### **Continuum Observing**

## J. J. Condon



NAIC/NRAO School on Single-dish Radio Astronomy 2003

Continuum spectrum of M82 showing synchrotron radiation (dot/dash line), free-free emission (dashed line) and thermal emission from dust (dotted line).



4.85 GHz sky over Green Bank



Orion Nebula HII region 8.4 GHz



#### The Galactic dark cloud G11.11-0.12 in absorption at 8 microns (left) and emission at 850 microns (right)





Calibration data and Gaussian fits from a cross scan on 3C 295 made with the GBT at 2 GHz yielding the pointing offset, beamwidth, and antenna temperature



# Distributions of normalized gain G resulting from Gaussian pointing errors with rms $\varepsilon$ beamwidths



Differential expansion resulting from solar heating made the 300-foot telescope bend away from the Sun, located near  $\alpha$  = 13h 20m.



## This dense grid of pointing calibrators can be used to reduce tracking errors north of $\delta = -40^{\circ}$ .



#### **Radiometer Equation**



#### **Radiometer Equation**



Postdetection power spectrum showing 1/f noise at low frequencies and refrigerator microphonics near 1.2 Hz.



#### Radiometer equation for unstable receiver

$$\sigma = T_{\rm s} \left[ \frac{1}{B\tau} + \left( \frac{\Delta G_{\rm r}(f)}{G_{\rm r}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta T_{\rm s}(f)}{T_{\rm s}} \right)^2 \right]^{1/2}$$

#### **Confusion!**

Profile plot of 45 deg<sup>2</sup> near the NGP imaged with 12 arcmin resolution at 1.4 GHz. The strongest source shown has  $S \approx 1.5$  Jy.



# NVSS (45 arcsec) grayscale under GB6 (12 arcmin) contours reveals source blending. (Lowest contour is $2\sigma = 45$ mJy/beam, contour spacing is $\sqrt{2}$ )



A typical confusion amplitude distribution P(D). Beware the long positive-going tail.



#### RMS confusion

$$\left(\frac{\sigma_{\rm c}}{\rm K}\right) \approx 0.07 \left(\frac{\nu}{\rm GHz}\right)^{-2.7}$$
$$\left(\frac{\sigma_{\rm c}}{\rm mJy\ beam^{-1}}\right) \approx 0.2 \left(\frac{\nu}{\rm GHz}\right)^{-0.7} \left(\frac{\theta_{\rm M}\theta_{\rm m}}{\rm arcmin^2}\right)$$

The  $5\sigma$  extragalactic confusion limits for Arecibo (d = 220 m) and the GBT (d = 100 m).



lsotropy of radio sources



#### 408 MHz continuum emission, galactic coordinates



Total-power output from one receiver channel during a 4.85 GHz scan. The system temperature  $T \approx 60$  K includes receiver noise, atmospheric emission, spillover, leakage through the reflector mesh, etc.



## Running median baselines have removed atmospheric emission, spillover, 1/f noise, etc.

	329	658	989	1318	1649	1980	
					0.000	227301	
						NI LOZOAT	i.
		ware ware ware and the second	, 4, har and the second second second	manufana	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	NIIU324E	warran
and the second second			,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	where the man and the second sec	-markentinesteen complete in a factor to case	๚๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛	*******
two of the second second	การการในประเทศสาขายในการในการสูบเหตุการสูก เหตุการการประเทศ	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	******	manusan an an an an an an an an		******	****
human	****		marman	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	******	₼₲₼₼₰₱₲₺₰₰ <b>₲₼₱₰₼₼₼₰₼₽₼₰₼₽₼₽₲₽₽₽₽₽₽₽₽</b> ₼₱₱₼₼₰₱₲₺₰₰₰₳₼₰₰₼₽₼₰₦₽₽₽₩₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽	-
manufacture	where an	and and the second states and the second sta	mymonycompanyches	and a second state and the second	momentalistication	www.warmanananananana	-
and the second second second	******	-row and many against the	and and a state and a state of the state of	๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛	wandress	western and an and a	wind
	unateritaria and a last last a	why read and the second second from	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛	have been a second	www.weenerson.com	~~~~~
han a han have better	man april and a second second	and the second and a second	enter and the second	general second			
warman warman		Anter Martin Antonio and a state	1944.944.944.944.944.944.944.944.944.944	antangan managan kanan dagan dan sakan dari dari dari dari dari dari dari dari		<u>ՠֈֈՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠՠ</u>	hanne
) for manuscreen (	uphartytedatestratestatestatesta	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		weet and a state of the state o	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	habren
manun	manageneration and the second states of the second	nor and the second second	***************************************	James many and the second		๛๚๛๚๚๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛	****
munich	allered and an all and a sector of the secto	white wards was a second and a se	KaleyManushalandan yahan kanakan	htermonter	alan wanter and a subserver of the	ner,	Andreway
manaparana	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	*********					
			and the second second states and the second s	and an and a set of the set of th	May any frequences and a second a	monormal prover and the second	man
marassium	www.www.www.awwayakwew.ww		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	⋡⋬⋗⋇⋩⋏⋌⋐⋹⋍⋏⋻⋬⋳∊⋺⋨⋗⋺∊⋳⋻⋡⋳⋍⋳⋳⋎⋳⋳⋩⋏⋖⋻∊	and and an	upurange fan	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
wandtadd a starter a	งเหน่าอาจารการการการการการการการการการการการการกา	angreeder aberdereder	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽₽	alaalaa aaaa ahaa ahaa ahaa ahaa ahaa a	an a	, 1996 - Sand 1996
	ขากจุ่างอาเวลาเขาเลาสุดระบาม การสำนักเสาะสานารสานารสานารสานารสาน การสานสานารสานารสานารสานารสานารสานารสาน	anangpanan an naharikarikari nakarang naharikatiran anararang niyan maga yana naharikatiran kanarikipaté naharara	๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛	ֈ֎՟ՠֈֈ՟ֈ՟֎ֈՠ՟֎ֈ֎ՠ՟֎ֈ֎ՠ՟֎ֈ֎՟ֈՠֈֈֈֈֈՠ՟ֈՠ֎ֈ֎ֈՠ՟ֈ ՠֈֈֈ՟ֈՠՠՠ֎ՠֈֈֈֈֈՠՠ֎ՠՠ֎ՠՠ֎ֈՠֈֈֈֈֈՠֈֈֈՠՠ֎ՠՠ֎ ՠֈֈՠՠֈֈֈֈֈֈֈֈ	all and a second a s a second a s a second a s a second a s a second a second	ardenastingaa funkastaanaatta yoo kaayaada annoon balaa fiyoo ahaanaatta yoo kaayaan aannoon balaa fiyoo ahaanaatta yoo kaayaana	1999 - Sang 1999 - Sang 1994 -
		annegerant av verketig optime konsemp her statigtigtet av en der verge gest verget anget ander ander ander anget ander geverken anget anget anget anget werden anget anget anget anget anget anget werden anget anget anget anget anget anget anget	ĸĸĸġġĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸ	ֈֈ֎՟ՠ֎ՠֈ֎՟՟ՠ֎ֈ֎՟՟ՠֈֈ֎՟՟ՠֈ֎՟֎՟ՠ֎֎՟՟ՠ֎֎֎֎ՠֈ֎՟֎ՠ֎֎֎֎֎ՠֈ֎֎ՠֈ	annen ander and ander ander and ander ander and ander ander and ander ander and	andra and a farman and an and an and an and an and an and an	1999 - 2009 
		๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛๛	₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩	ĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸĸ ĸĸĸĸĸĸ	and an	and man the for a for a second s	1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 199
	ognagene an en	annegeneren an aktor fan fan fan ange an aktor fan fan aktor aktor ange gan aktor	₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩₩	ֈֈ֎՟ՠֈֈ՟ֈ՟՟՟֎ֈ֎՟՟֎ֈ֎՟՟֎ֈ֎՟՟֎ֈ֎՟՟֎՟֎֎ֈ֎֎՟՟ֈ֎֎ֈ֎֎	and an and a second a	and a man for a far a set and a second and a s and a second a s	19886-2004 19896-2004 1989-200-200 1999-200-200 1999-200-200 1999-200-200 1999-200-200 1999-200-200
	**************************************					and and the for a second secon	
	**************************************					and an and the second and a sec	
					۱۳۵۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰	and an and the second and a sec	
					۱۳۵۰٬۰۰٬ (۲۰۰۰٬ ۲۰۰٬ ۲۰٬ ۲۰٬ ۲۰٬ ۲۰٬ ۲۰٬ ۲۰٬ ۲۰٬ ۲	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	۲۵۵۹ ۲۵۹۰ ۲۵۹۰ ۲۵۹۰ ۲۹ ۲۹۹۰ ۲
					۱۳۵٬۵۰٬۹۰٬۹۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬۵۰٬ ۵۶٬۵۶٬۰۰٬۰۰٬۵۰٬۰۰٬۰۰٬۵۰٬۰۰٬۵۰٬۰۰٬۵۰٬ «۵۶٬۵۶٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۵۰٬۰۰٬۵۰٬۰۰٬ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬ ۵۶٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬ ۵۶٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۵۶٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰ ۱۳۵٬۶۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬۰۰٬		۲
							۲۵۵۵ می استان ا ۲۵۹ می استان ا ۲۵۹ می استان ا ۲۵۹ می استان ا ۲۵۹ می استان ا ۲۵۹ می استان استان ما می ماسان استان استان استان استان
				an a	**************************************		۲
			and a construction of the second seco		20		

The SNR 3C 10 imaged at 10.7 GHz by horizontal scans (top) and by dual-beam basketweaving (bottom).



#### **Calibrator references**

#### Flux-density calibrators:

Baars, J. W. M., Genzel, R., Pauliny-Toth, I. I. K., & Witzel, A. 1977, A&A, 61, 99 http://134.104.64.34/JN/effbg\_rx/kalibrie.htm http://www.aoc.nrao.edu/~gtaylor/calib.html http://wwwnar.atnf.csiro.au/calibrators

#### **Position calibrators:**

Condon, J. J., & Yin, Q. F. 2001, PASP, 113, 362 ftp://ftp.cv.nrao.edu/NRAO-staff/jcondon/PCALS2.2