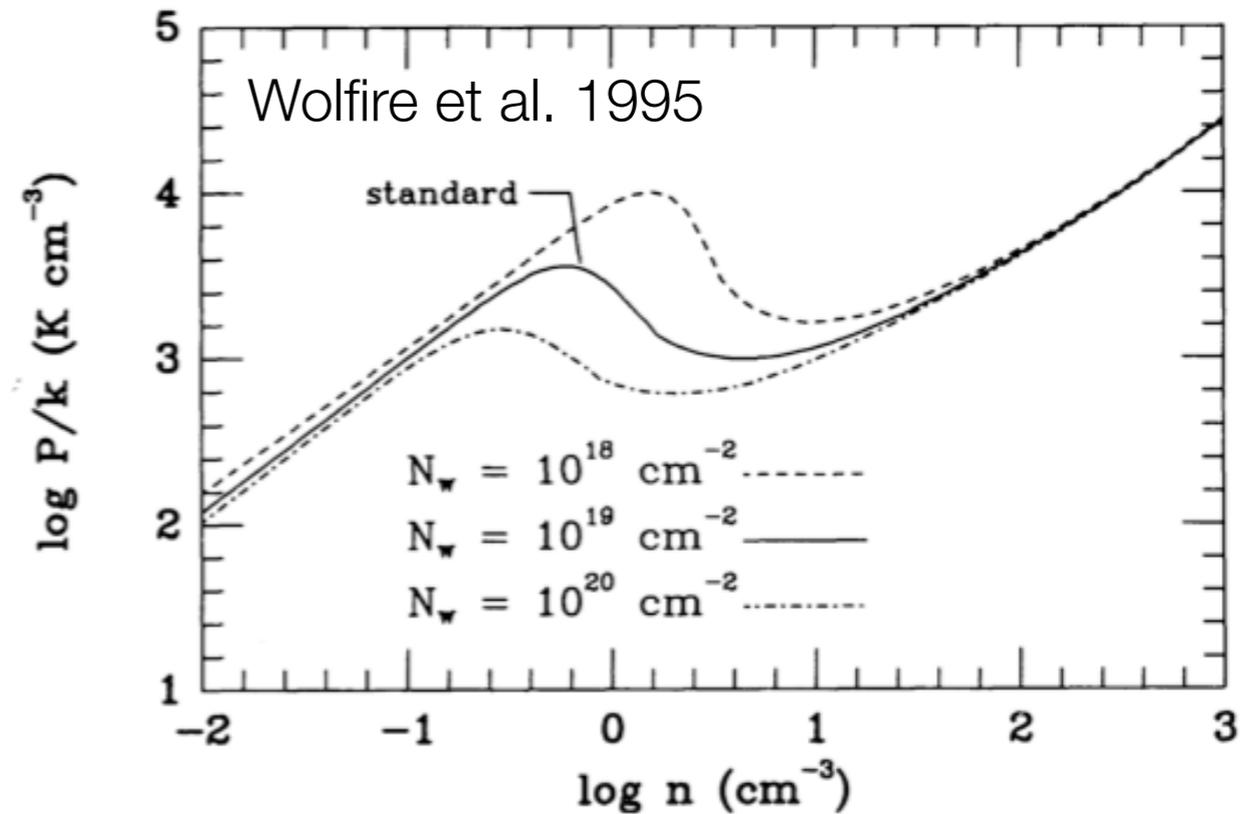


De Avillez &
Breitschwerdt, 2003

- Turbulence entretenue par explosion de supernovae
- Facteur de remplissage du gaz coronal: 20%
- Gaz neutre en filament.
 - Temps de vie de 10-12 Myr
 - Formation par compression et par instabilité thermique
- Resolution : 0.625 pc

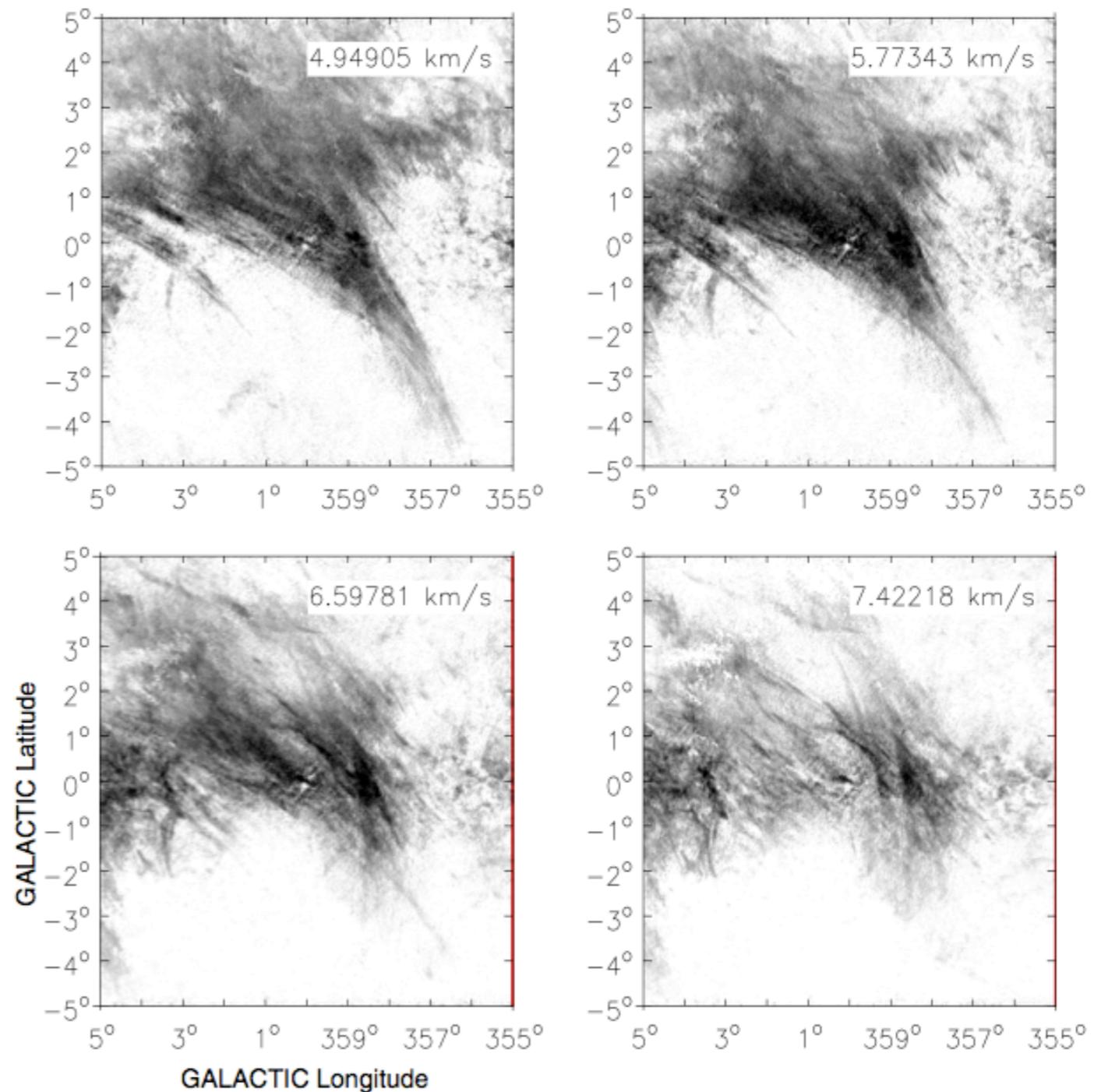
Propriétés physiques du HI

- Pas lié par la gravité
- Milieu bi-phasique
 - Cold Neutral Medium (CNM) : 100 K, 25 cm^{-3}
 - Warm Neutral Medium (WNM) : 8000 K, 0.2 cm^{-3}
 - Fraction de gaz thermiquement instable
- Turbulent
 - largeur de raie non-thermique
 - Spectre de puissance de la structure en densité et en vitesse décrit par une loi de puissance
- Couplé au champ magnétique
 - Partiellement ionisé (rayons cosmiques et rayons X)
 - Dynamiquement couplé aux grains qui eux sont chargés

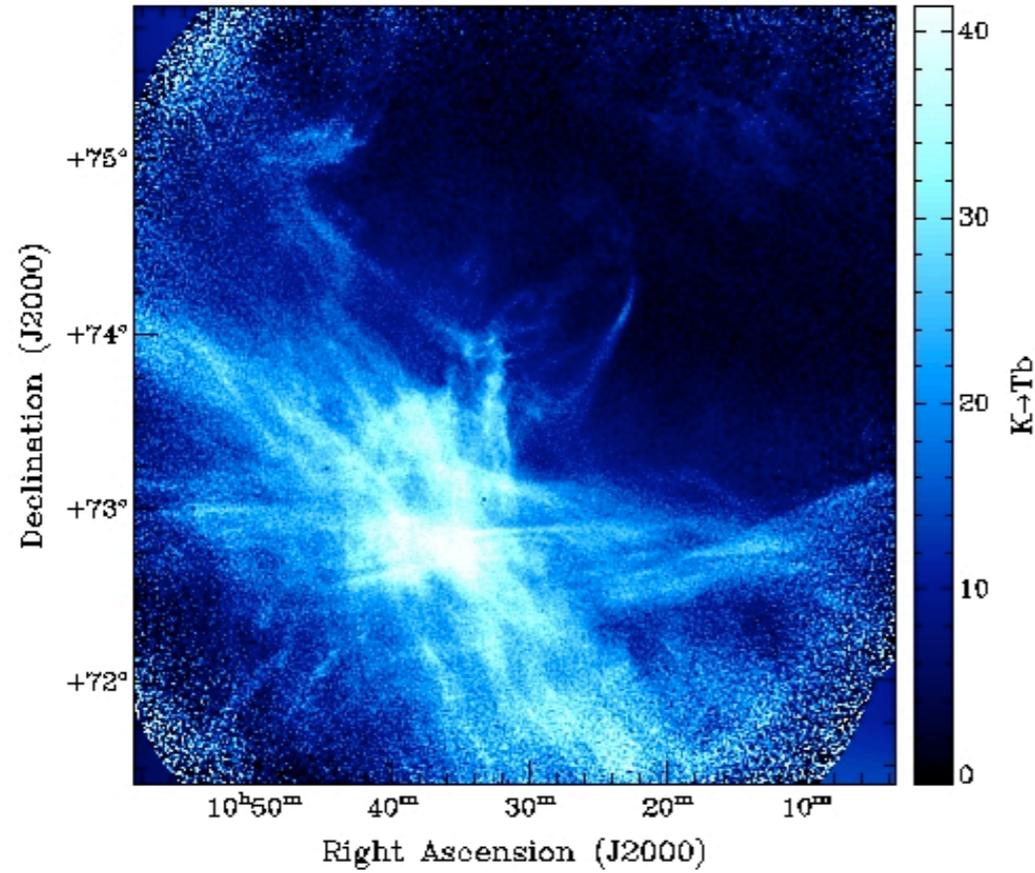


Filaments magnétiques ?

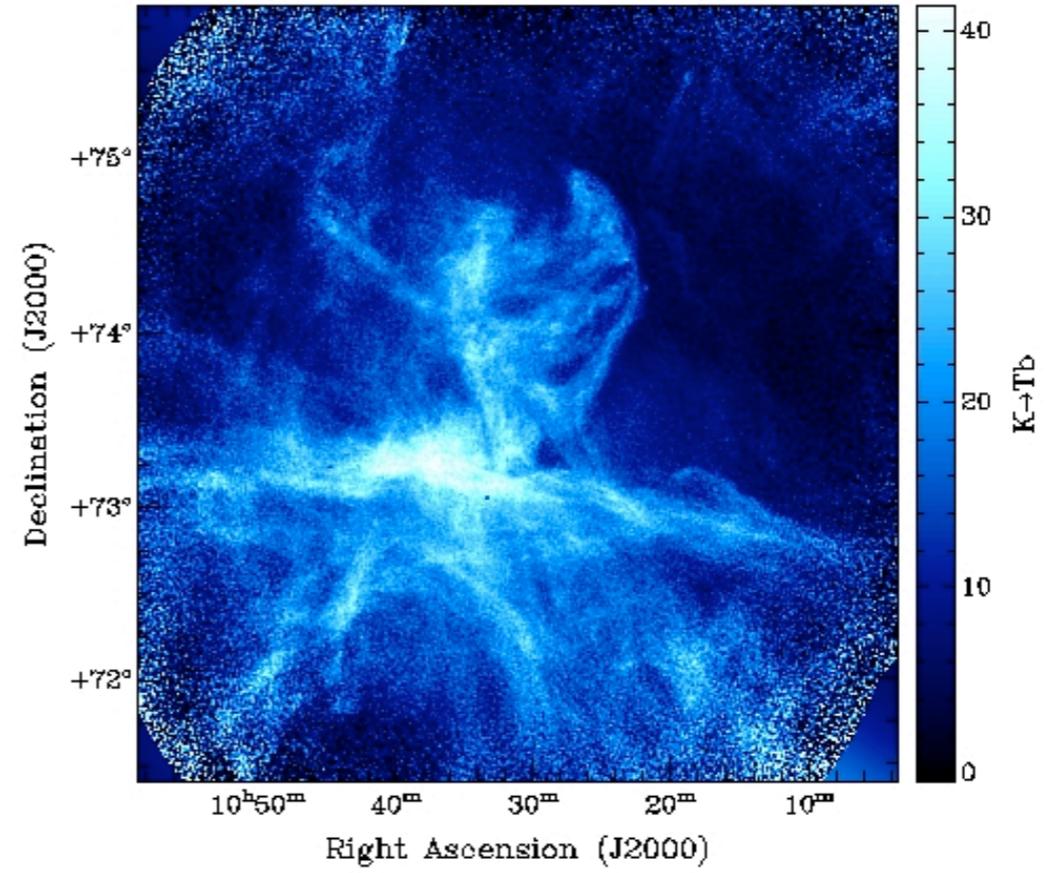
- Observations à 21 cm du nuage Riegel-Crutcher en direction du centre Galactique ($d=125 \pm 25$ pc)
- $T_{\text{spin}} \sim 40$ K
- Filaments 17 pc de long et 0.1 pc de large
- Orientation suit celle des mesures de polarisation stellaire
- McClure-Griffiths et al. (2006)



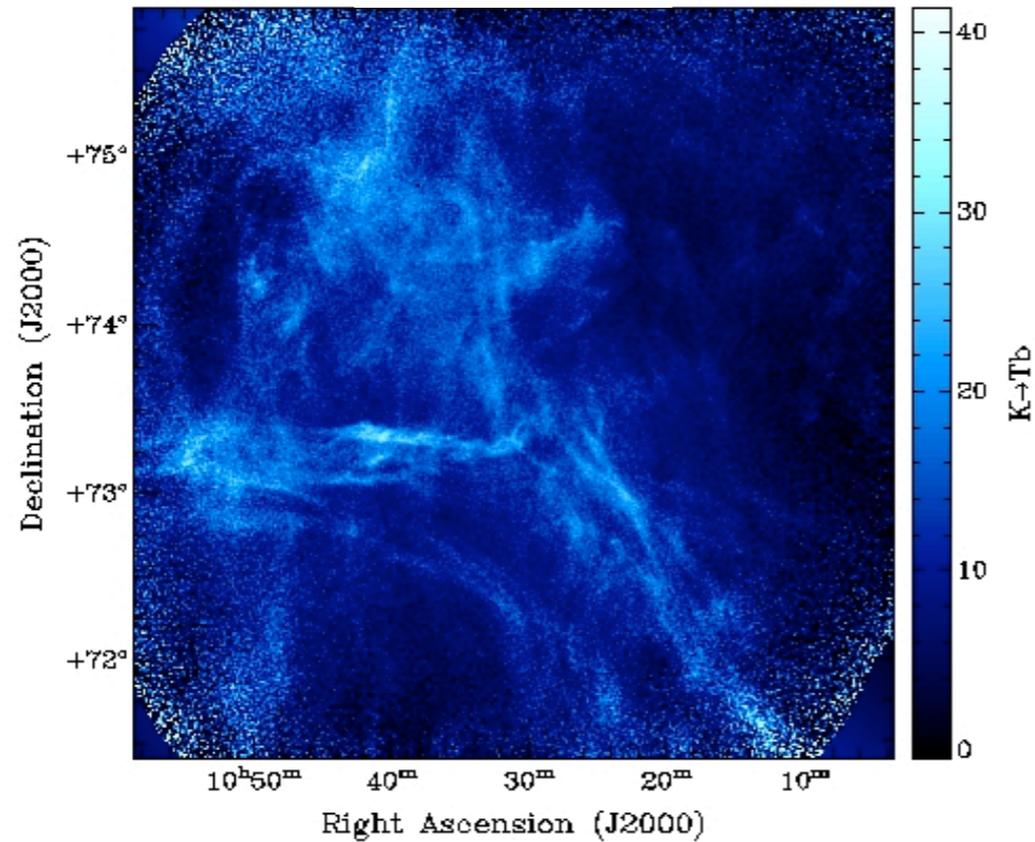
Velocity: 2.68 km/s



Velocity: 5.13 km/s



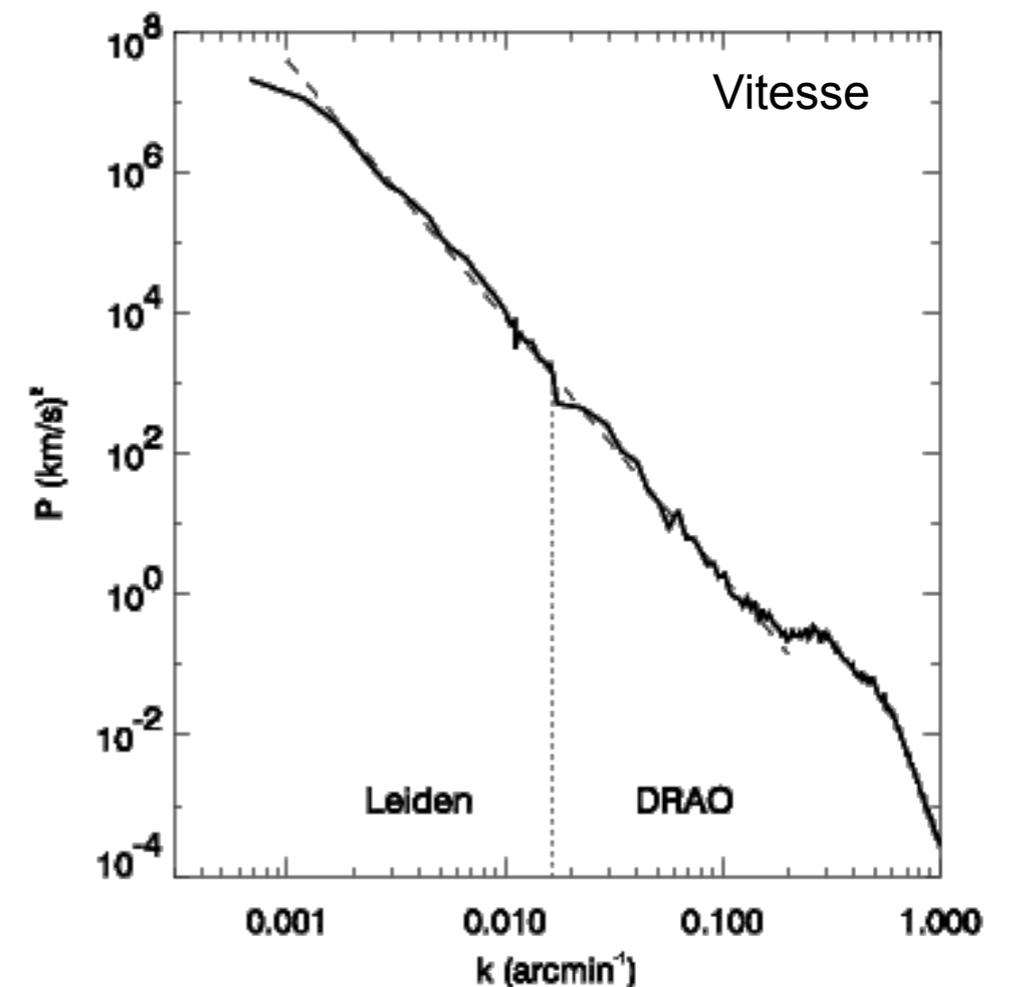
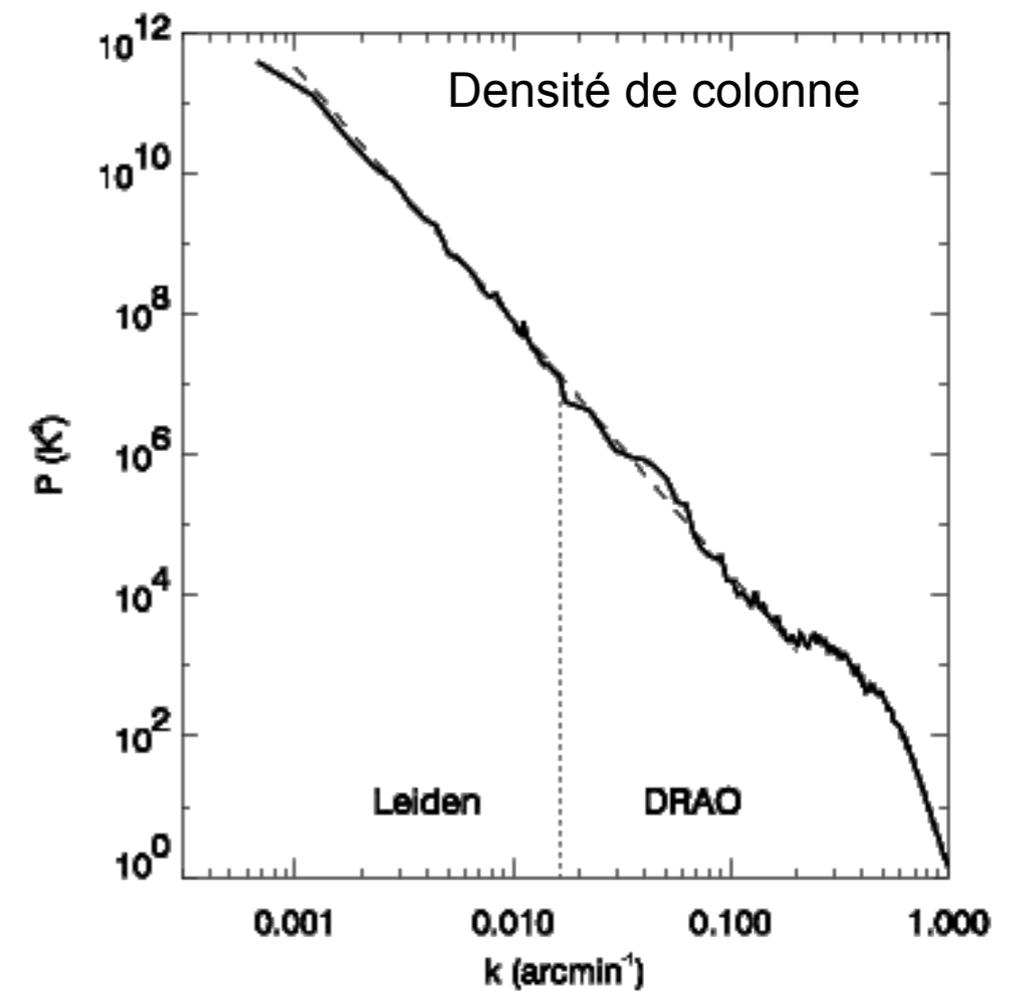
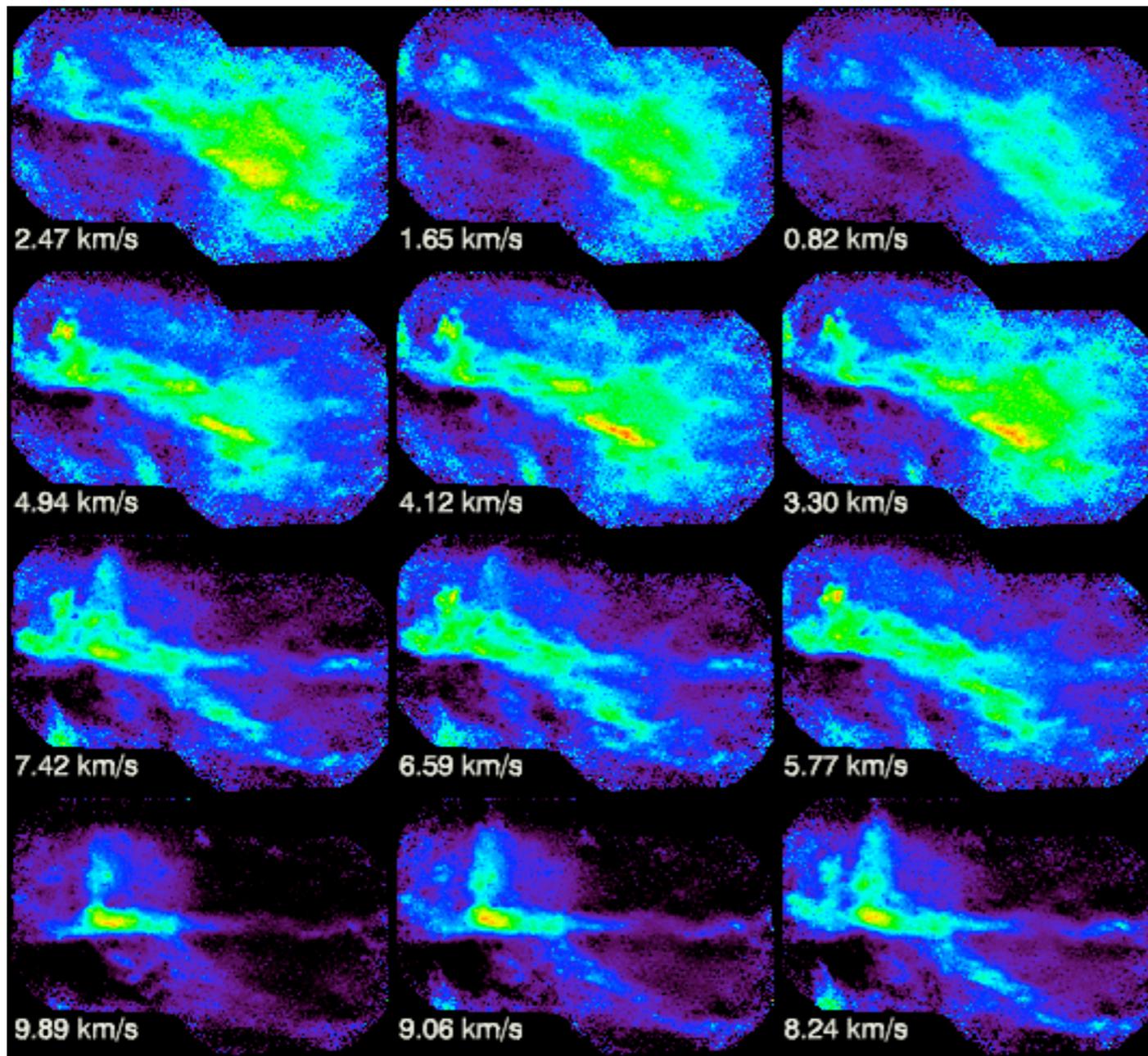
Velocity: 7.61 km/s



Filamentary structure of the ISM most due to the magnetic turbulence

21 cm observations (DRAO)
Velocity channels only 2.6 km/s apart

Spectre de puissance du HI diffus

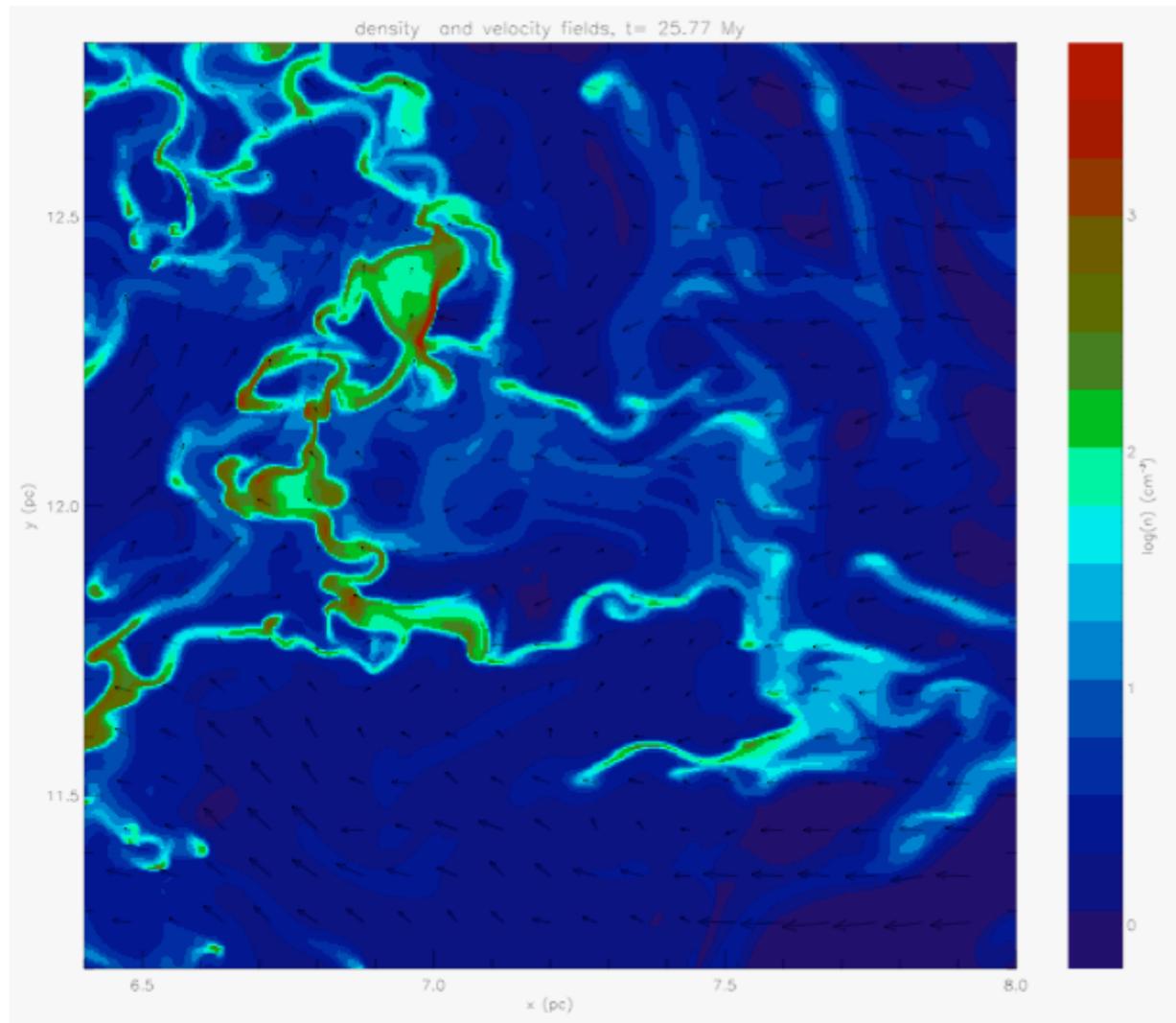
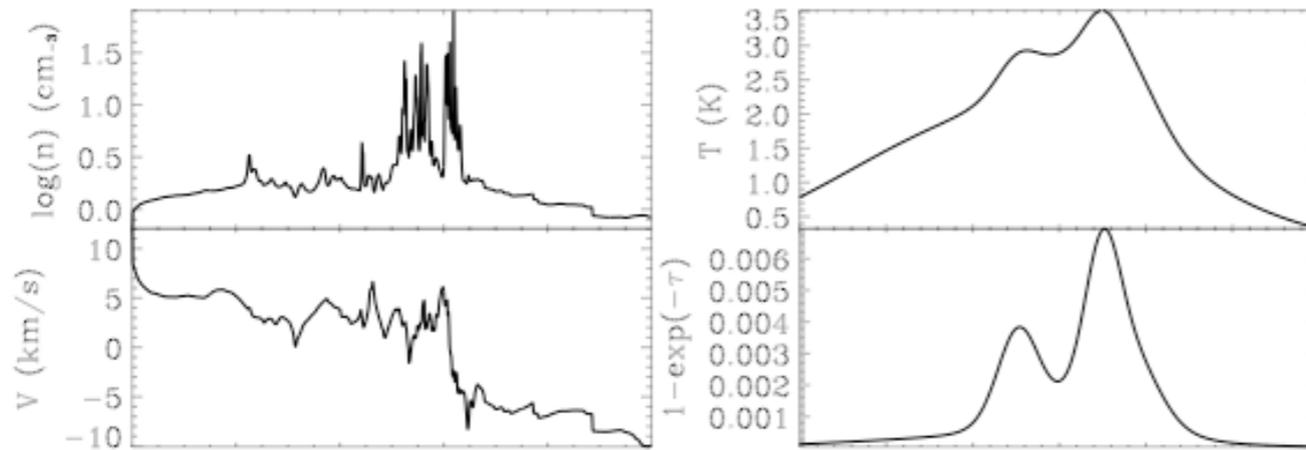


Pente $\sim -3.6 \pm 0.2$: compatible avec Kolmogorov
Étude des effets de projections 3D \rightarrow 2D

Miville-Deschênes et al., 2003, A&A, 411, 109

Miville-Deschênes et al., 2003, ApJ, 593, 831

Comparaison observations & simulations numériques



- Simulation d'observations à 21 cm à partir des simulations numériques 2D (n , v et T).
- Première fois que ce type de simulations numériques du HI est comparé directement aux observations
- Spectres réalistes au premier ordre.
 - Proportion CNM / WNM
 - Largeur de raie
- Les simulations 3D permettent de mieux comparer les quantités projetée (thèse d'Eléonore Saury en cours).
 - Analyse statistique
 - Transfert radiatif
 - Champ magnétique

Conclusion

- ASKAP promet une amélioration significative des capacités d'observations du HI Galactique : résolution angulaire & spectrale, efficacité de cartographie, sensibilité.
- Projet GASKAP “partiel” est accepté : observations à partir de 2013
 - couverture du plan Galactique et du Magellanic Stream
- France : intérêt marqué pour l'étude du gaz du halo galactique + Magellanic Stream
 - convergence avec Planck - utilisation de l'émission de la poussière comme traceur de la quantité de matière trans-phase.
- Prévoir des observations ciblées sur des nuages à haute latitude pour l'étude des aspects turbulence multi-phasique.
 - convergence avec Planck - polarisation et champ magnétique
 - complémentarité avec les simulations numériques MHD en cours