MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Linha de Pesquisa COSMO

Workshop da Pós-Graduação em Astrofísica

Minhas atividades desde 01/2017

- ✓ PI do projeto BINGO
- ✓ Chefe da linha de pesquisa Cosmo
- ✓ Membro do Conselho de Curso da PG-AST
- ✓ Membro do Conselho Técnico Científico do INPE
- ✓ Revisor de periódicos/trabalhos de conferências/agências de fomento…

Projetos e auxilios em andamento

- ✓ BINGO – um instrumento para medir BAOs (FAPESP)
- ✓ Três bolsas FAPESP em vigência

Atividades acadêmicas

- Cursos ministrados:
  - Fundamentos de Cosmologia (2015)
  - Fundamentos de Astrobiologia (2016)
  - Fundamentos de Cosmologia (2017)
  - Fundamentos de Astrobiologia (2018)
  - Fundamentos de Astrobiologia, Evolução Estelar II (2019)
  - Fundamentos de Cosmologia (2019 – a ser decidido)

- Supervisões: 2 D, 2 M, 2 Pós-docs

A linha de pesquisa COSMO

- Pesquisadores:
  - Carlos Alexandre Wuensche
  - Oswaldo Duarte Miranda
  - Reinaldo de Carvalho – em processo de aposentadoria
- Colaboradores da DAS
  - José Williams Vilas-Boas (RADIO, mas colaborando diretamente com a linha COSMO)
  - Thyrso Villela (cedido ao CGEE, responsável científico do GEM)

A linha de pesquisa COSMO

- Alunos
  - Adam Smith Gontijo Brito de Assis (D) - ODM
  - Eduardo Jubini de Merícia (D) - CAW
  - Eunice Valtânia de Jesus Bezerra (D) – ODM
  - Frederico Vieira (M) - CAW
  - Lia Camargo Corazza (D) – ODM/CAW
  - Rachel Botelho (M) – CAW
  - Vitor Medeiros (M) – RRC

A linha de pesquisa COSMO

- Pós-docs e professores visitantes
  - Karin Fornazier (FAPESP) - CAW
  - Vincenzo Liccardo (FAPESP) - CAW
  - Diego Stalder (INPE/MCTI) – RRC
  - Elaine Fortes – visitante UNIPAMPA – ODM

A linha de pesquisa COSMO

- Tecnologistas
  - Cesar Strauss (Eng. Eletrônico, Dr.)
  - Renato Branco (Eng. Civil, M.Sc.)
  - Alan Cassiano (Téc. Eletrônico)
  - Luiz Reitano (Téc. Mecânico)

Áreas de atuação

- Reinaldo Ramos de Carvalho
  - Dinâmica de Aglomerados de Galáxias
  - Evolução de Galáxias em Diferentes Ambientes
  - Uso de Deep Learning no Estudo de Classificação Morfológica de Galaáxias.
  - Inferência Bayesiana Aplicada em Astrofísica

Áreas de atuação

- Oswaldo Miranda
  - Química do universo primordial.
  - Formação estelar local e cosmológica.
  - Modelos de fisica de particulas associados ao decaimento de matéria escura.
  - Loop quantum gravity e Higgs inflacionário.
  - Acoplamento entre ondas gravitacionais e plasmas fortemente magnetizados.
  - Plasmas espaciais e meio interplanetário
  - Modelos de TGFs (análogo atmosférico dos GRB)

Áreas de atuação

- Carlos Alexandre Wuensche
  - Características da RCFM: anomalias e fenômenos não-gaussianos
  - Análise fenomenológica de dados cosmológicos e testes de cenários do Modelo Cosmológico Padrão
  - Cosmologia de 21 cm
  - Desenvolvimento de instrumentação na faixa de rádio
  - Astroquímica (Universo primordial e recente)

Mestrado (2008-2019)

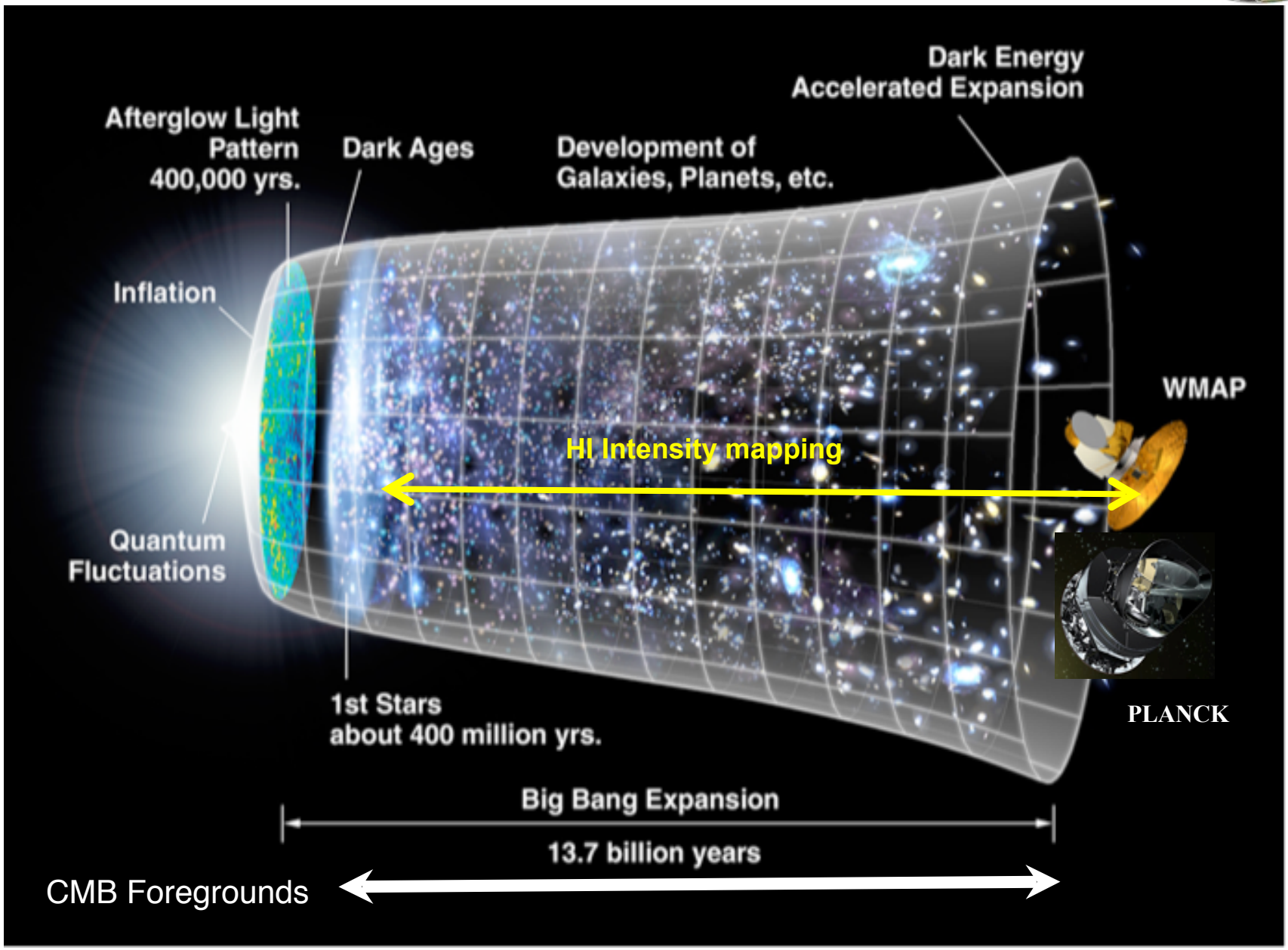
- Carla Martins Coelho - CAW
- Eduardo dos Santos Pereira - ODM
- Larissa Carlos dos Santos - TV
- Thiago Monfredini da Silva – CAW/JWVB
- Mariana Chinaglia - CAW
- Camila Paiva Novaes - CAW
- Pedro Henrique Ribeiro da Silva Moraes - ODM
- Eduardo Jubini de Mericia - CAW
- Mariana Cunha Costa - CAW
- Eunice Valtânia - ODM
- Marcela Vitti – ODM/ACM
- André Boaventura - CAW
- Carolina Gribel de Vasconcelos Ferreira - ODM
- Adam Smith Gontijo Brito de Assis - ODM
- Lia Camargo Corazza – ODM/CAW

Formaçao de doutorado(2008-2019)

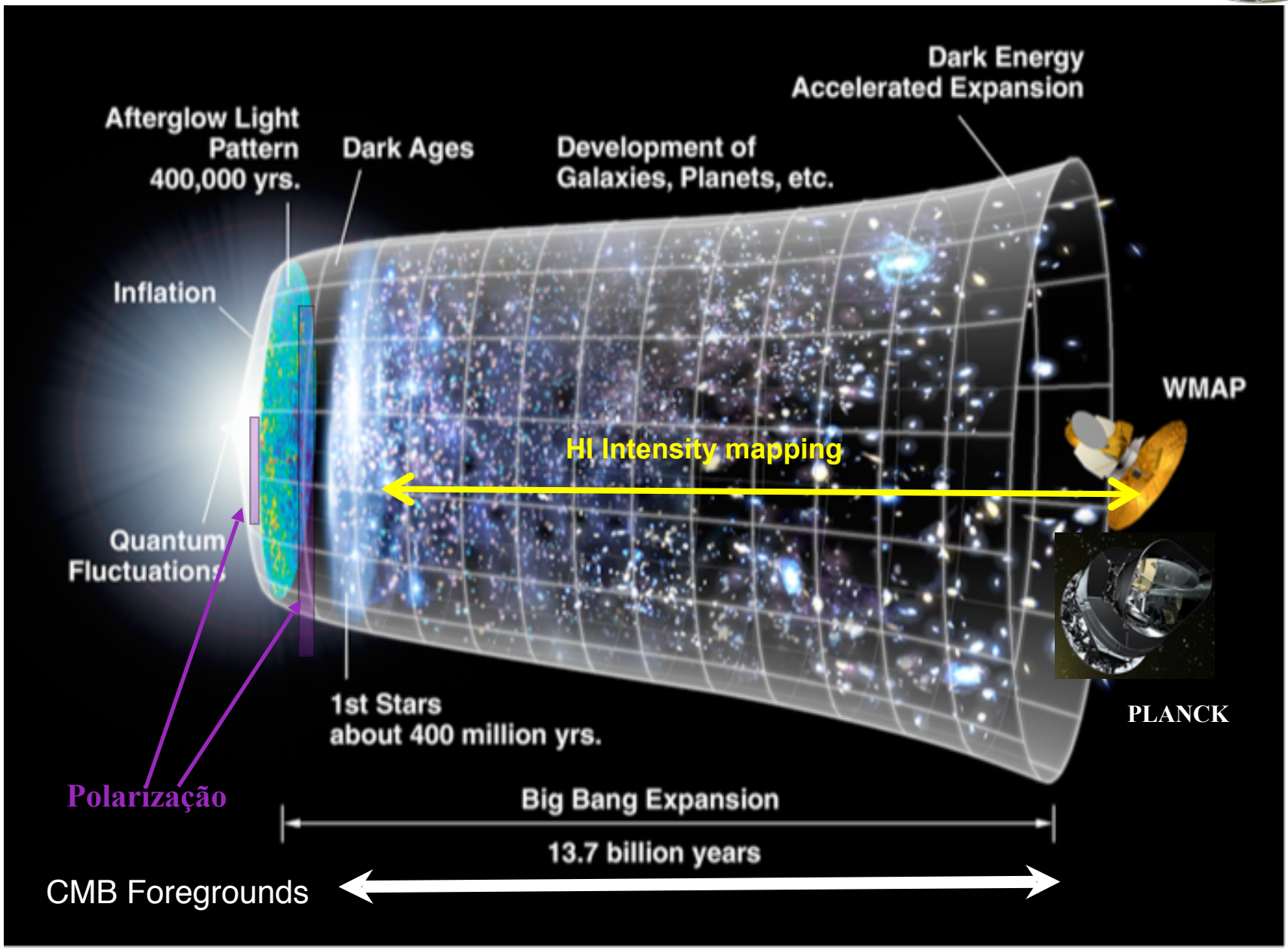
- Ivan Soares Ferreira - TV
- Márcio Eduardo da Silva Alves – ODM/JCNA
- Dennis Fernando Alves Bessada - ODM
- Eduardo dos Santos Pereira - ODM
- Camila Paiva Novaes - CAW
- Pedro Henrique Ribeiro da Silva Moraes - ODM
- Dinelsa Antonio Machaieie – CAW/JWVB
- Tatiana Coelho Moura Bastos - RRC
- Carolina Gribel de Vasconcelos Ferreira – ODM/ JVWV

Desenvolvimento tecnológico

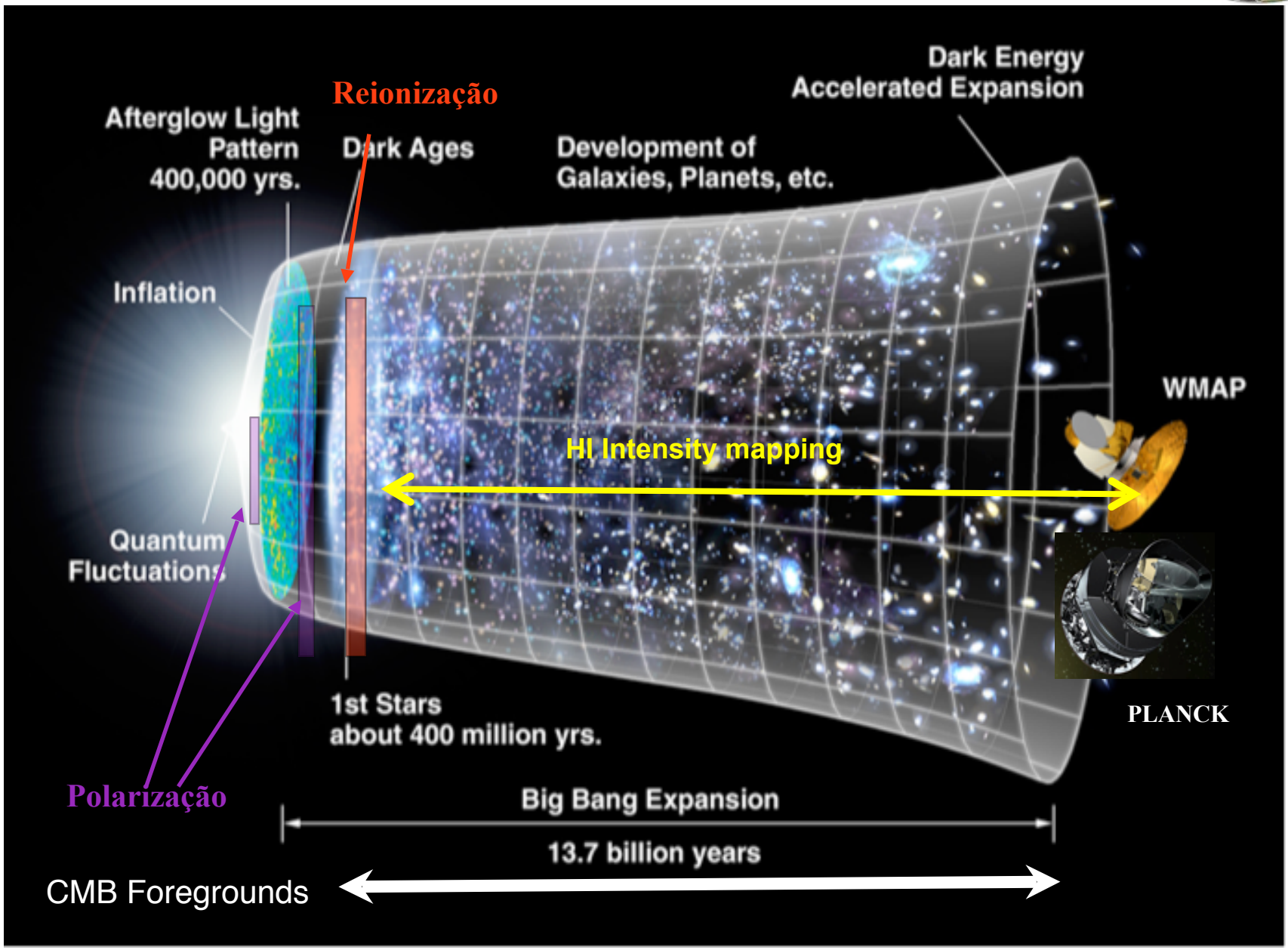
- óptica “off-axis” para microondas
- Receptores para frequencias entre 1 e 10 GHz
- Cornetas corrugadas
- Sistema de recepção criogênico de microondas
- Radiômetros
- Digital-backend para análise espectral



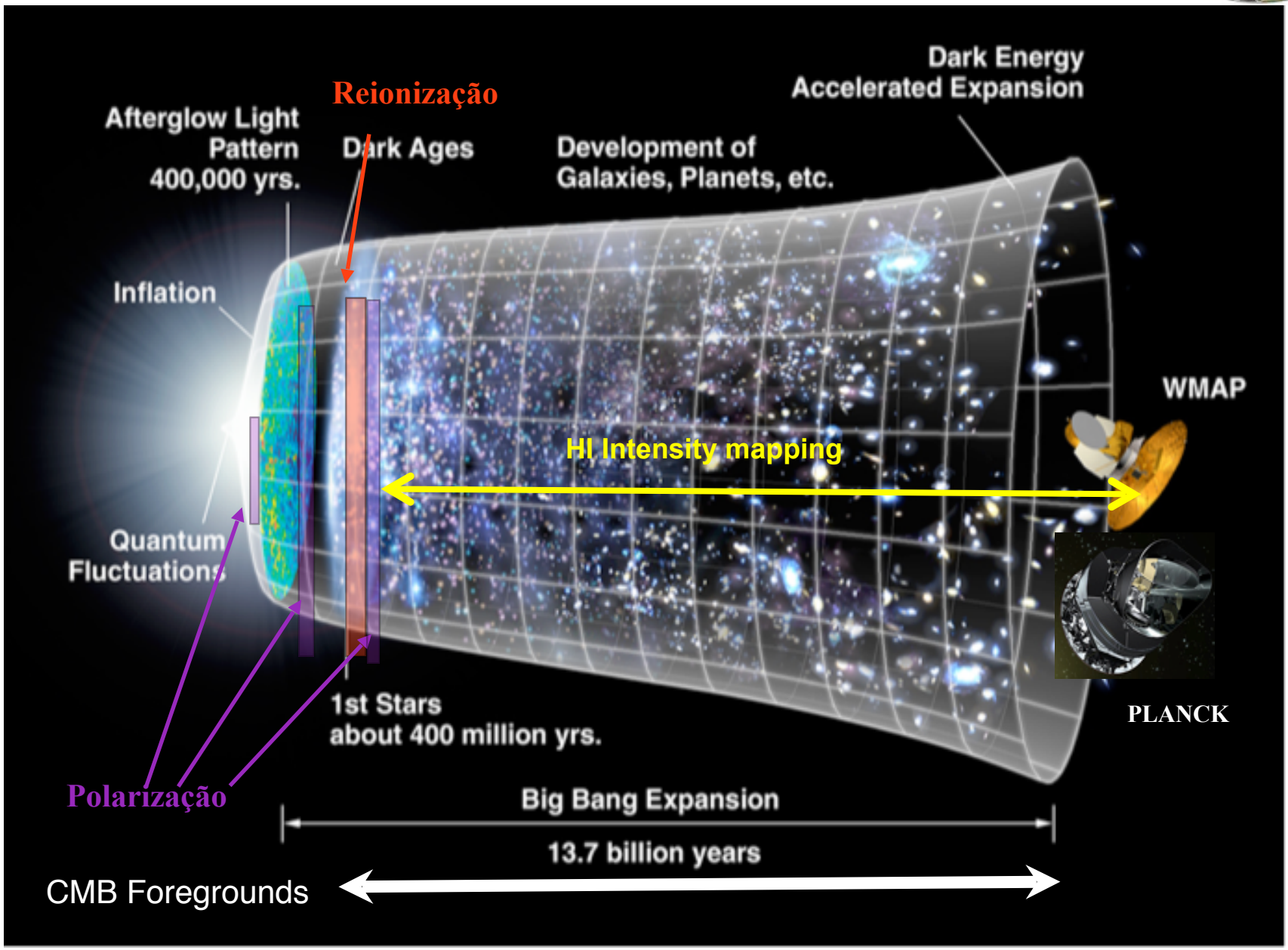
C.A.Wuensche (2019)



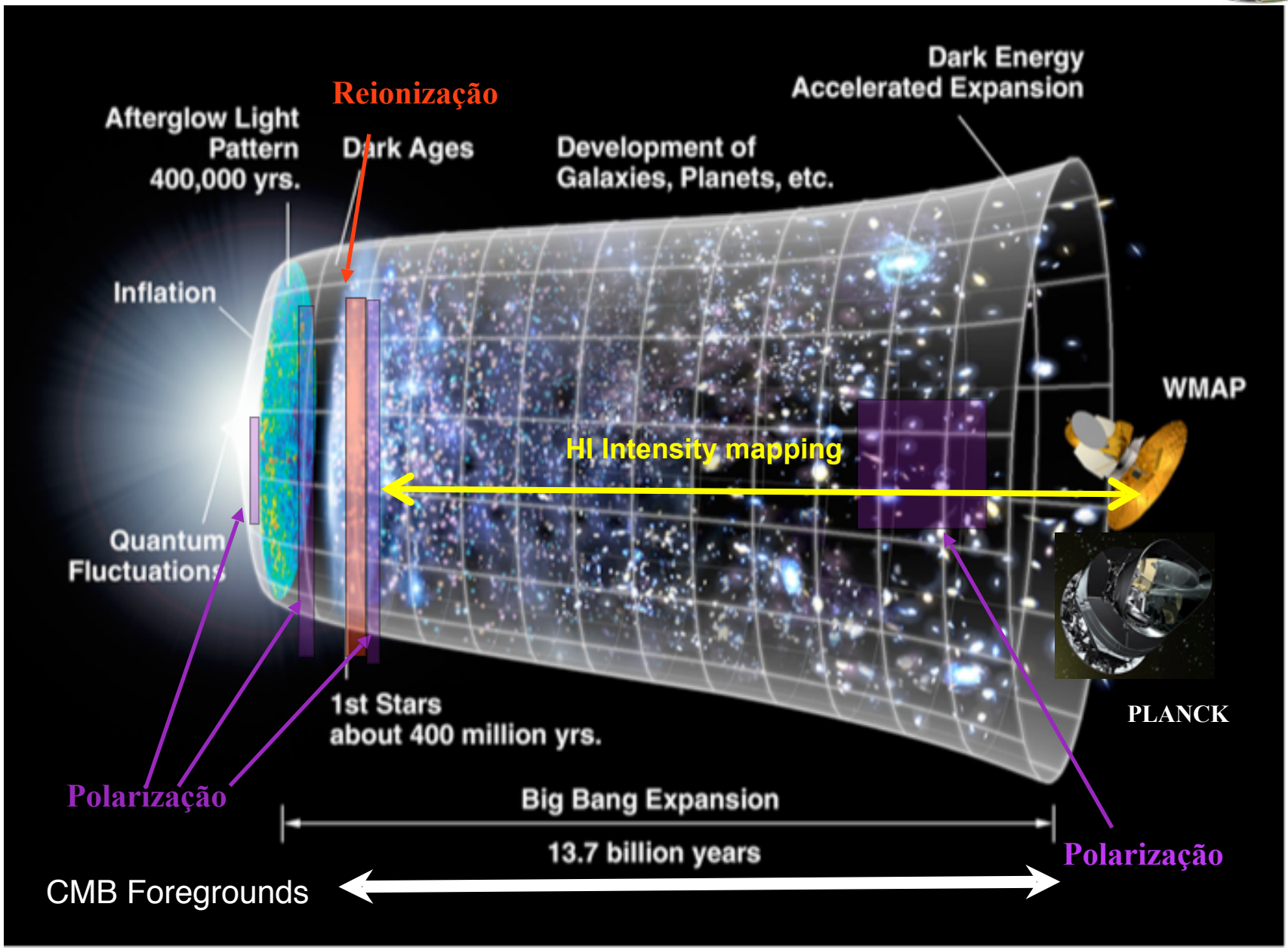
C.A.Wuensche (2019)



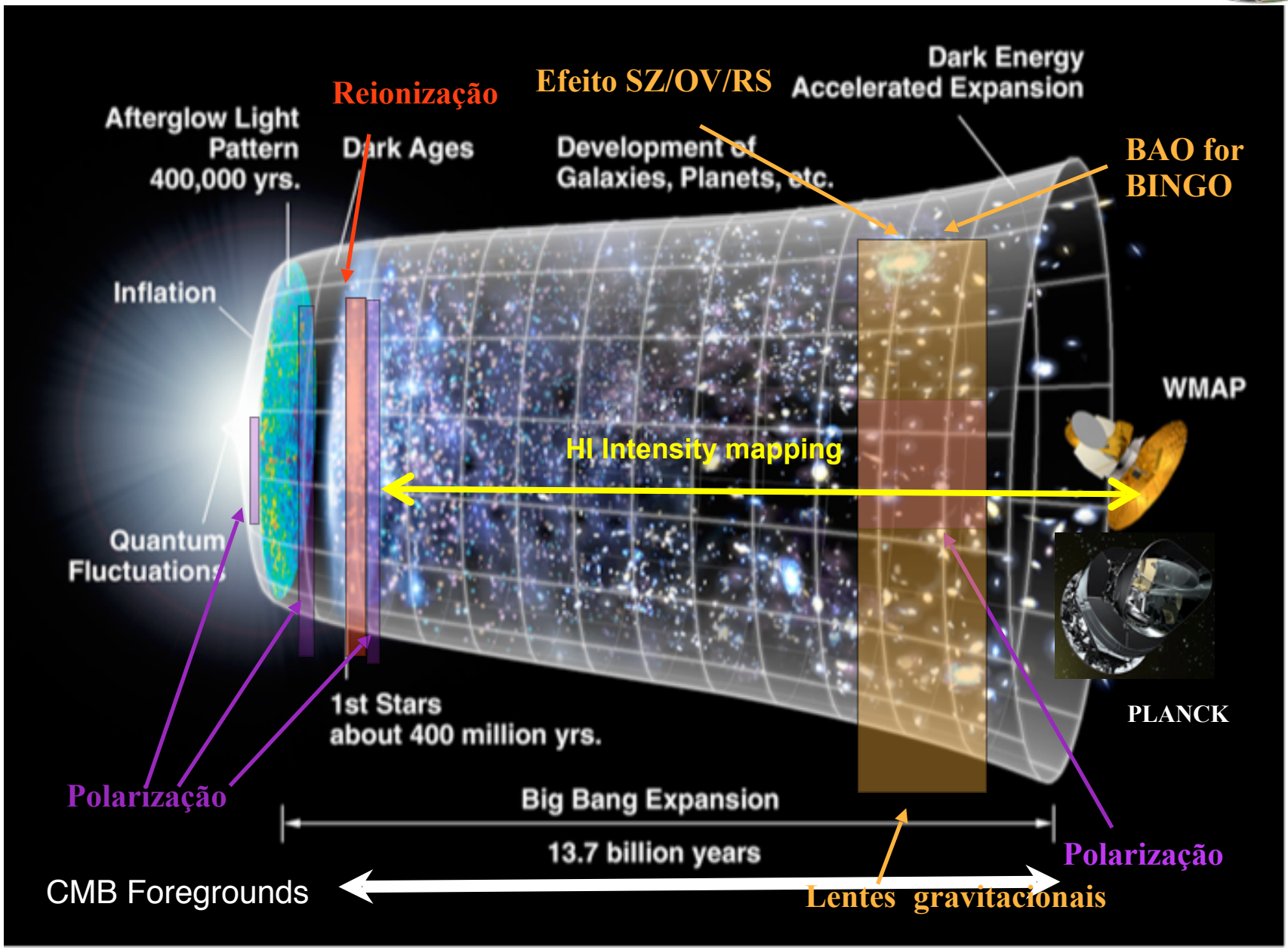
C.A.Wuensche (2019)



C.A.Wuensche (2019)



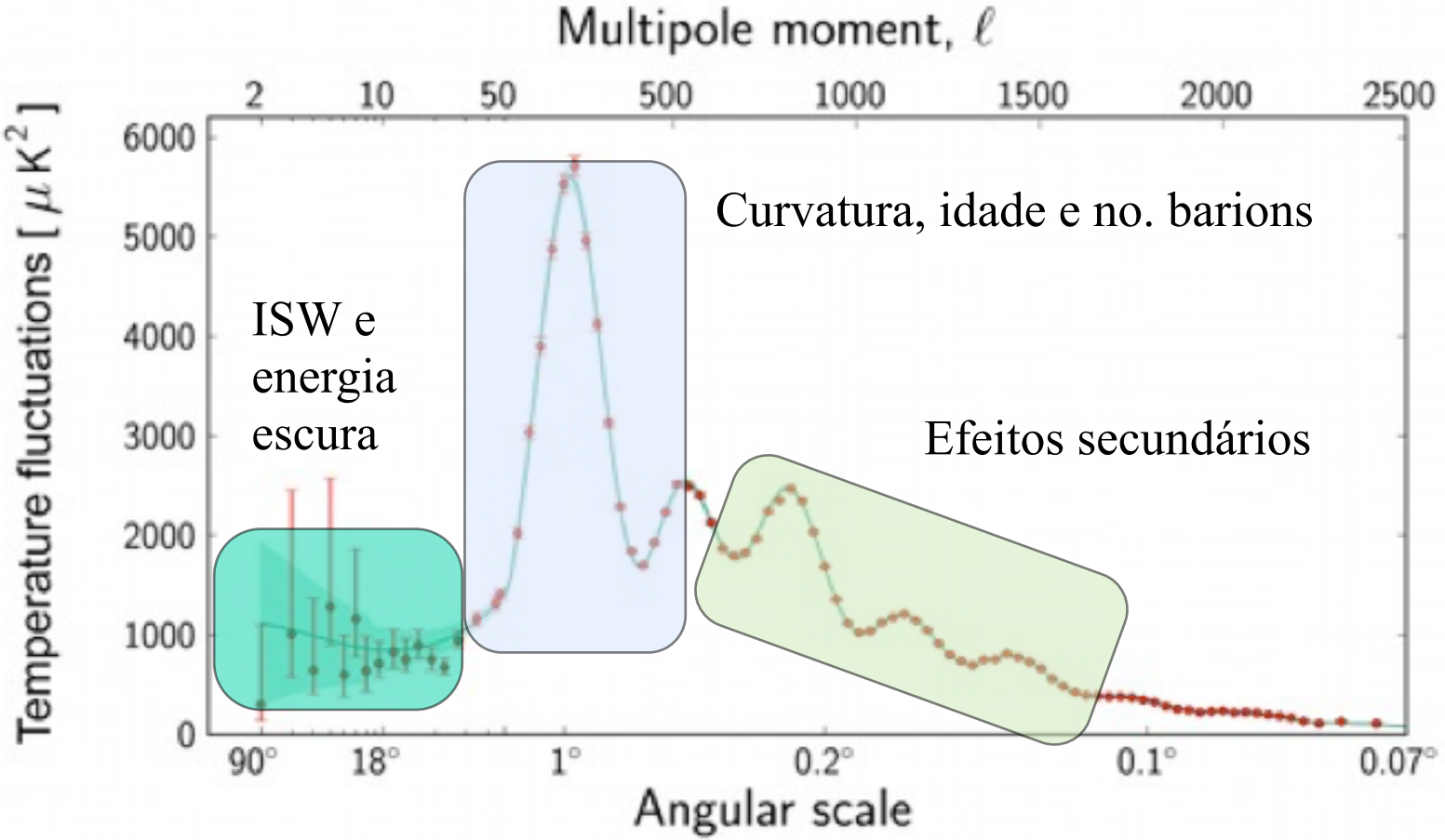
C.A.Wuensche (2019)



C.A.Wuensche (2019)

Radiação Cósmica de Fundo em Microondas (RCFM) ou, do inglês, Cosmic Microwave Background (CMB)

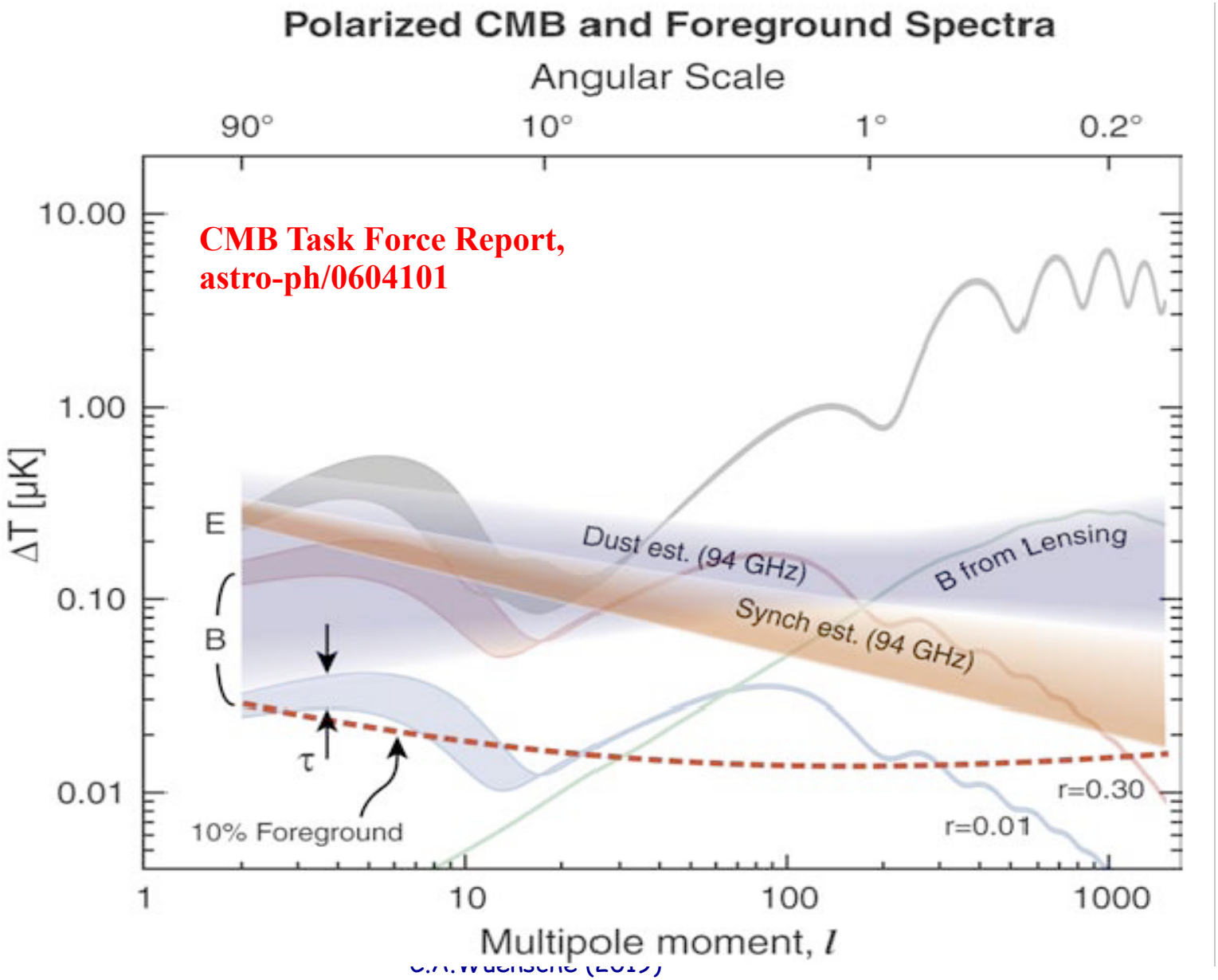
Porque estudar a distribuição angular da RCF?



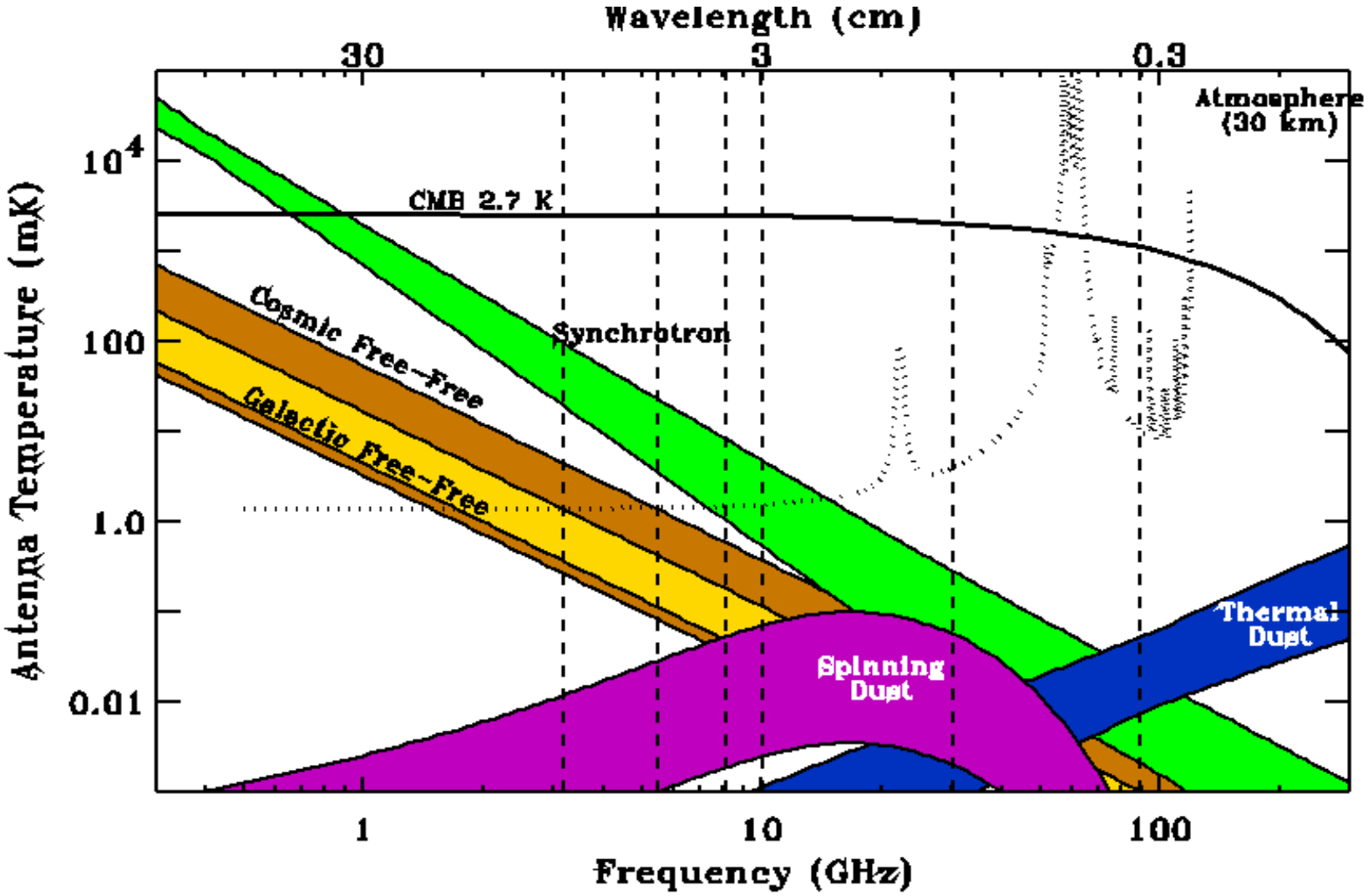
Planck power spectrum (A&A 2016)

C.A.Wuensche (2019)

Porque estudar a polarização da RCF?



Por que estudar os contaminantes da RCF?



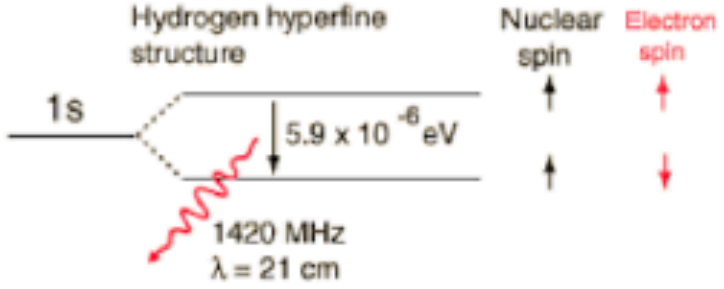
C.A.Wuensche (2019)

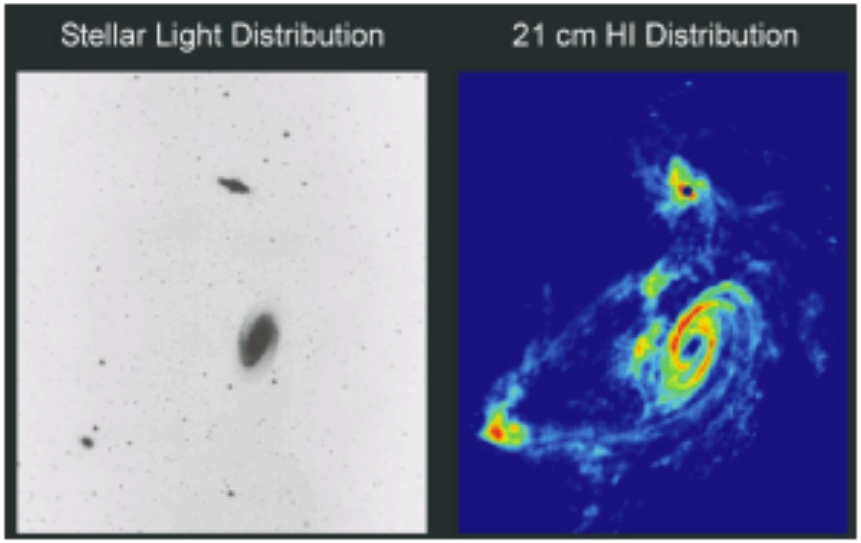
Cosmologia com a linha de emissão em 21 cm do Hidrogênio neutro

C.A.Wuensche (2019)

Atomic hydrogen 21cm line

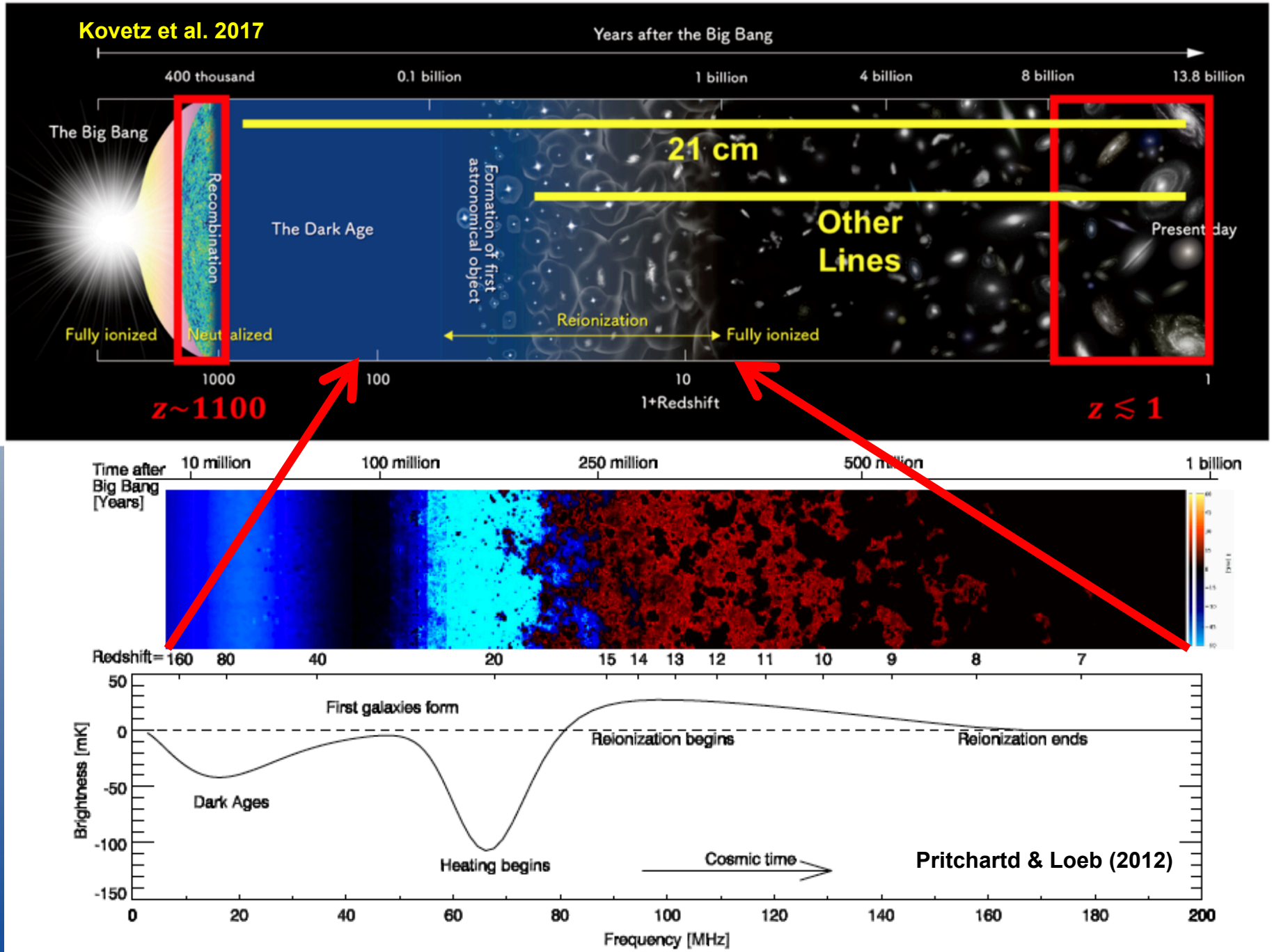
- Hydrogen is most abundant in the Universe
- Atomic (neutral) hydrogen (HI) most important
  - But VERY hard to detect!
- Only emits by the 21cm forbidden transition line
  - 1 atom takes 10^{15} secs to emit 1 photon!
  - Relatively weak signal
  - Frequency = 1420.406 MHz (21cm wavelength – radio)
- Has been observed since 1950s but restricted to Galaxy/nearby galaxies (z<0.1)
- Doppler shift gives velocity/ distance information





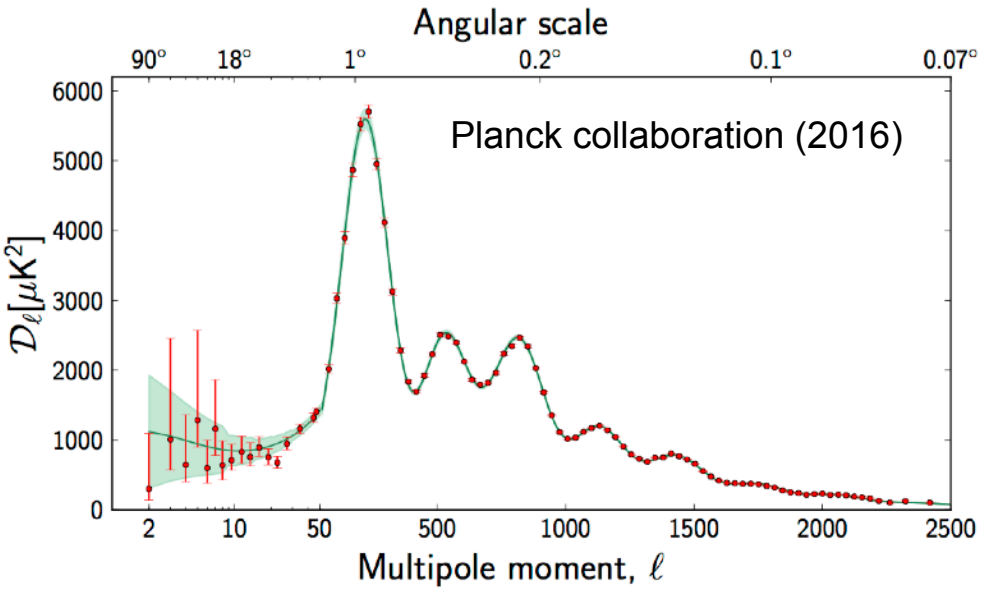
HI line traces neutral hydrogen in galaxies

C.A.Wuensche (2019)

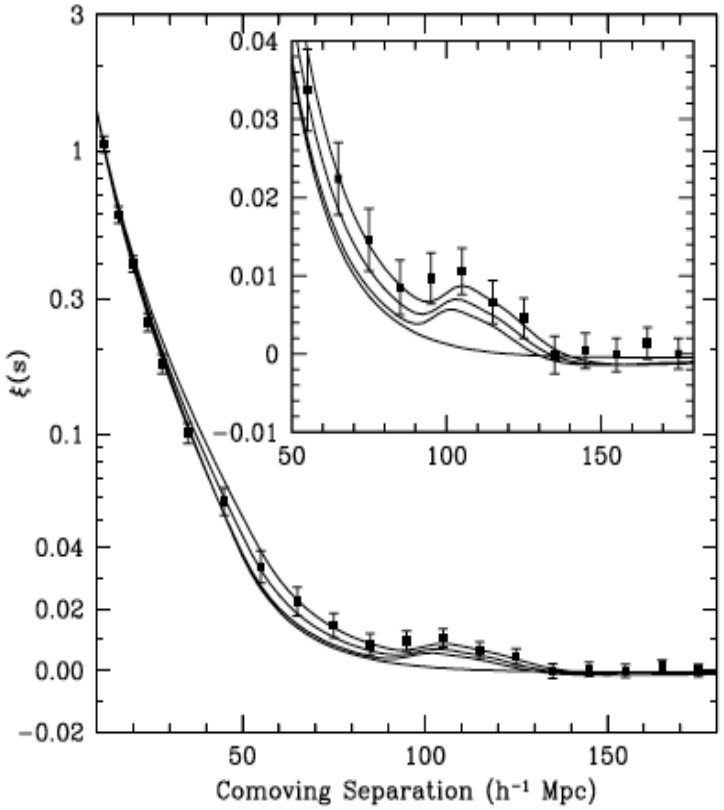


C.A.Wuensche (2019)

Baryon Acoustic Oscillations (BAOs)

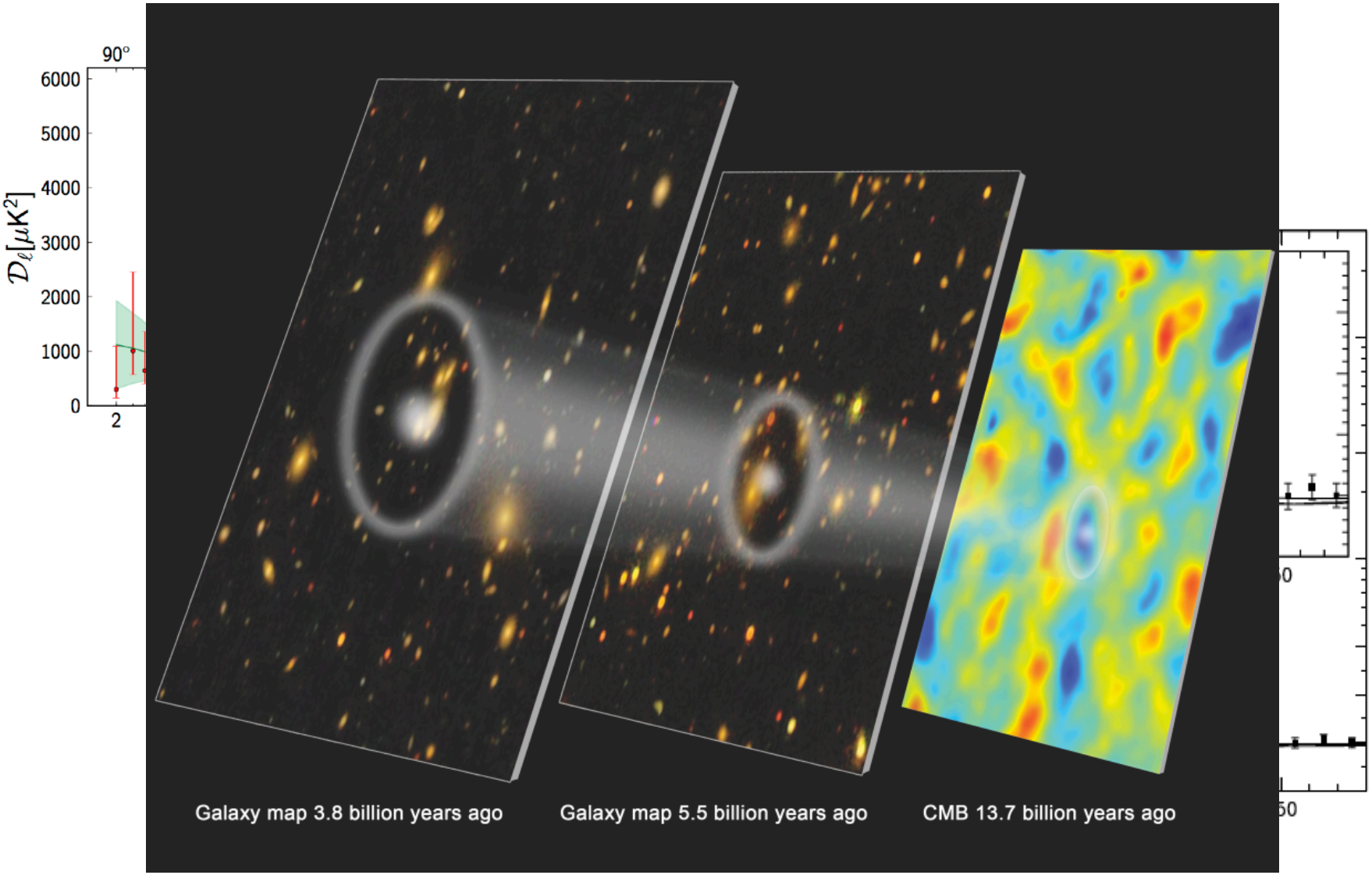


Eisenstein et al. (2005)



C.A.Wuensche (2019)

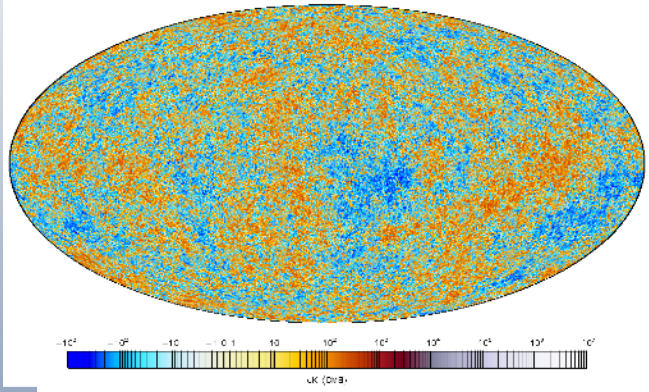
Baryon Acoustic Oscillations (BAOs)

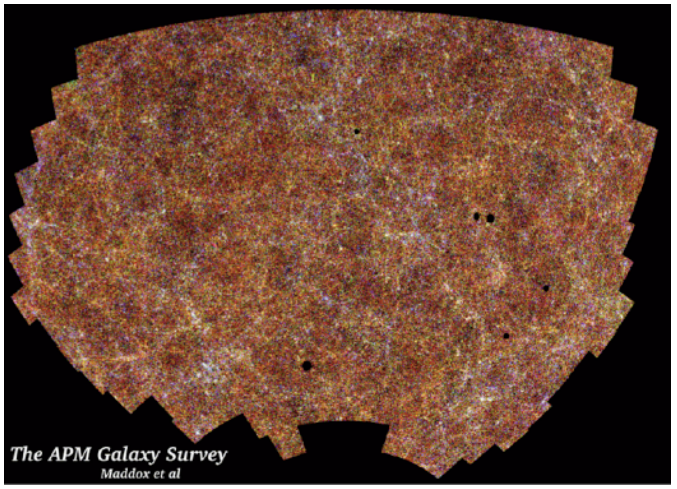


Credit: Eric Huff, the SDSS-III team, and the South Pole Telescope team. Graphic by Zosia Rostomian

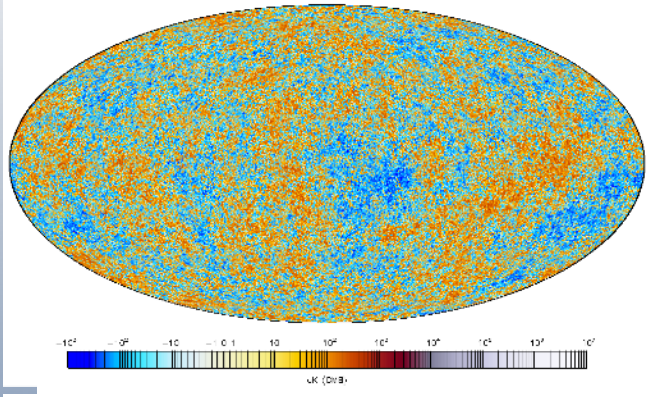
Temperature x matter fluctuations

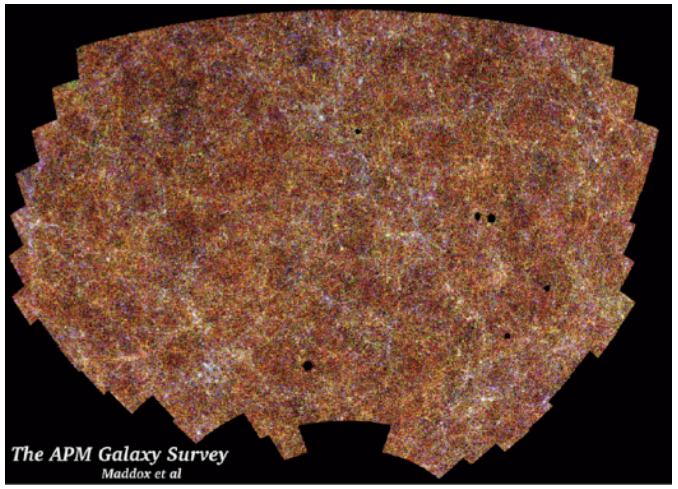
Temperature x matter fluctuations

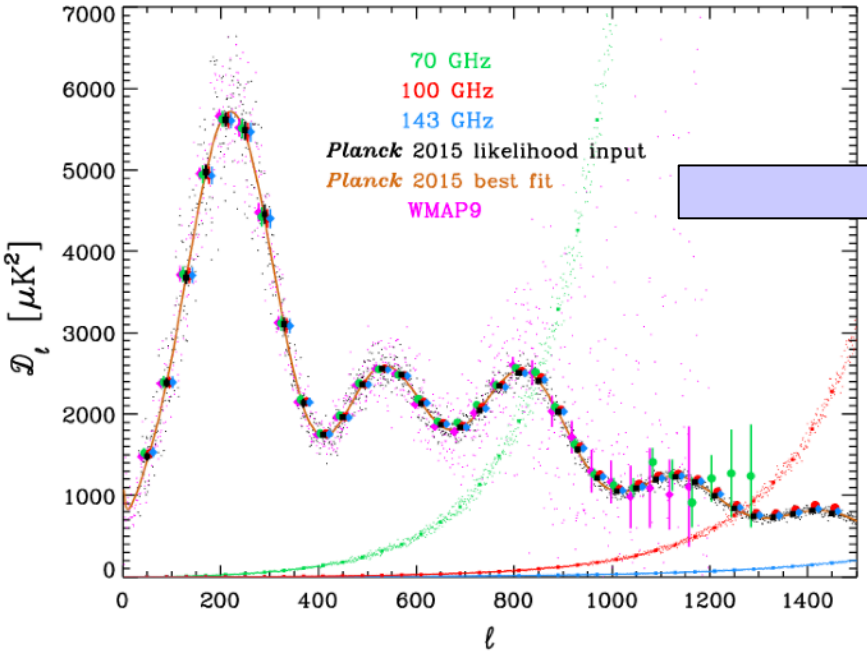


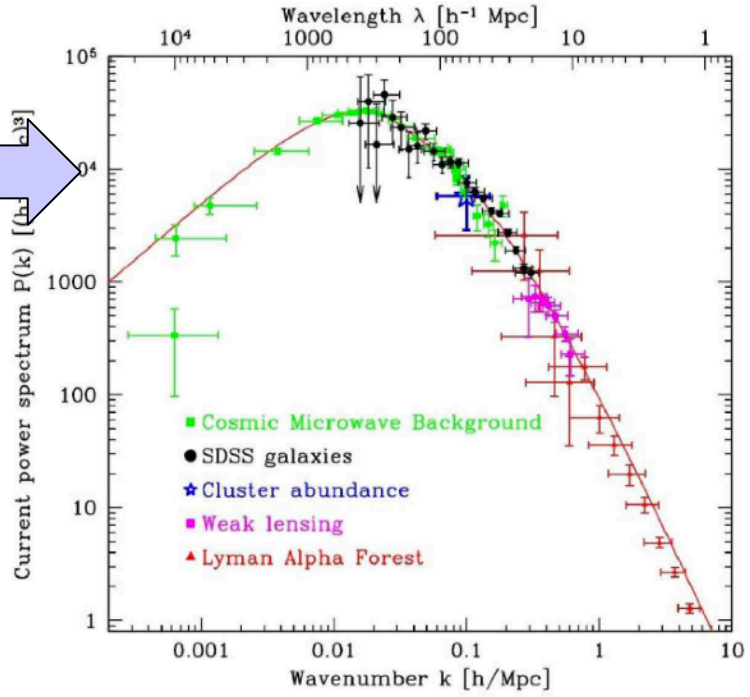


Temperature x matter fluctuations

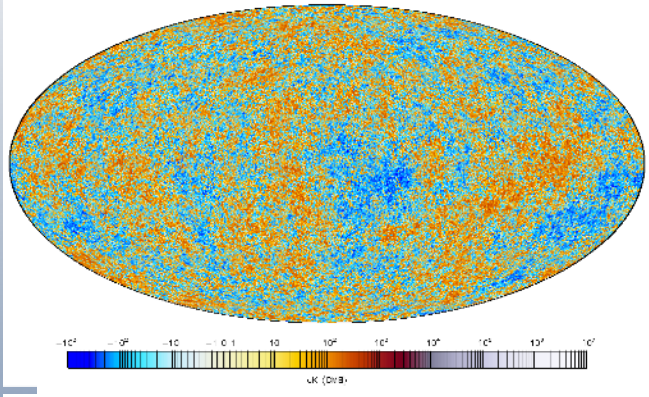


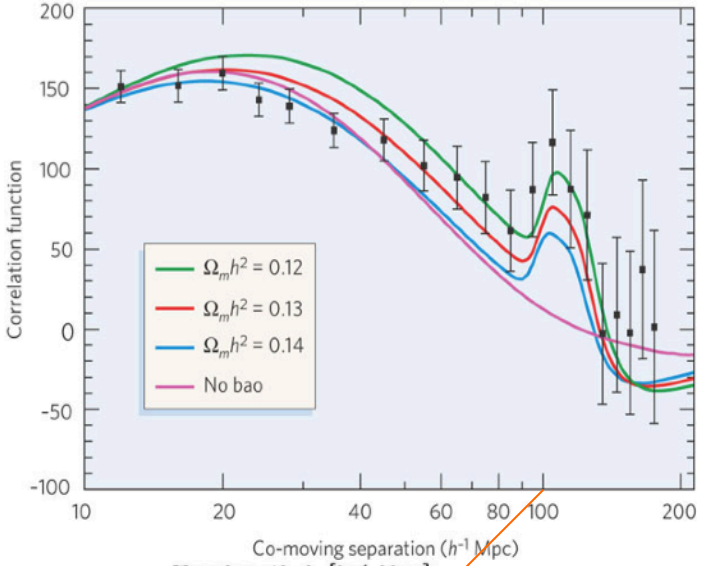


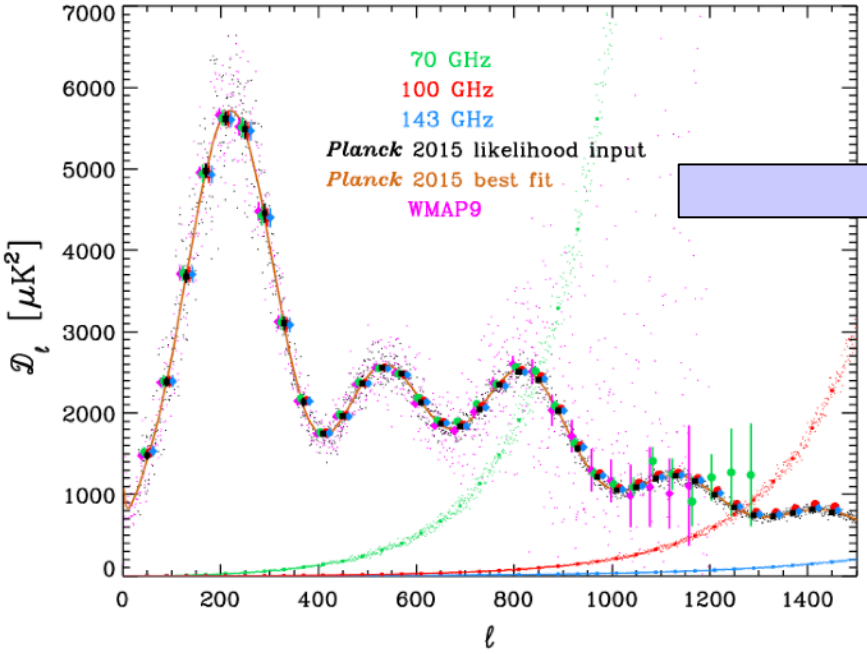


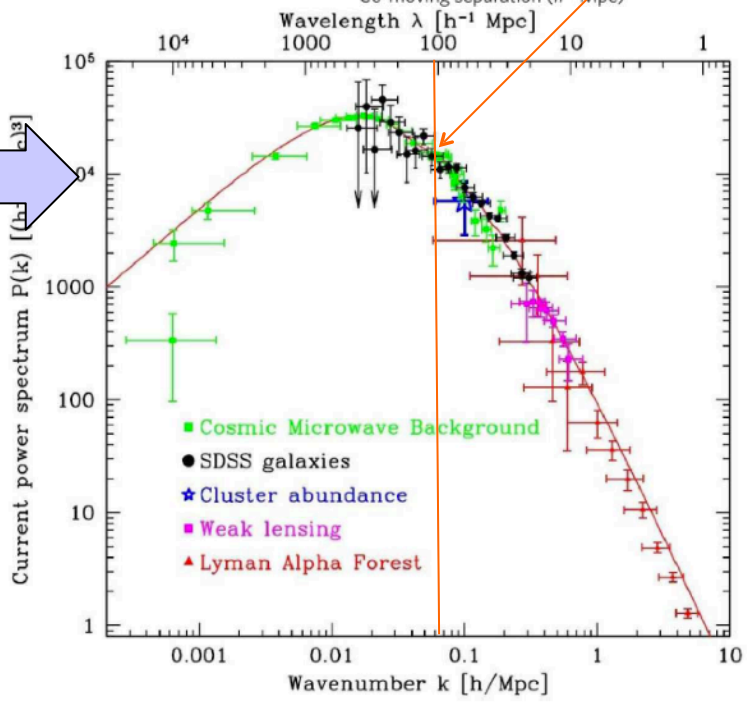


Temperature x matter fluctuations







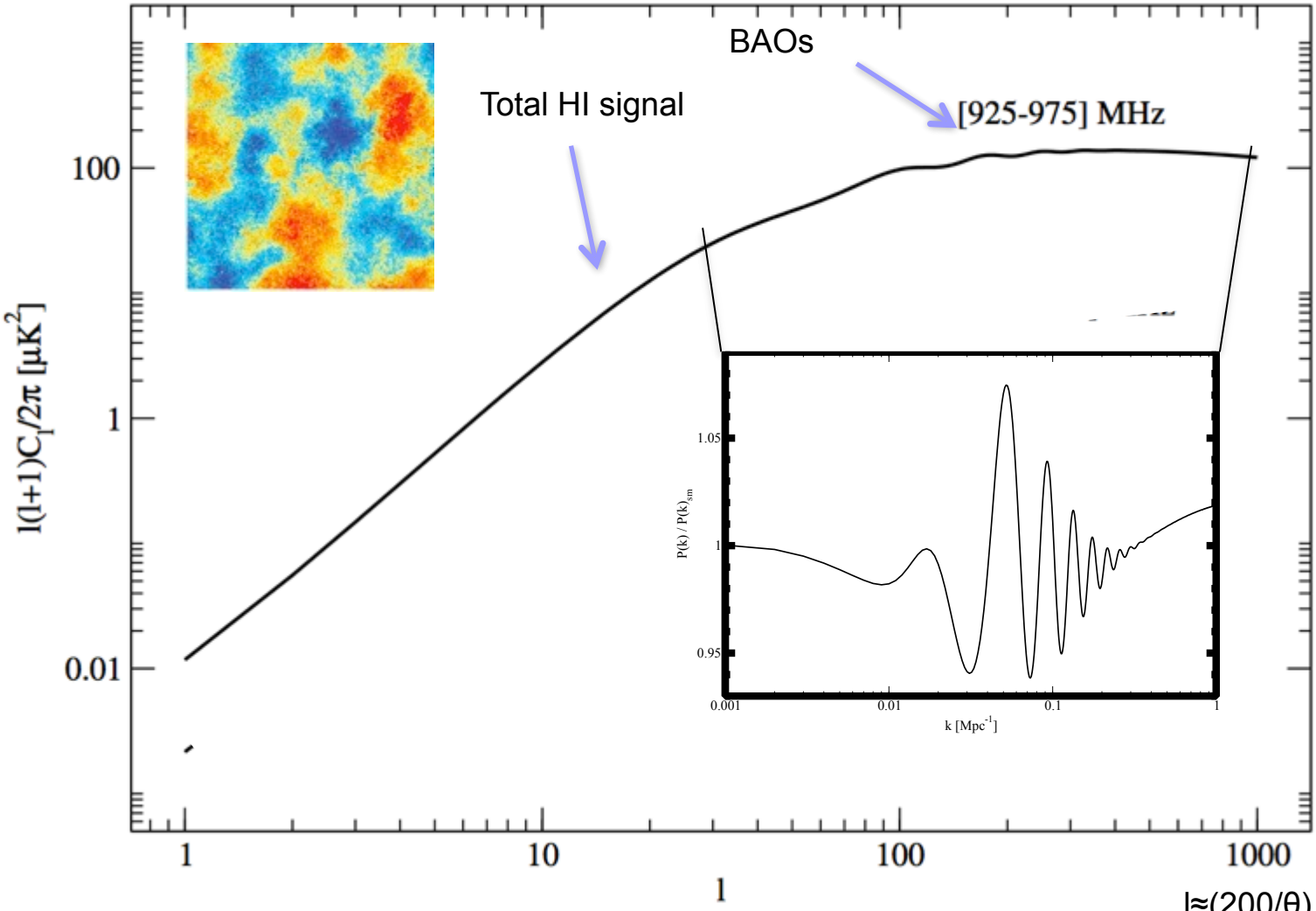


Why study Baryon Acoustic Oscillations (BAO)

- Acoustic waves imprinted on CMB 380,000 years after Big Bang
- Baryon oscillations seen in the CMB distribution can be observed in the spatial distribution of galaxies
- Acoustic scale set by distance light travelled at that time
  - Known precisely from CMB power spectrum
  - D=149 ± 0.6 Mpc
- BAO scale imprinted on all matter in the Universe
  - Use as a “standard ruler”

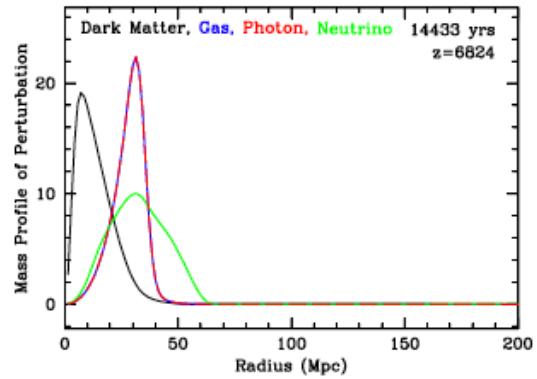
The HI signal power spectrum

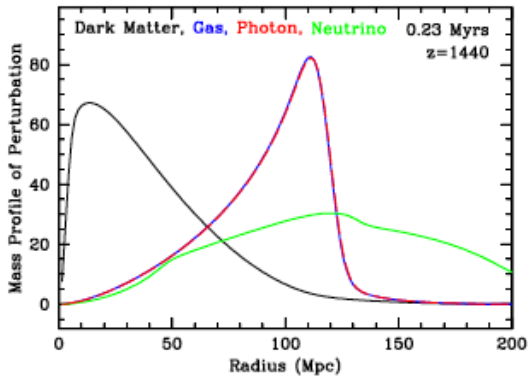
Cosmological HI signal is weak! (≈100 μK rms) and on degree scales $\bar{T}_{\rm obs}(z) = 44\,\mu{\rm K}\left(\frac{\Omega_{\rm H_I}(z)h}{2.45\times10^{-4}}\right)\frac{(1+z)^2}{E(z)}$

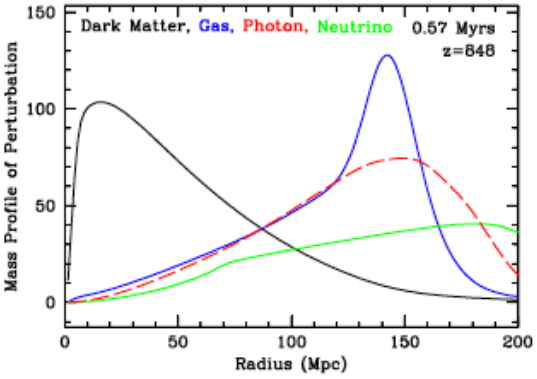


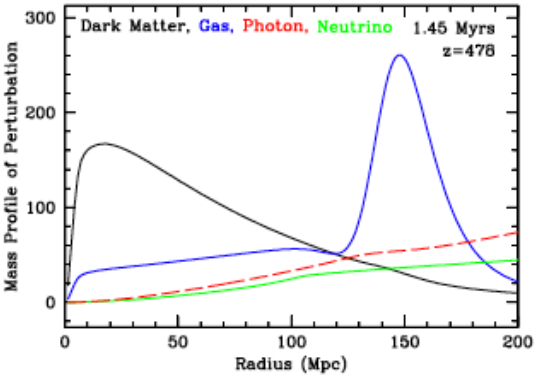
C.A.Wuensche (2019)

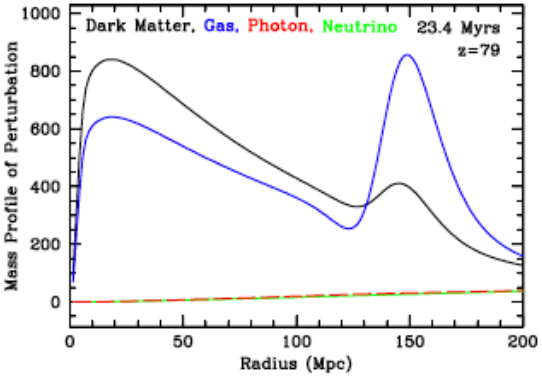
l≈(200/θ) degrees

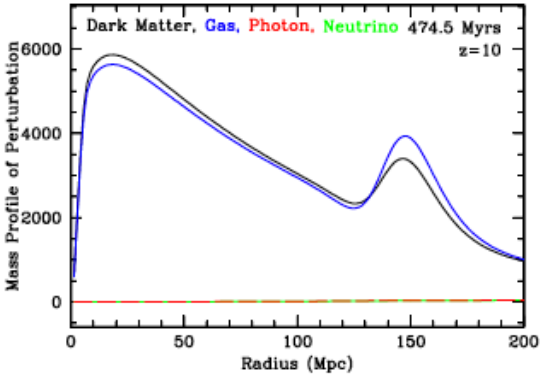












The evolution of perturbations for various cosmic components, in different cosmic times.

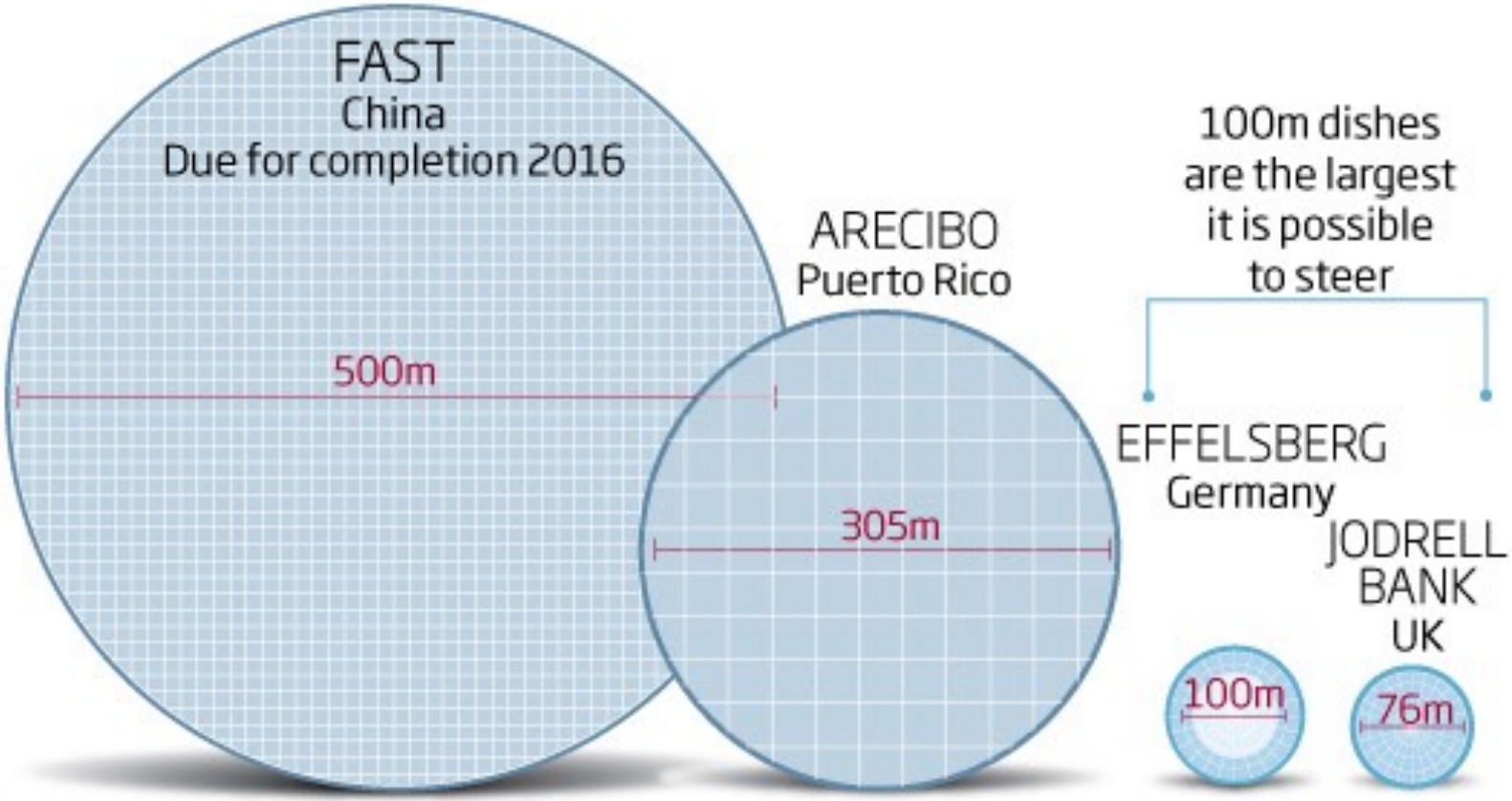
After decoupling (panel d) there is a wave of matter and dark matter, which will gravitationally converge to a common radius.

Weinberg, D. et al. Physics Reports (2013)

Telescopes go large

©NewScientist

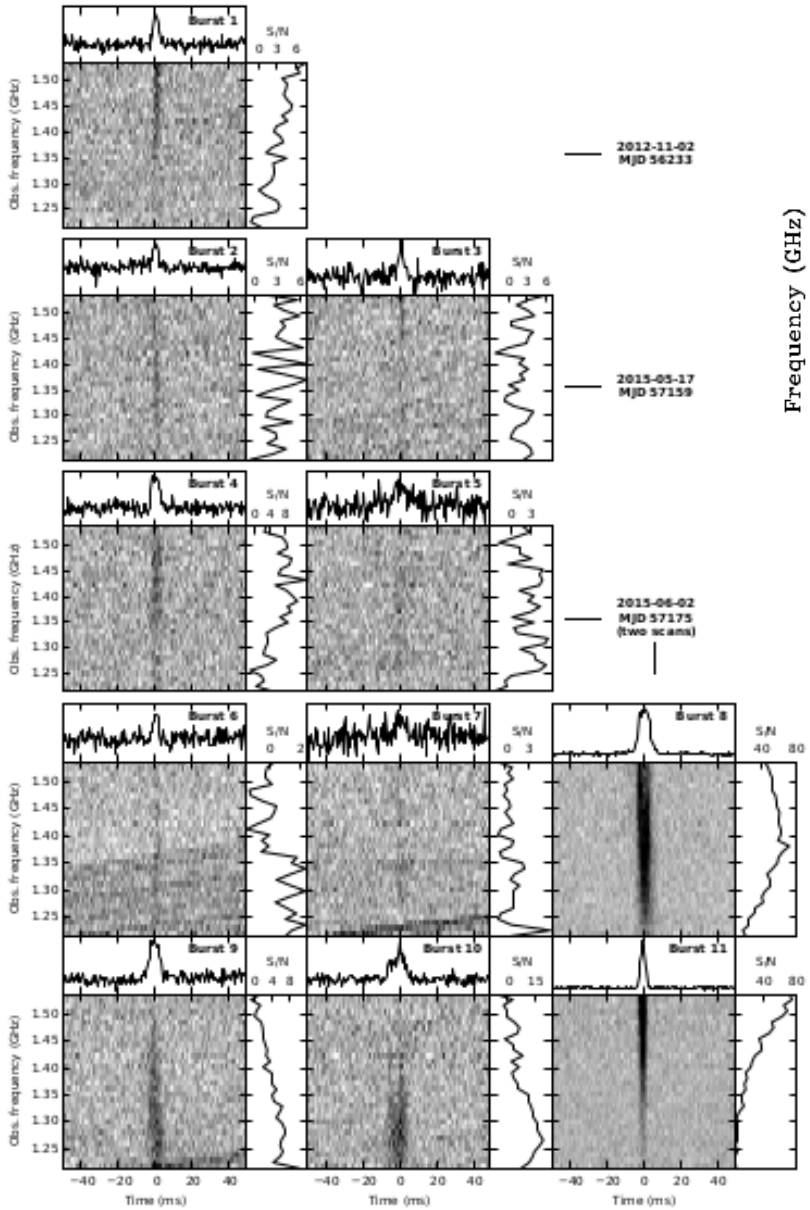
Radio astronomy will get a big boost with FAST, the world's most sensitive radio telescope

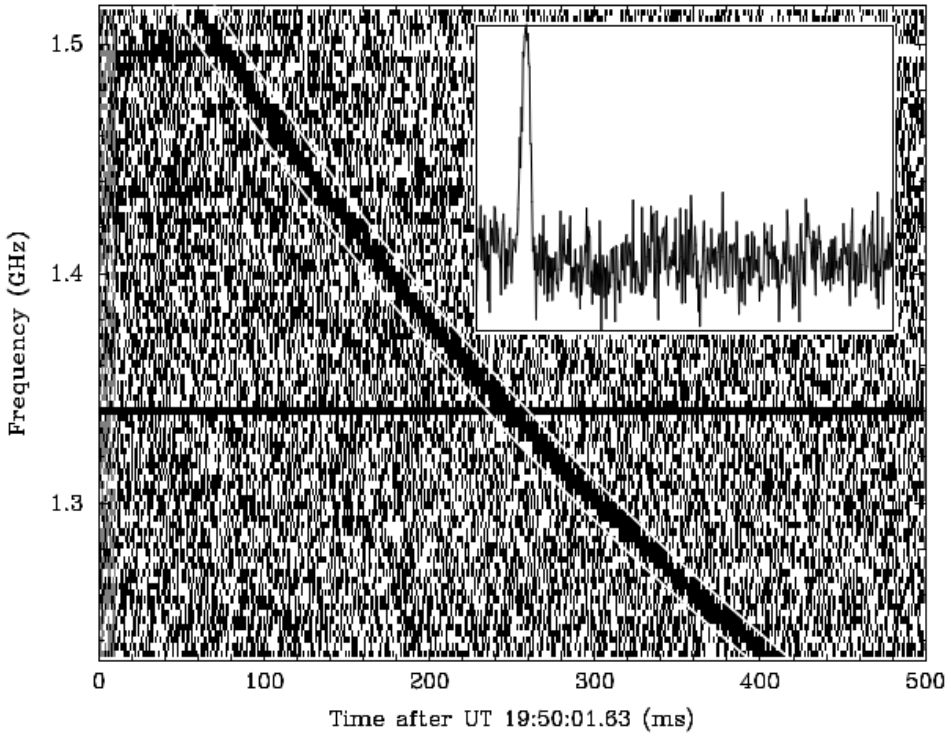


C.A.Wuensche (2019)

Fast Radio Bursts (FRB)

- Fontes transientes descobertas recentemente (1o. Artigo em 2007 – cerca de 50 conhecidos hoje)
- Extremamente brilhantes (~ dezenas de Jy)
- Extremamente curtos (~ centenas de μs a poucos ms)
- Processos físicos desconhecidos – provavelmente colapsos de objetos compactos
- O rádio telescópio BINGO é um detector natural de FRB
- Algumas deteções/dia esperadas quando em operação completa
- BINGO (fase 3): desenvolvimento de outriggers para fazer interferometria e astrometria



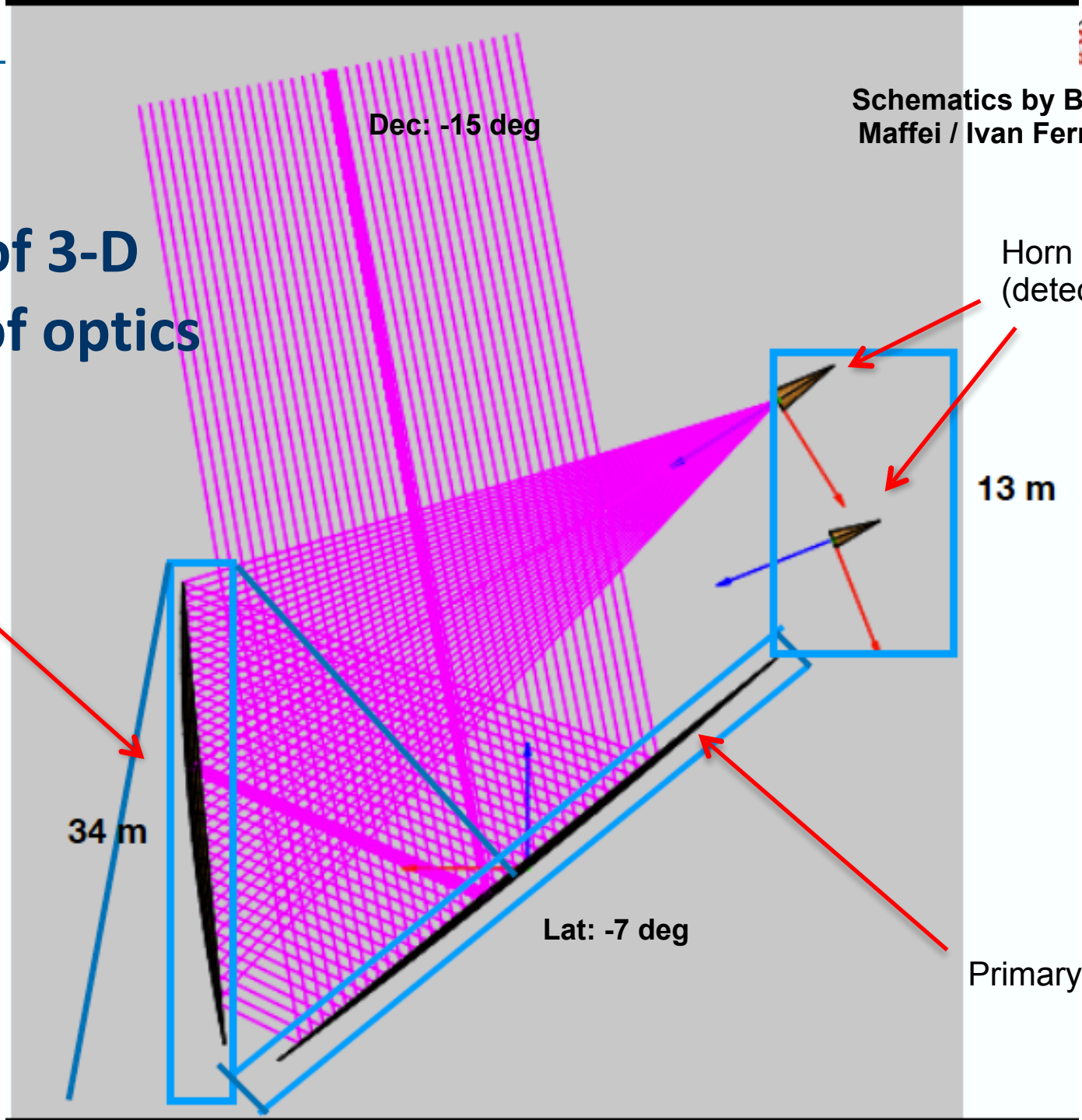


C.A.Wuensche (2019)

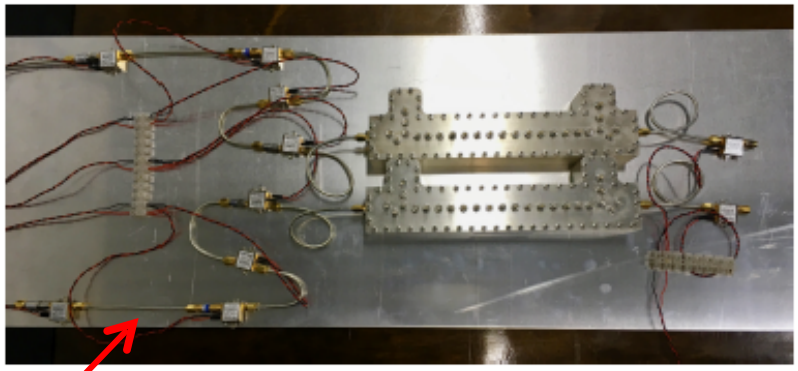
BINGO - Optics schematics

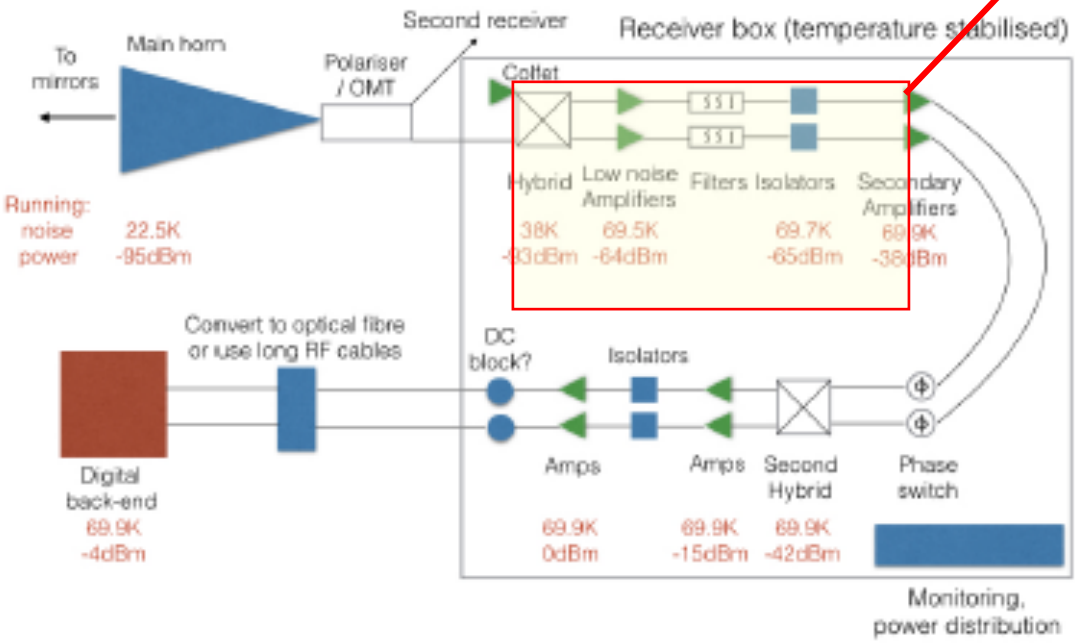
C.A.Wuensche (2019)

Sketch of 3-D model of optics



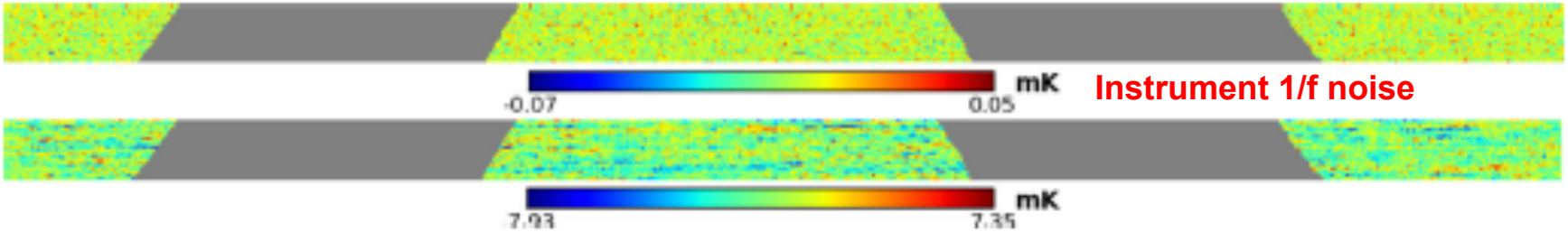
BINGO – Receivers





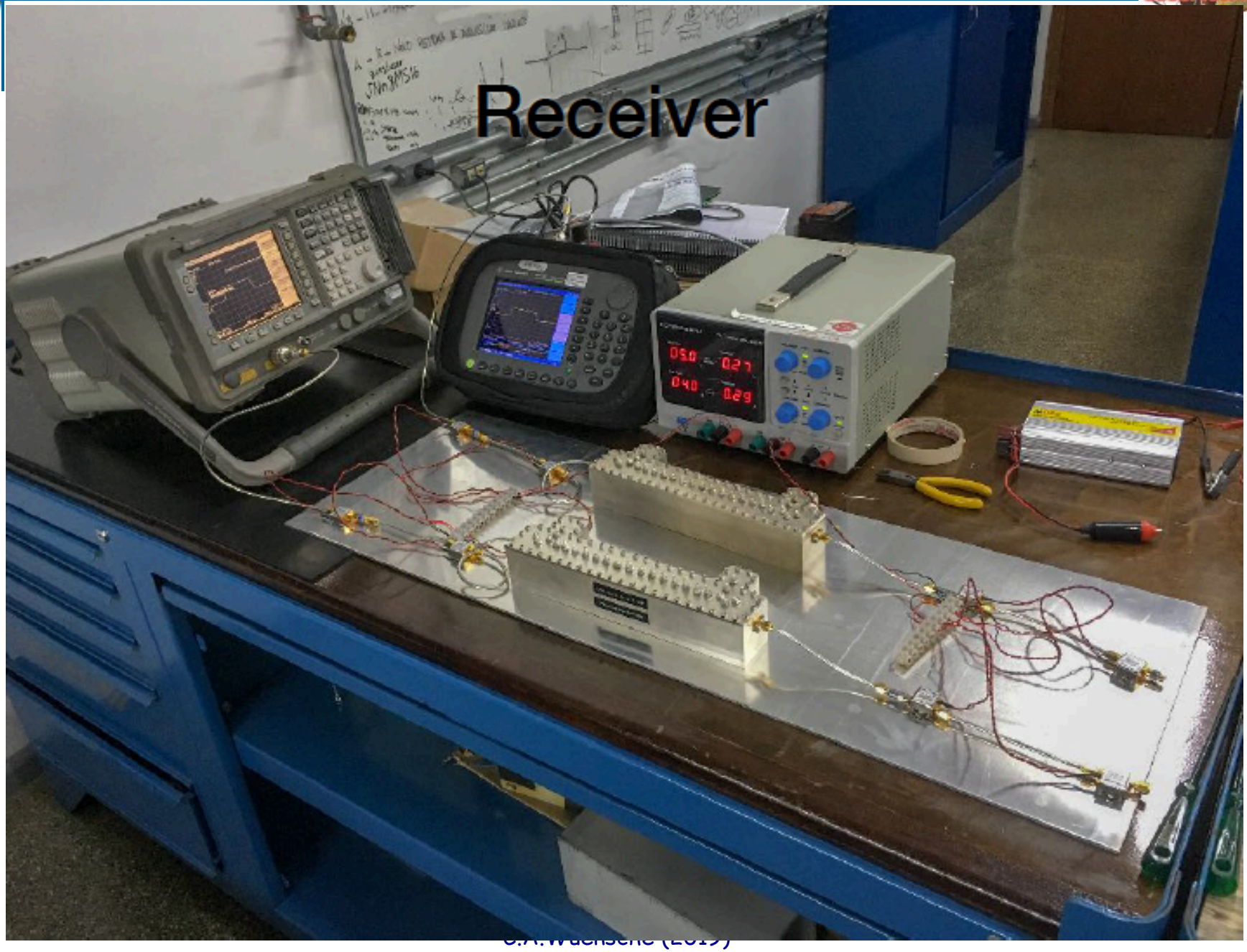
SIMULATIONS

Instrument (thermal) noise



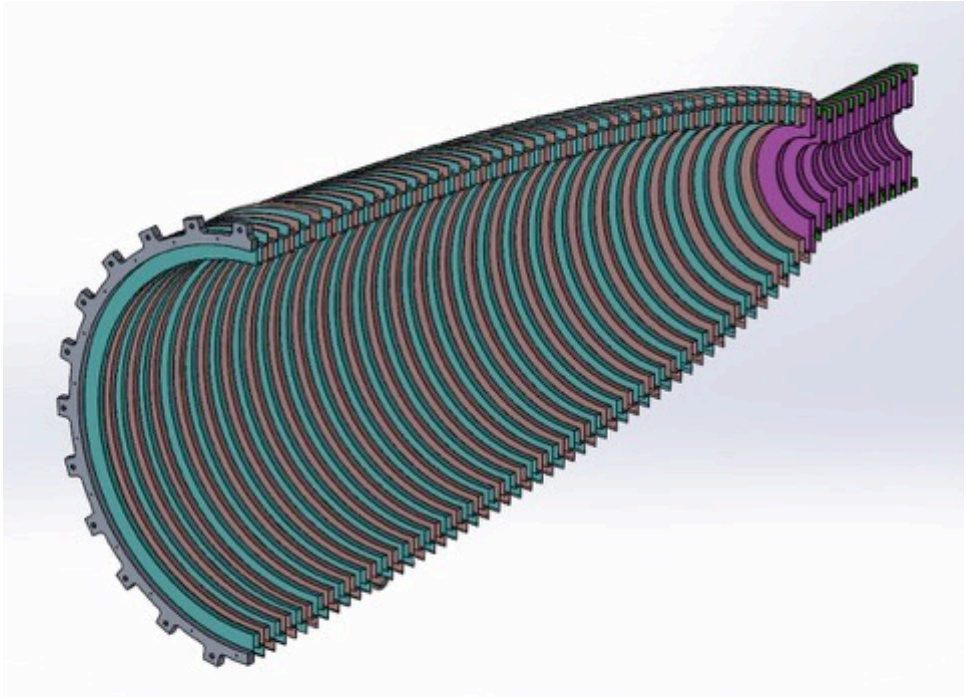
Instrument 1/f noise

C.A.Wuensche (2019)


Receiver

Challenge: BINGO horns are big!

- Aluminum horns (6060 T4 alloy)
  - Mass: 347 kg, not including screws and bolts, which may add ~ 30 kg to the unit
  - Number of rings (sectors): 127
  - Length: 4318 mm
  - Mouth: 1900 mm
  - Throat: 250 mm



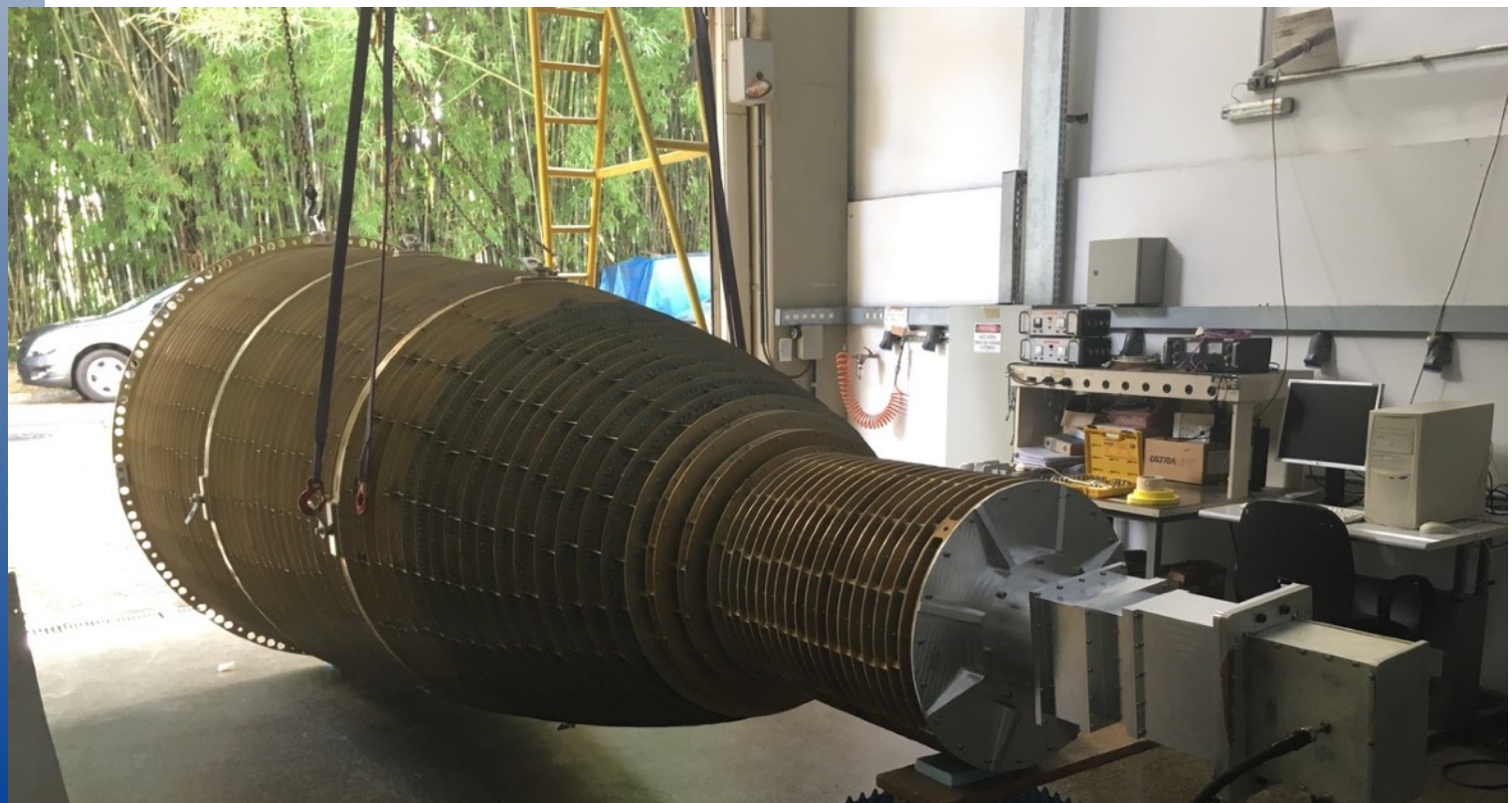
Crédito: L. A. Reitano

C.A.Wuensche (2019)

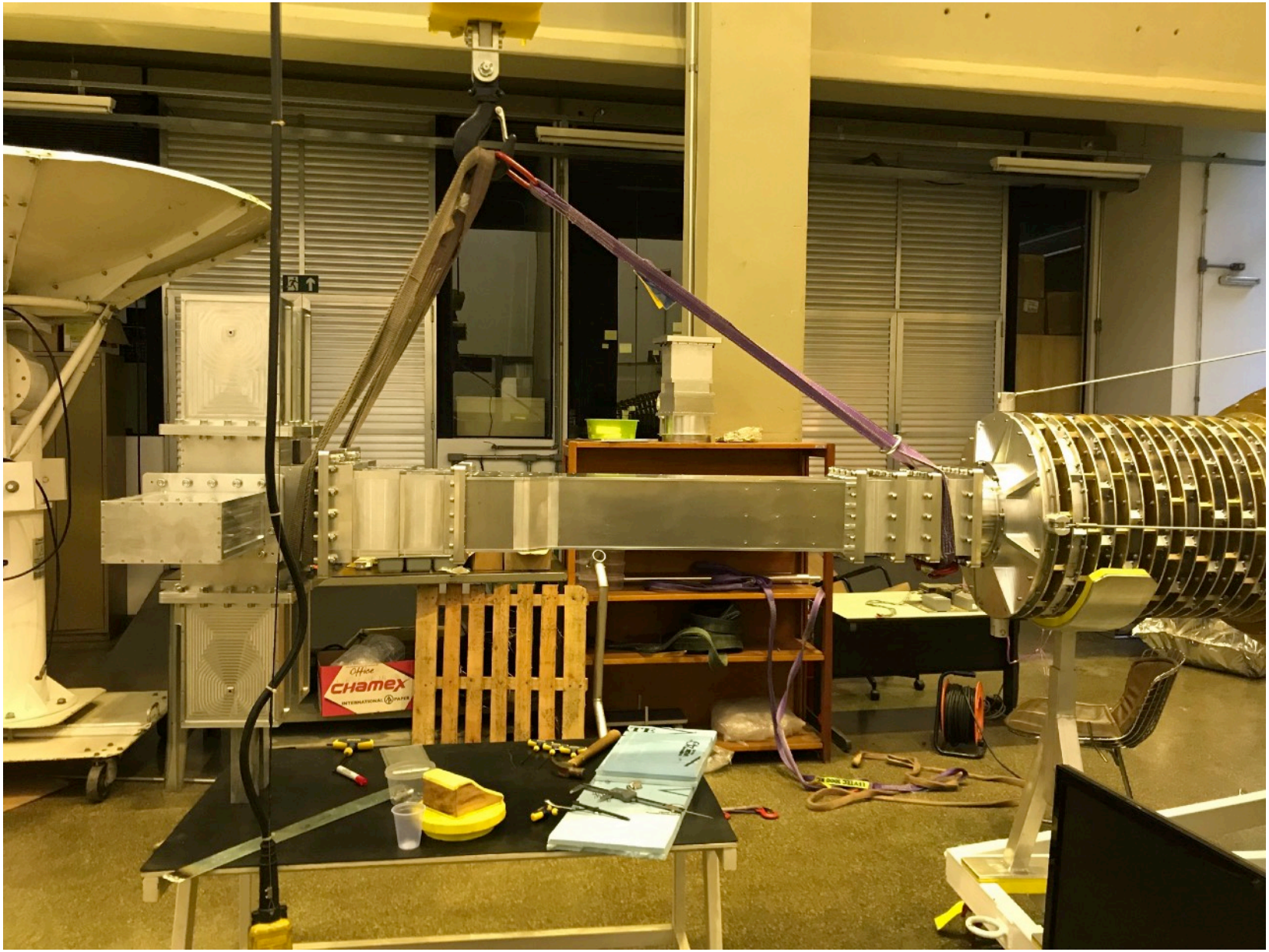
Horn tests

- Different preliminary tests, before going to LIT.
- Insertion and return loss tests for the antenna
- Transition tests (for performance)
- Excelent results

"BINGO: Horn design, fabrication and testing" (Wuensche et al. 2019, to be submitted before May 31)



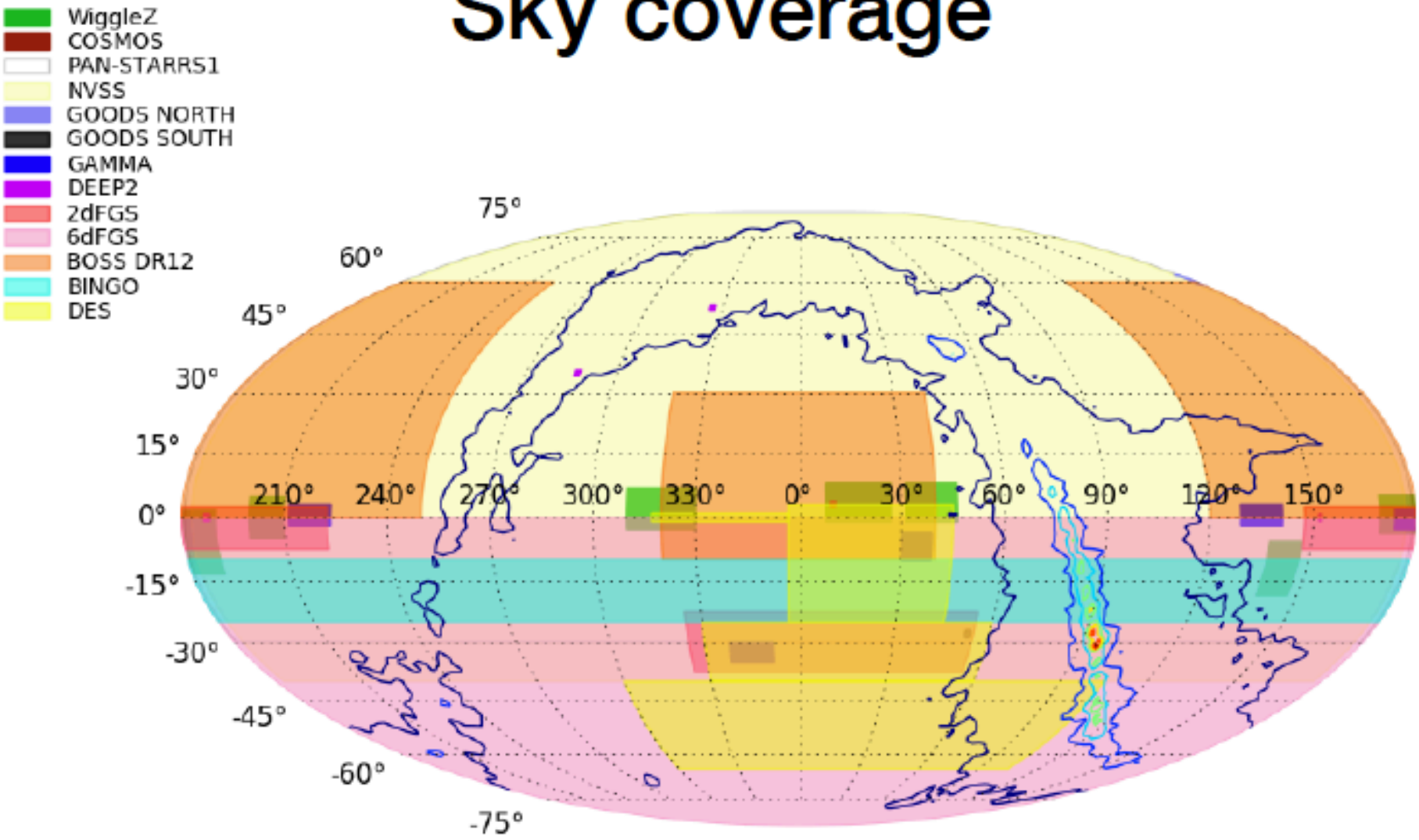
Crédito: M. Peel



C.A.Wuensche (2019)

From Tianyue Chen

Sky coverage



C.A.Wuensche (2019)

Temas de pesquisa

BAO e rádio telescópio BINGO – MESTRADO

- Extração de parâmetros cosmológicos dos dados simulados do BINGO em comparação com outros levantamentos
- Estudo dos chamados “Fast Radio Bursts” no contexto do BINGO
- Estudo da contribuição de radio fontes pontuais e do background em rádio na faixa de operação do BINGO

BAO e Radio telescópio BINGO - DOUTORADO

- Separação de componentes cósmicas nos dados do BINGO
- Correlação dos dados do BINGO com outros levantamentos

Colaboração com Elcio Abdalla, Raul Abramo, Clive Dickinson. Richard Battye, Ian Brouwne, Filipe Abdalla e YinZhe Ma

Temas de pesquisa

Observações de moléculas no meio interestelar – MESTRADO e DOUTORADO

- Estudo de regiões em Ophiucus, Musca
- Estudo de regiões de emissão maser em Ophiucus

Evolução química do Universo e correlação com observáveis cosmológicos – MESTRADO e DOUTORADO

- Colaboração com José Williams Vilas-Boas e Oswaldo Miranda

Temas de pesquisa

RCFM – MESTRADO e DOUTORADO

- Estudo do efeito Sunyaev-Zeldovich e de lenteamento da RCFM
- Condições não-gaussianas na RCFM
- Assimetrias e anomalias na RCFM

OBRIGADO

Publicações recentes (2014 - 2019)

Com revisor, Qualis A e B

- JCAP - 3
- ApJ – 2
- A&A – 1
- J.Astron. Instr. - 1

Com revisor, qualis C

- ASSL – 2 (cap. de livros)
- Physics Series – 1
- AIP Proceedings – 1
- RBEF – 1