

# Naše aktivity (FZÚ+MFF) na observatoři Pierra Augera a v jiných projektech astročásticové fyziky

Praha: P. T., J.Ř., M.P., M.B., J.G., D.N., J.E., J.V.,  
J.Ch., P.K., P.M., M.J., M.M.,  
L.T., E.R., J.B., M.S., V.N., ...

Olomouc: M.H., P.S., M.P., L.N., D.M., M.P., P.H., S.R. +  
studenti

# Obsah

- Observatoř Pierra Augerra
  - aktivity v hlavním programu observatoře
  - testy nových detekčních technik: MIDAS, AMY
  - budoucí upgrady: MARTA, nové FD, nové fotodetektory, ...
  - budoucí observatoř: účast na AUGER-NEXT
- Ostatní projekty
  - Cherenkov Teleskope Array (CTA)
  - Large Synoptic Survey Telescope (LSST)

# Observatoř Pierra Augera

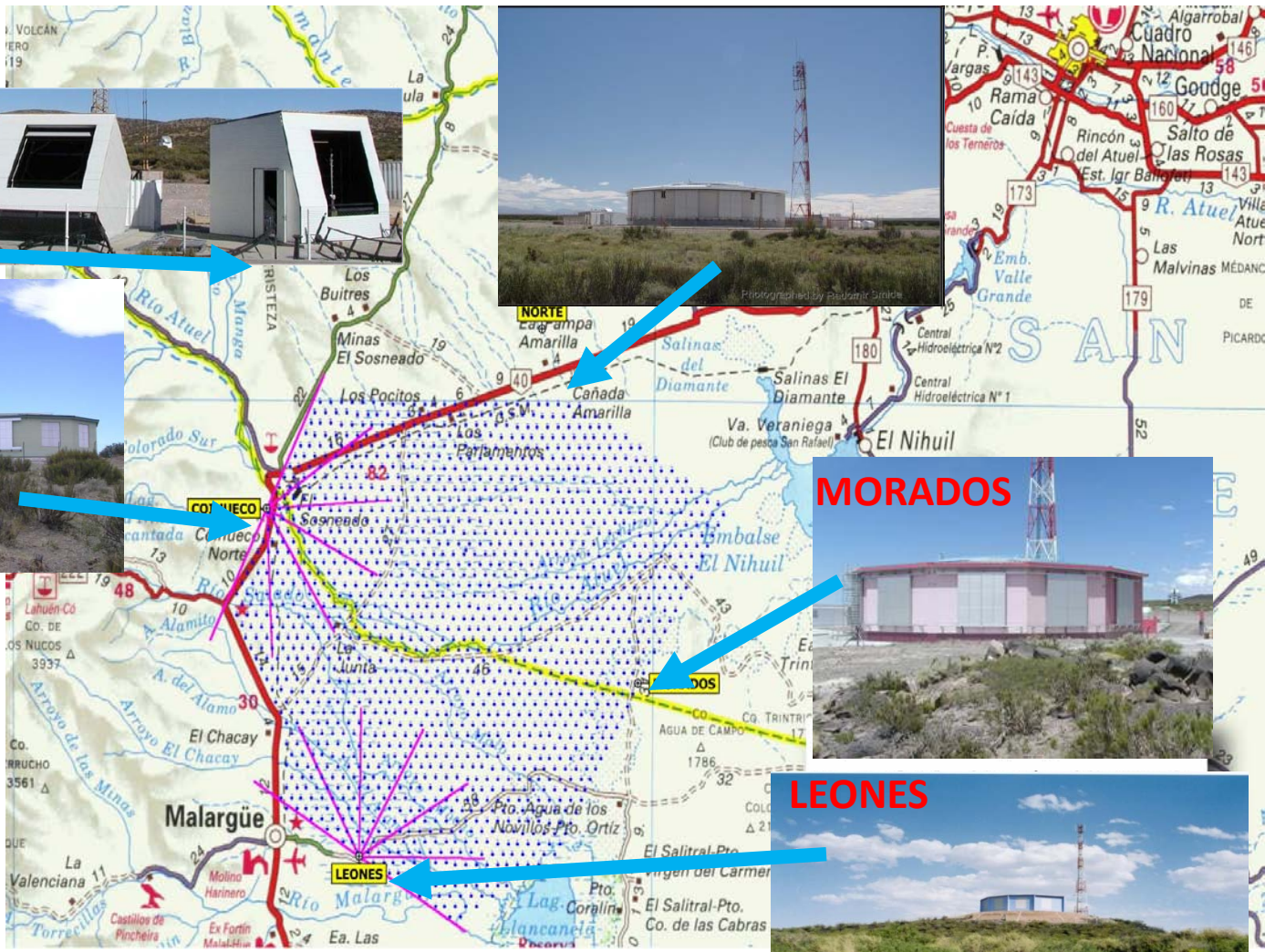
**HEAT** (mirrors from ČR)



**AMARILLA** (mirrors from ČR)



**COIHUECO**  
(mirrors from ČR)



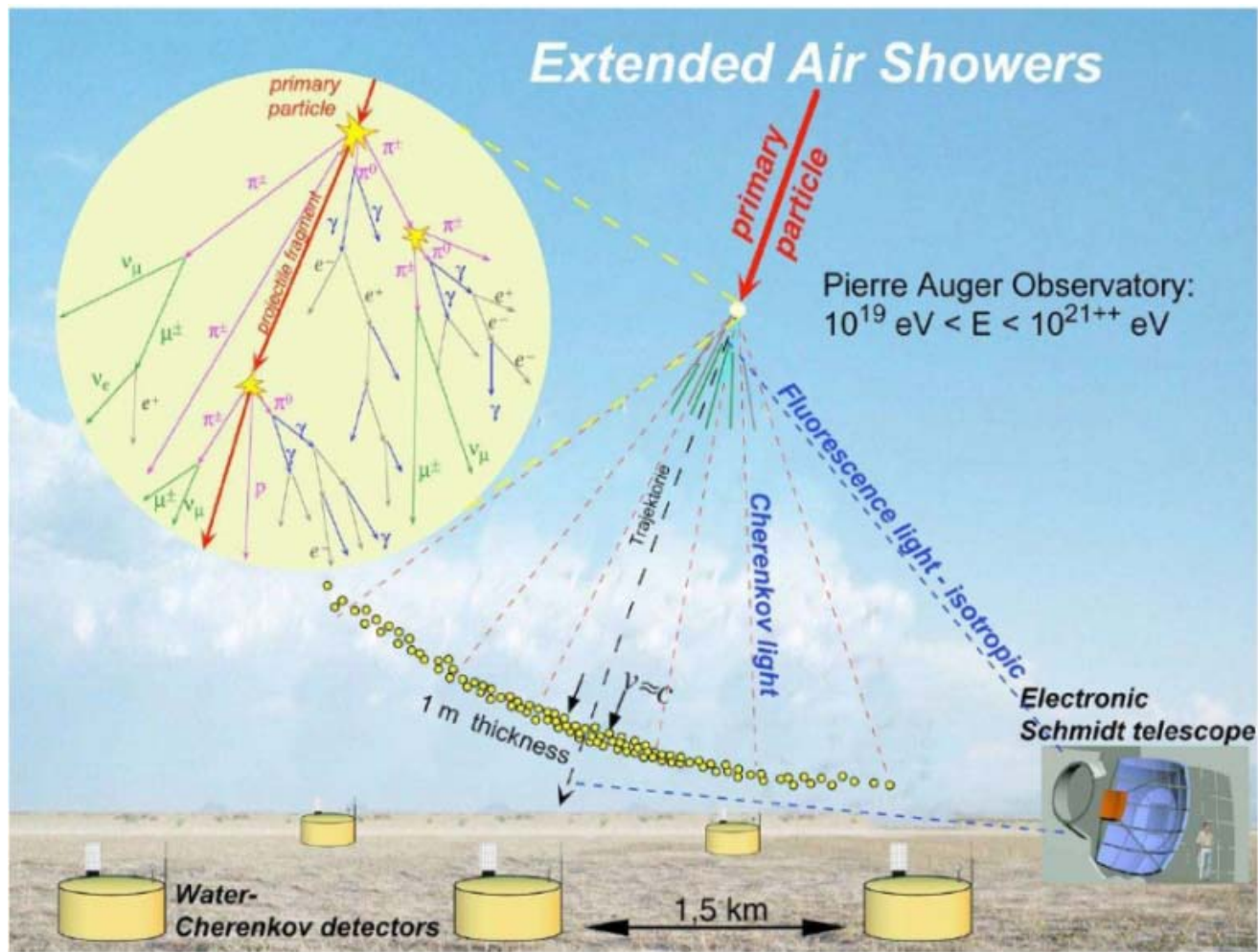
**MORADOS**



**LEONES**



# Observatoř Pierra Augera – princip detekce



# Observatoř Pierra Augera – naše současná účast v hlavním programu observatoře

- Provoz fluorescenčních teleskopů
  - Směny a organizace nabírání dat *(všichni, Jan Řídký, Radomír Šmída)*
  - **Vývoj a instalace zařízení usnadňujících provoz** *(Dušan Mandát, Miroslav Pech, Petr Nečesal)*
  - Údržba fluor. teleskopů *(Petr Schovánek a celá Olomouc)*
- Kalibrace fluorescenčních teleskopů
  - **Kalibrační systém** *(Martina Boháčová, Lenka Tománková)*
  - Optické vlastnosti komponent teleskopů *(všichni v Olomouci)*
- Monitoring stavu atmosféry
  - **FRAM** *(Michael Prouza, Jan Ebr, Petr Kubánek)*
  - Satelity

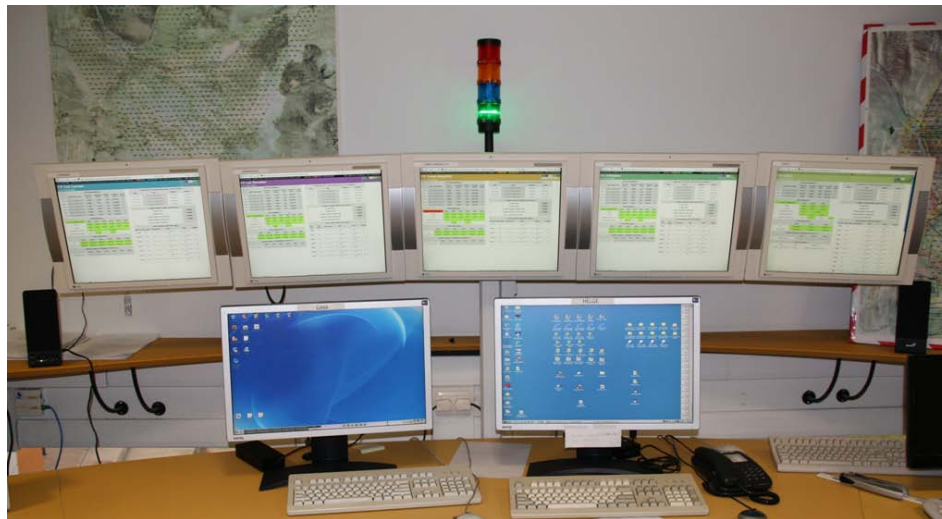
# Observatoř Pierra Augera – naše současná účast v hlavním programu observatoře

- Studium fluorescenčního zisku (*Martina Boháčová*)
- Test nových detekčních technik: **MIDAS, AMY**
- Budoucí upgrady : **MARTA, nové FD (FAST), nové fotodetektory, AUGER-NEXT...** (*Jakub Vícha, Martina Boháčová, Olomouc*)
- **Rozsáhlé výpočty na gridu** (*Jiří Chudoba*)
  
- Složení kosmického záření (*P.T., Jakub Vícha*)
- Hadronické interakce (*Jan Ebr, Jan Řídký*)
- Studium anizotropií směrů příletů (*Dalibor Nosek, P.T., Jakub Vícha*)

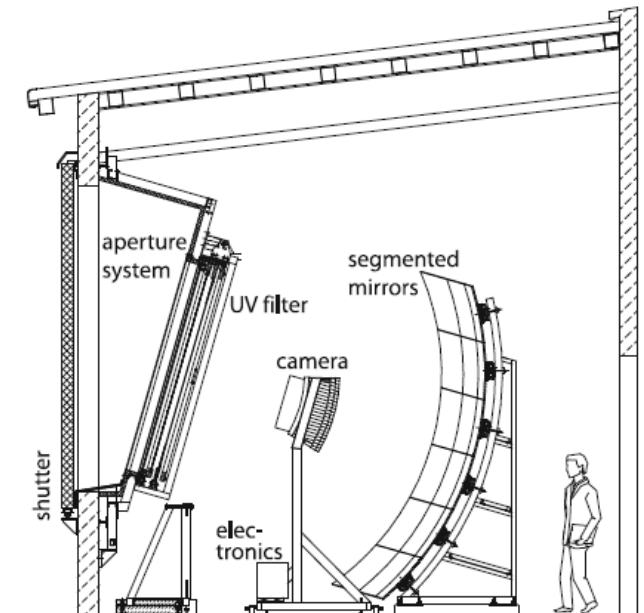
# Vývoj a instalace zařízení usnadňujících provoz

FD monitoring a systém ALARMů

- včas upozornit obsluhu na nenadálou událost



27 FD telescopes



# Vývoj a instalace zařízení usnadňujících provoz

před ALARMem



**FD: FDRainAlarm**



po ALARMu



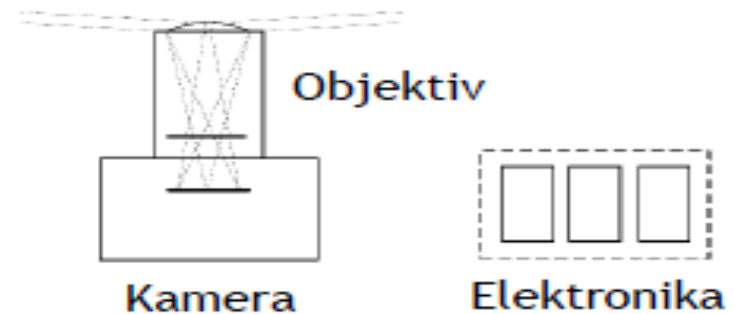


# Vývoj a instalace zařízení usnadňujících provoz

## BGcam

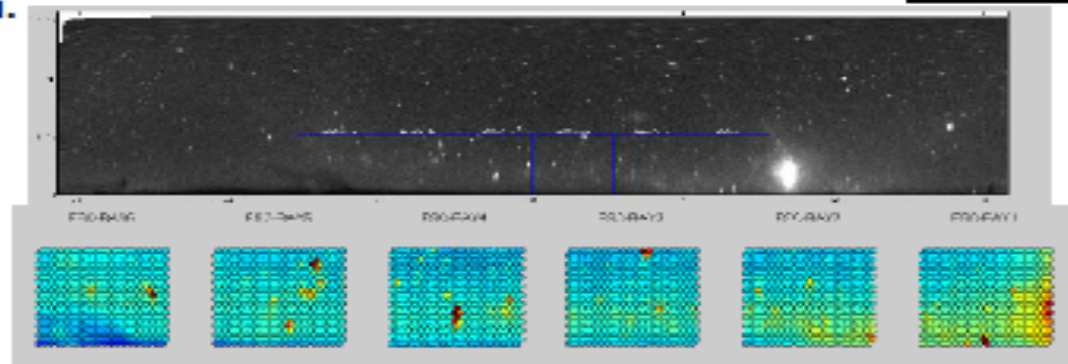
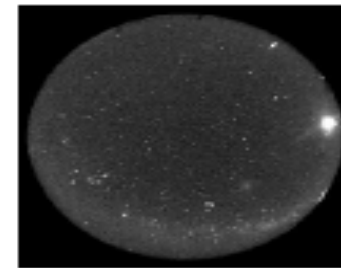
System určený pro monitorování světelného pozadí v zorném poli FD teleskopu.

Prevence před poškozením fotonásobičů FD, nezávislý systém. CCD kamera se širokoúhlým objektivem a říditelnou závěrkou.




Nasnímání obrazu oblohy + temný snímek. Pomocí kalibrace se snímek převede do azimutálních souřadnic.

Vypočte se průměrná hodnota světelného pozadí v zorných polích jednotlivých fotonásobičů.



# Vývoj a instalace zařízení usnadňujících provoz

 **FD Elog**

Home > Browse Entries > Entry Viewer

Top [Los Leones](#) [Los Morados](#) [Loma Amarilla](#) [Coihueco](#) [HEAT](#)

Each one box of CO & HE closed early because of a bright star.  
**Extremely cloudy in CO**

## Los Leones

### HV/LV information

The voltage was turned on more than one hour before the start of the calibration runs for all cameras

### Calibration Runs

Calibration performed before the DAQ run: A  
Calibration performed after the DAQ run: A B C

### DAQ Runs

ID: 3431; Comments: Started 22:36h

### Lasers

CLF shots seen: 0.25ns 0.50ns  
XLF shots seen: 0.35ns

### Weather Status

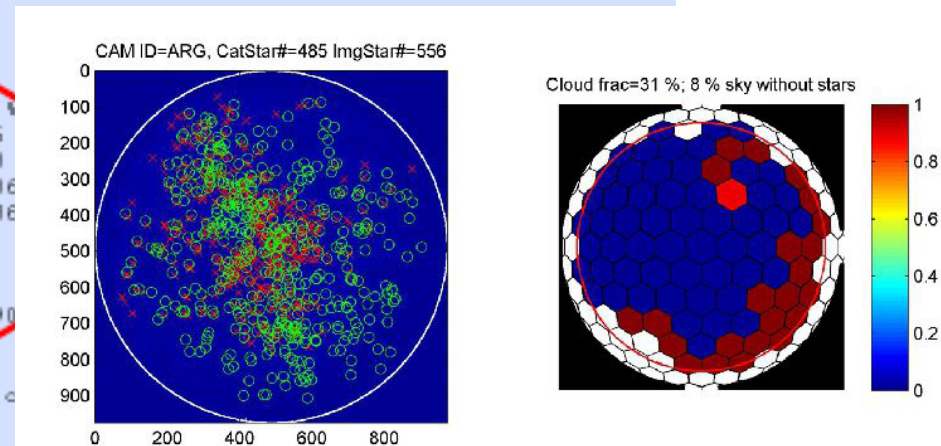
Time: 22:21:53; Status: Heavy clouds; Comments: BGCam: clear sky 3 %  
Time: 23:24:33; Status: Heavy clouds; Comments: BGCam: clear sky 15 %  
Time: 00:24:01; Status: Heavy clouds; Comments: BGCam: clear sky 13 %  
Time: 01:24:16; Status: Partly cloudy; Comments: BGCam: clear sky 86 %  
Time: 02:24:20; Status: Partly cloudy; Comments: BGCam: clear sky 86 %  
Time: 03:25:07; Status: Clear sky; Comments: BGCam: clear sky 95 %  
Time: 04:24:57; Status: Clear sky; Comments: BGCam: clear sky 97 %  
Time: 05:25:16; Status: Clear sky; Comments: BGCam: clear sky 96 %  
Time: 06:19:24; Status: Partly cloudy; Comments: BGCam: clear sky 90 %

### Hardware Issues

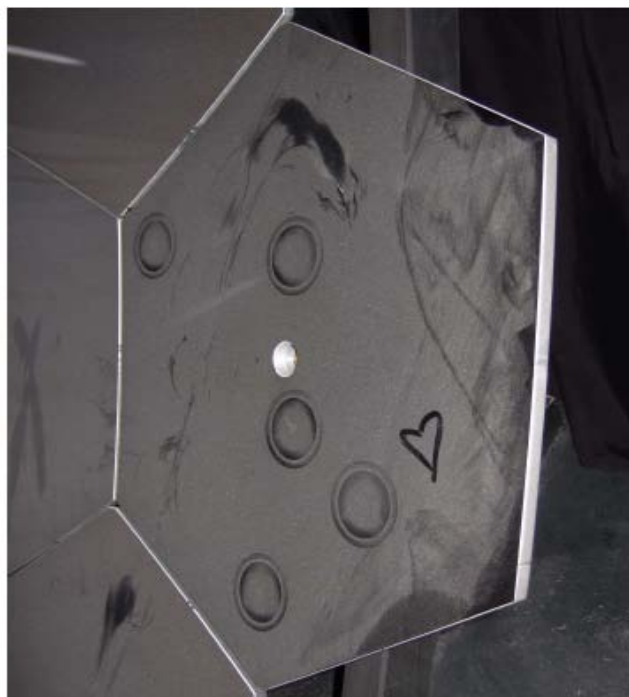
Before DAQ: FEShell Startup: Nitrate over limit in telescopes: [5:1 c

### Miscellaneous Issues

22:27h: too much background light according to BGCam

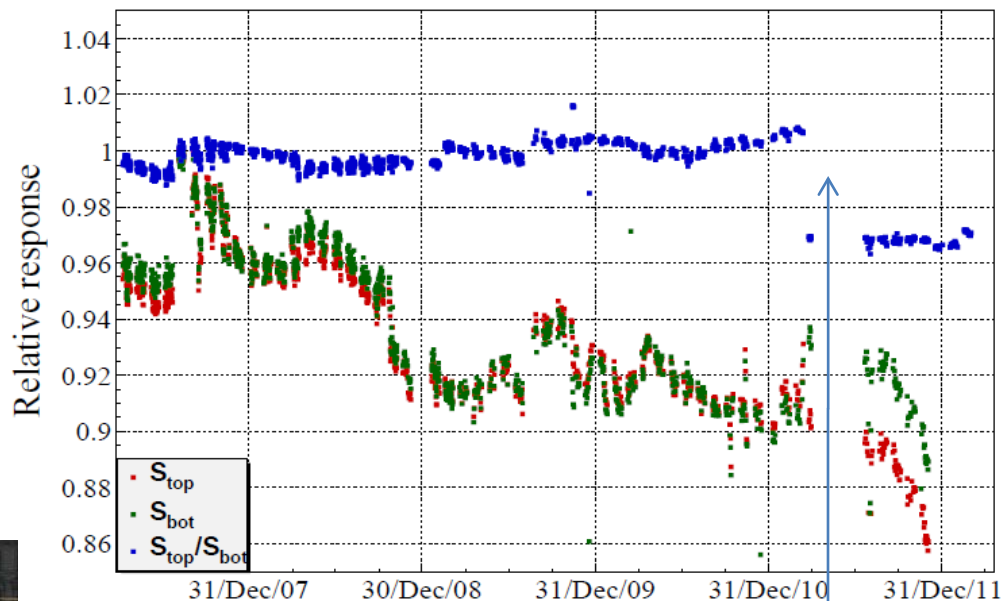


# Kalibrace detektoru – dlouhodobý vývoj



Jeden příklad z mnoha:

CO1 Cal C/A Top vs. bottom



čištění zrcadel

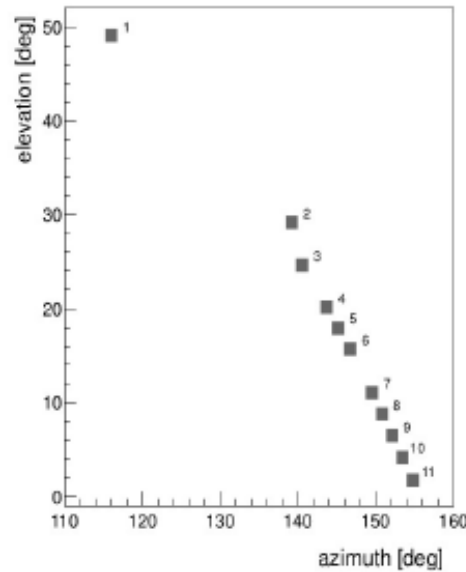
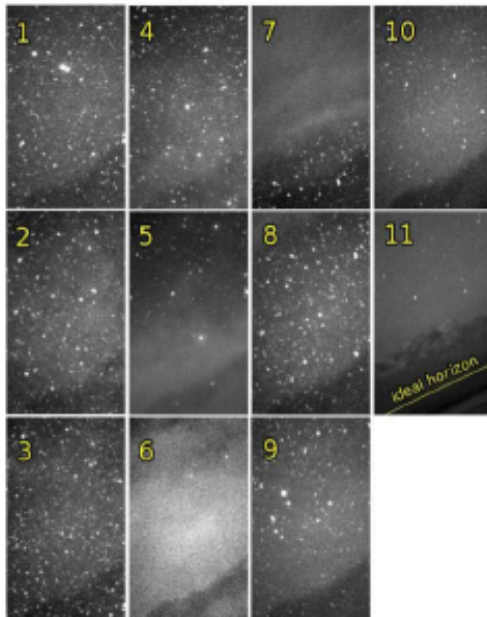


Česká hlava Gaudeamus 2012

# FRAM

- Součástí sítě robotických dalekohledů GLORIA pro detekci optických protějšků GRB
- RTS2 od Petra Kubánka na desítkách robotických teleskopů po celém světě
- monitoring atmosféry pro PAO jako hlavní náplň

## Rapid monitoring observations

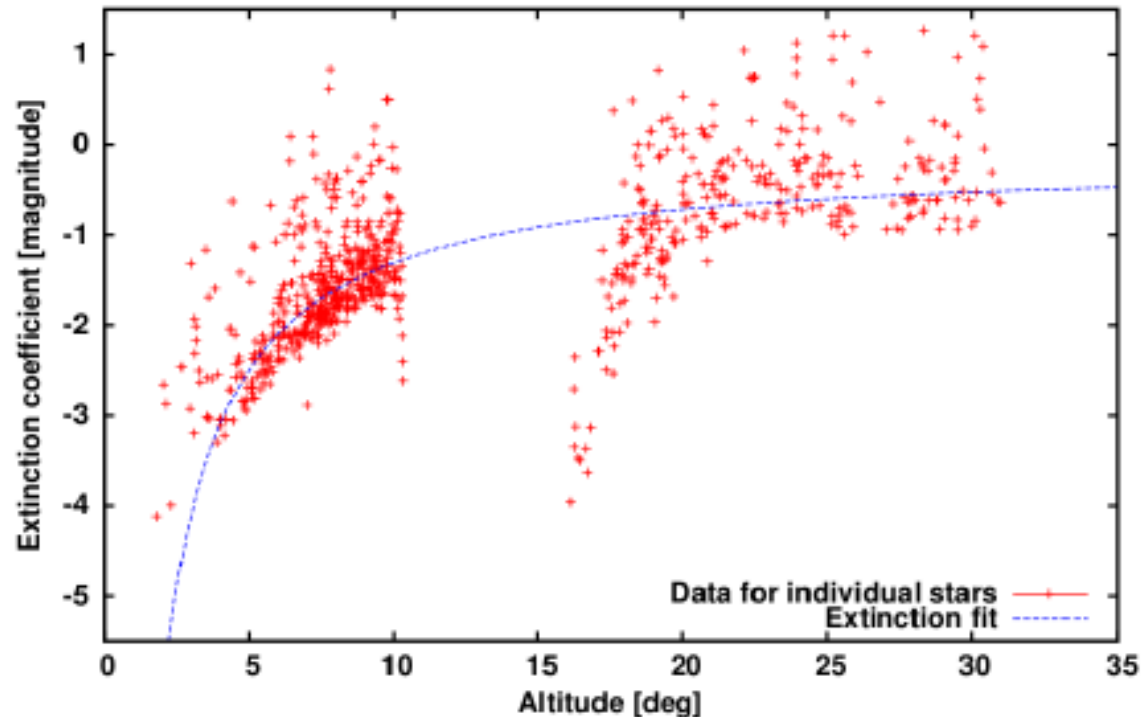


Series of images covering the shower trajectory; note cloud presence in mid-altitudes



# FRAM

## Rapid monitoring observations



The extinction profile for the images from the previous slide clearly shows the prominent drop due to the presence of clouds. All investigated potential double-bump showers were unfortunately false double-bump originated due to cloud.

June 18, 2012 FRAM status

# Studium fluorescenčního zisku

Měření ve FRASCATI, Argonne a FNAL

- závislost na tlaku, teplotě, vlhkosti
- spektrum

- **přesné změření absolutního zisku**  
 ([arXiv:1210.6734](https://arxiv.org/abs/1210.6734)), ApP 42 (2013) 90-102

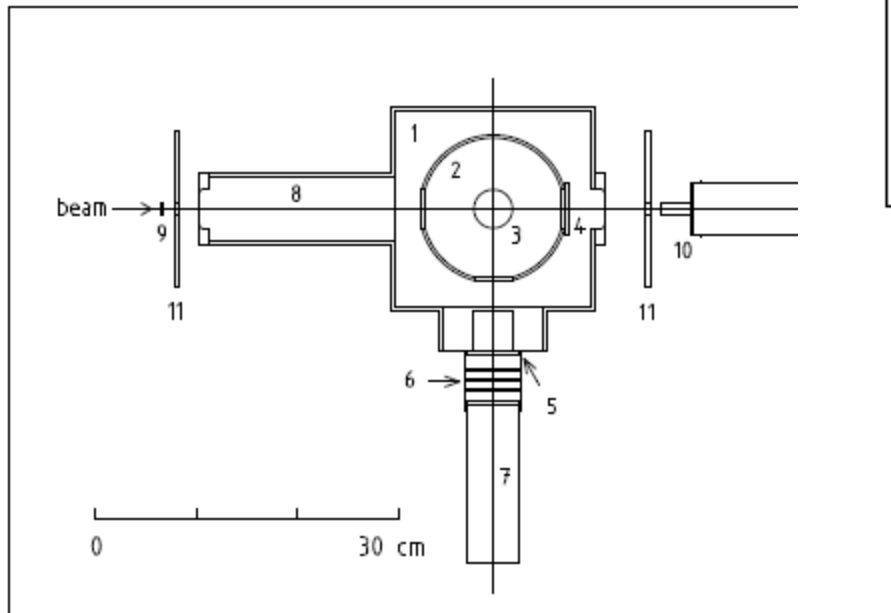
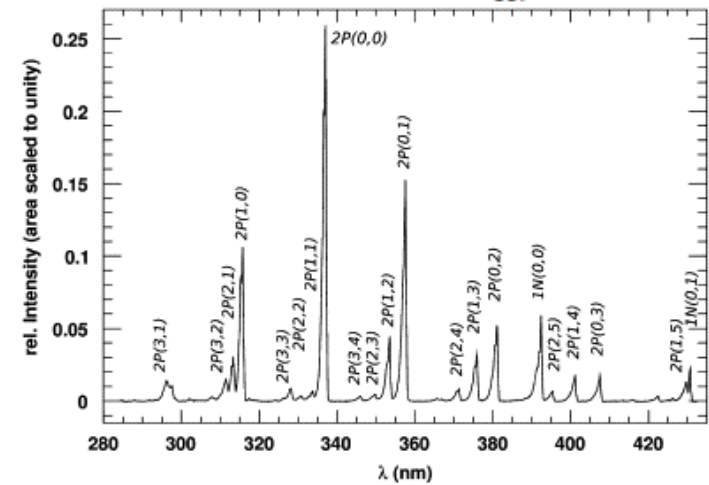
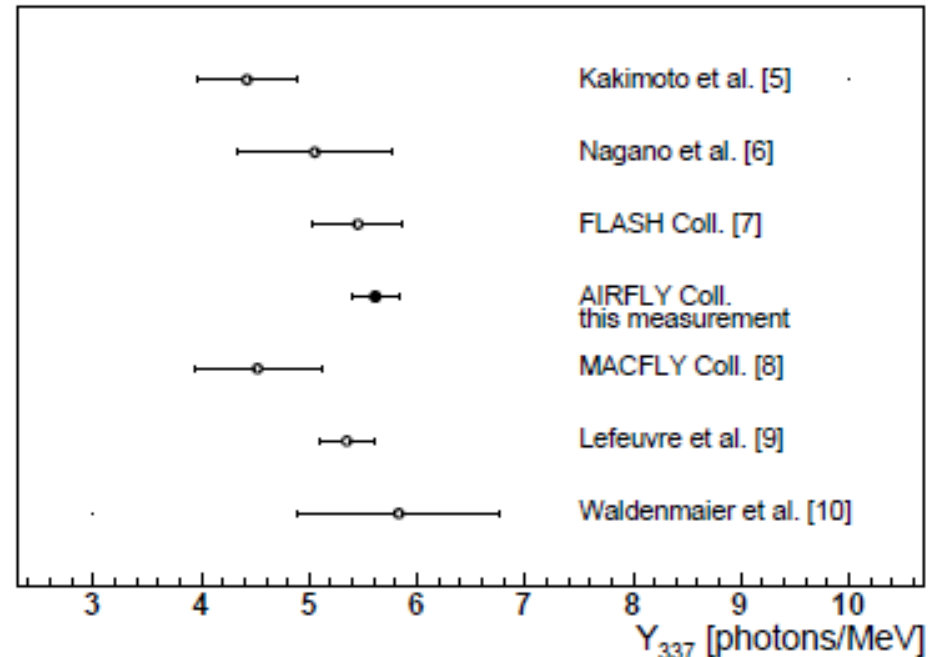


Fig. 1. The AIRFLY experimental setup: 1) stainless steel chamber; 2) integrating sphere; 3) top port; 4) plug of exit port; 5) 337 nm interference filter; 6) acceptance apertures; 7) PMT; 8) extension for beam particle path; 9) scintillator disk counter; 10) Cherenkov counter, with acrylic rod and photomultiplier; 11) veto counters.



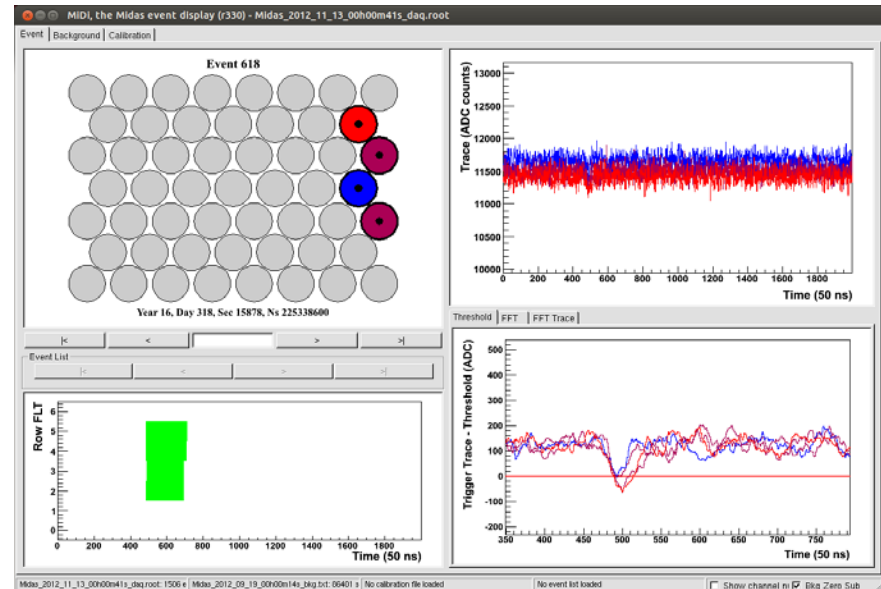
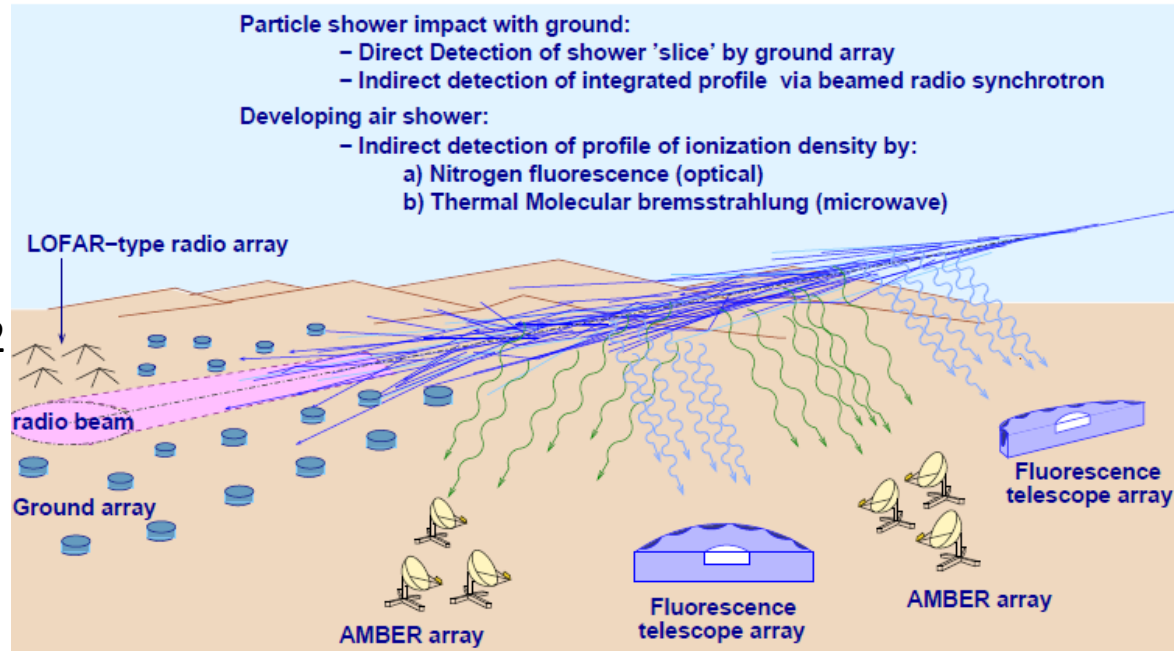
# Studium fluorescenčního zisku – vliv na energetickou škálu

Systematic uncertainties			
	ICRC 2011	New energy scale	
		correlated	uncorrelated
Absolute fluorescence yield	14%	[Redacted]	[Redacted]
Fluorescence spectrum			
Pressure dependence			
Temperature dependence			
Humidity dependence			
<b>Sub total (Fluorescence yield)</b>	<b>14%</b>	<b>3.4%</b>	
Absolute FD calibration	9%	[Redacted]	[Redacted]
Nightly relative calibration			
Optical efficiency	3.0%		
<b>Sub total (FD calibration)</b>	<b>9.5%</b>		
Aerosol optical depth	3.5% ÷ 7.5%	[Redacted]	1% ÷ 4%
Aerosol phase function	1%		
Wavelength dependence of aerosol scattering	0.5%		
Horizontal uniformity	1%		1%
Atmosphere variability	1%		1%
Subtotal atmosphere	4.2% ÷ 7.8%		1
Statistical error of the profile fit			
Error on shower geometry			1.5%
Shower width	10%		
Invisible energy	4%	2% ÷ 5%	
<b>Total (preliminary)</b>	<b>≈22%</b>	<b>≈10%</b>	5% ÷ 9%

PRELIMINARY –  
NOT FOR PUBLIC DISPLAY  
Obvious gain in precision

# Microwave Detection of Air Shower - MIDAS

- Experiment původně v Chicagu
- Přesun do Argentiny
- Instalace v druhé půlce roku 2012





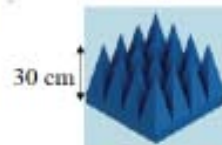
# Air Microwave Yield - AMY

Podobně jako u fluorescenčního zisku (AIRFLY) změřit v laboratoři velikost zisku FRASCATI

## ANECHOIC FARADAY CHAMBER



Three modules  
1 & 3 – length 1.5 m  
2 – length 1.0 m



RF adsorber  
SATIMO  
AEP 12  
attenuation  
1GHz: 30 dB  
> 6 GHz: 50 dB

### 5 antenna positions:

2 at the corners (A, B)

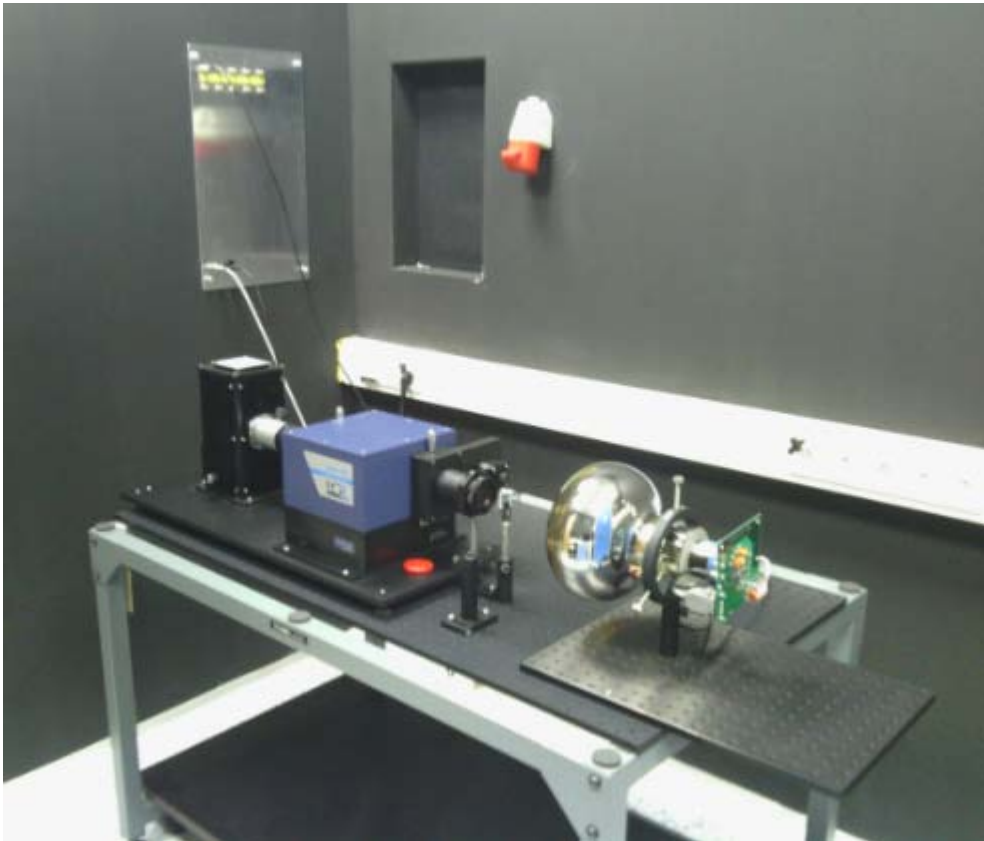
2 on the sides (C, D)

1 on the top (T)

Measured shielding for outside radiation above 4 GHz is better than 85 dB.  
It reduces down to 40 dB at 1 GHz.

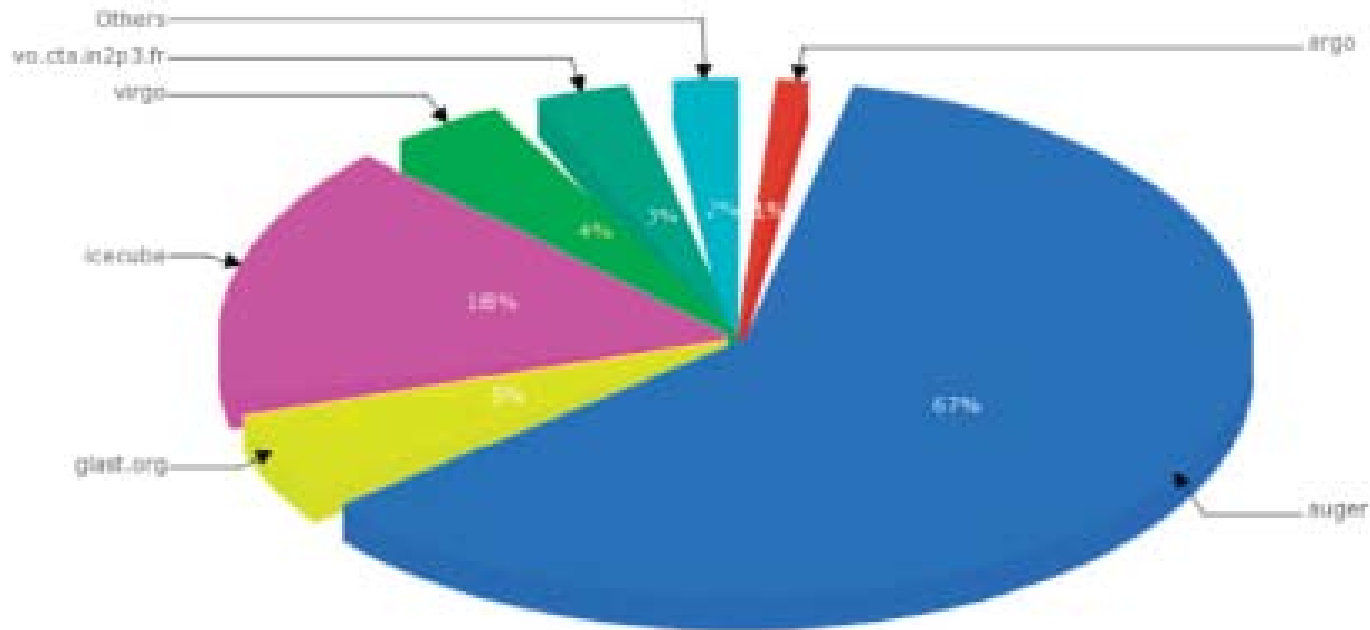
# Fotodektory aj.

Připravujeme laboratoř na testování experimentálního zařízení a komponent pro potřeby astročásticové fyziky (testování fotodetektorů pro upgrade observatoře a observatoře příští generace, ...)



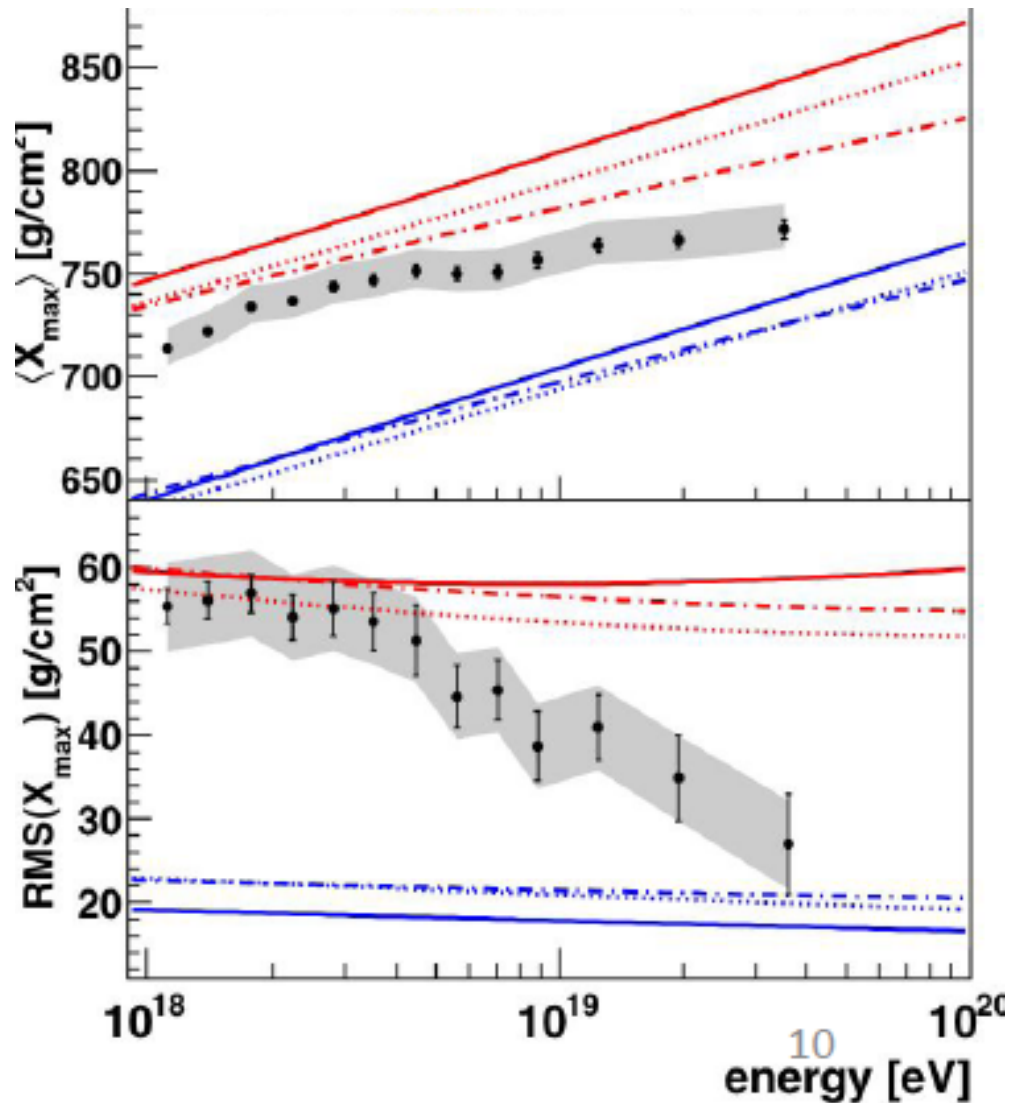
# Rozsáhlé výpočty na gridu

- “Virtuální organizace” Auger: spravovaná v Praze, po LHC největší uživatel GRIDU,
- VO manager J.Ch. členem EGI Comunity Board



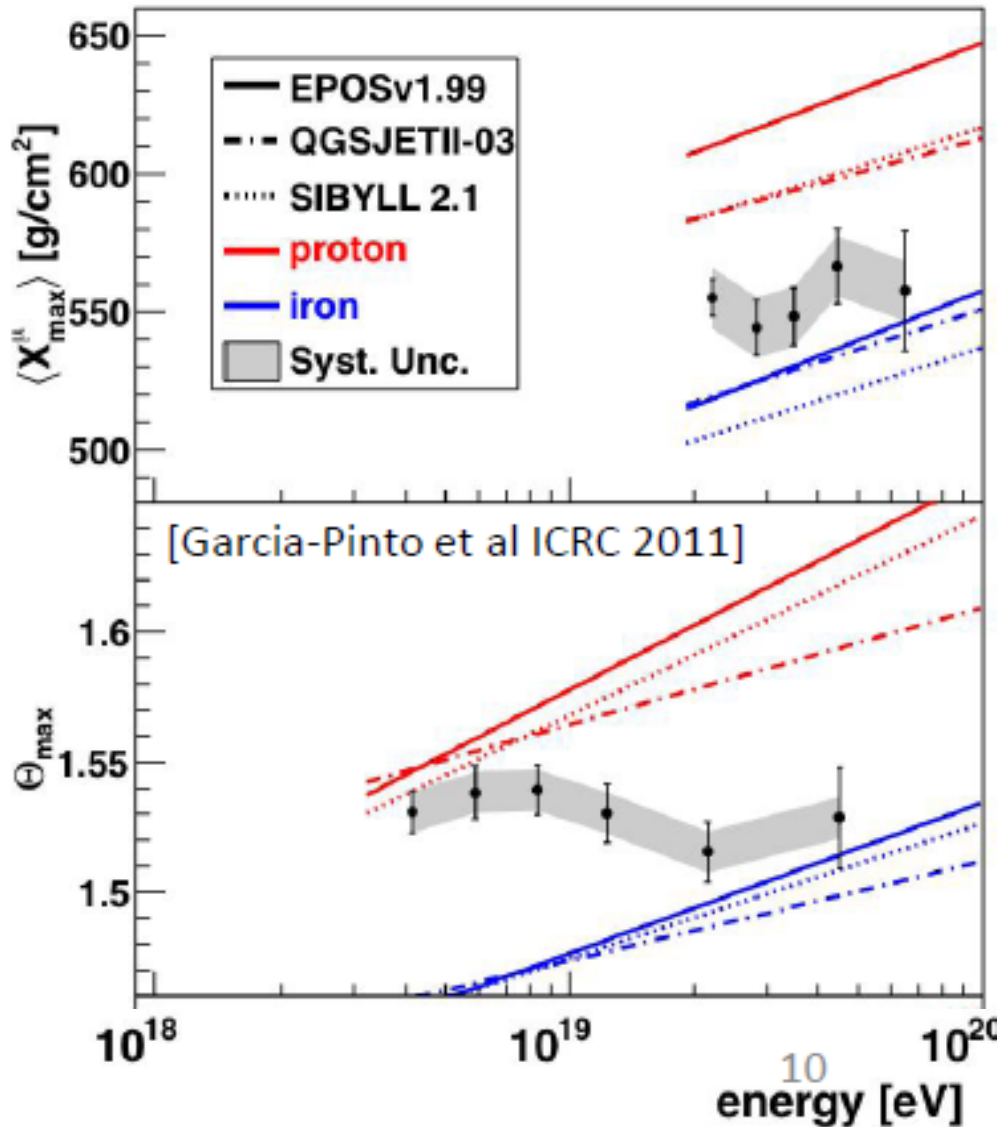
Využití gridu v astročásticové fyzice

# Složení kosmického záření



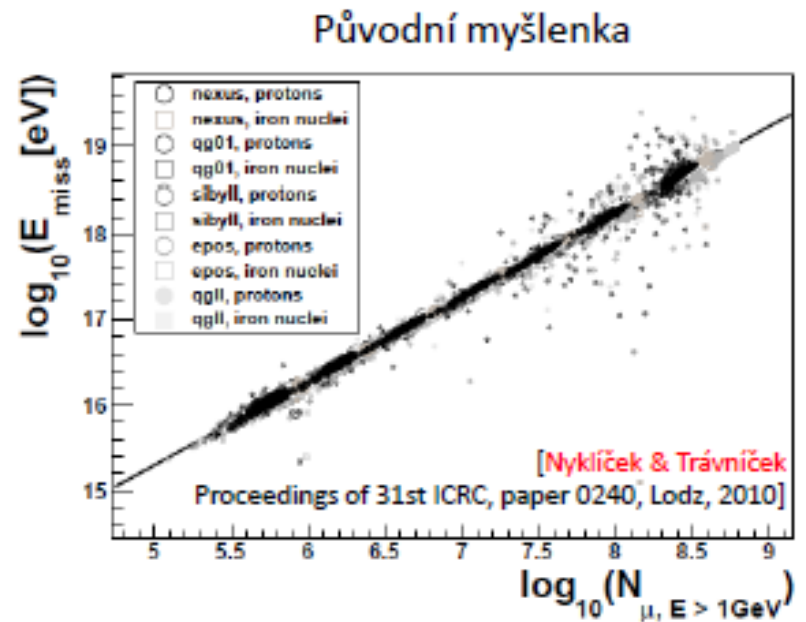
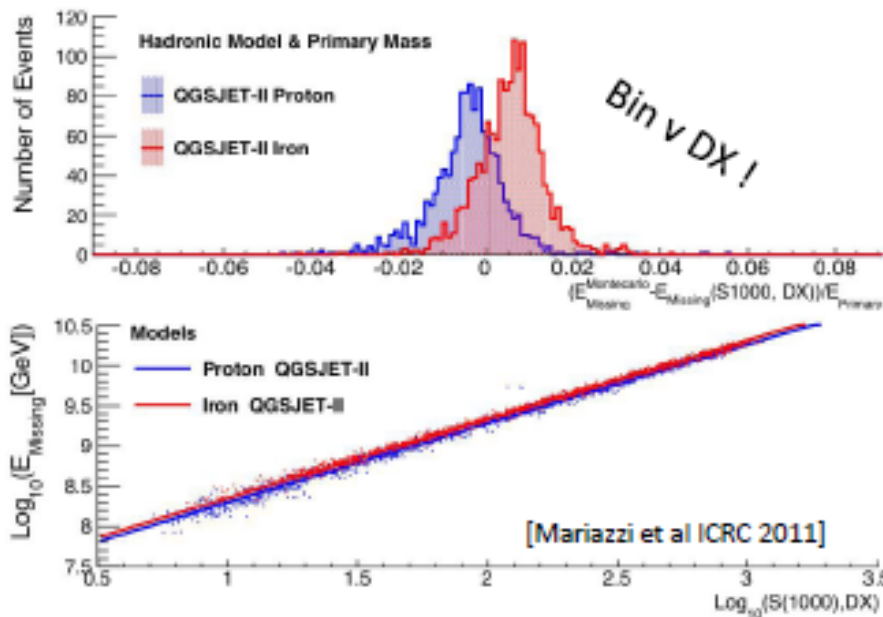
FD observables

# Složení kosmického záření



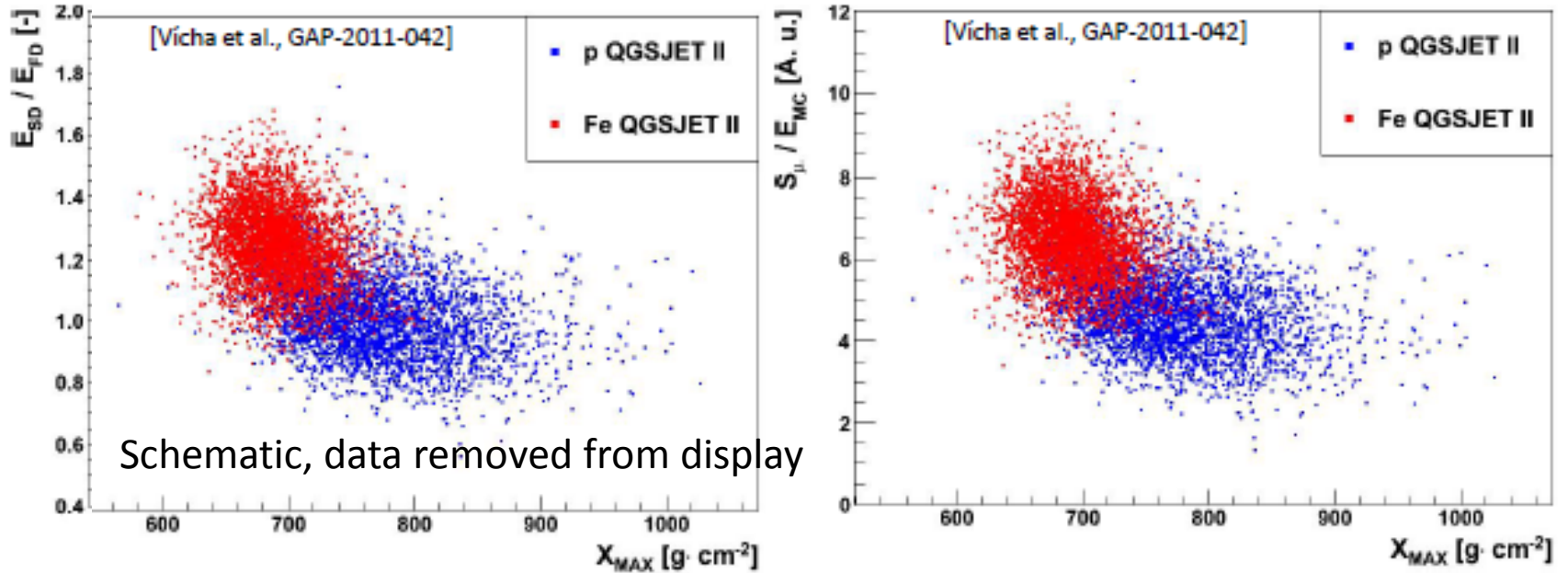
SD observables

# Odstranění závislosti korekce o chybějící energii na složení kosmického záření

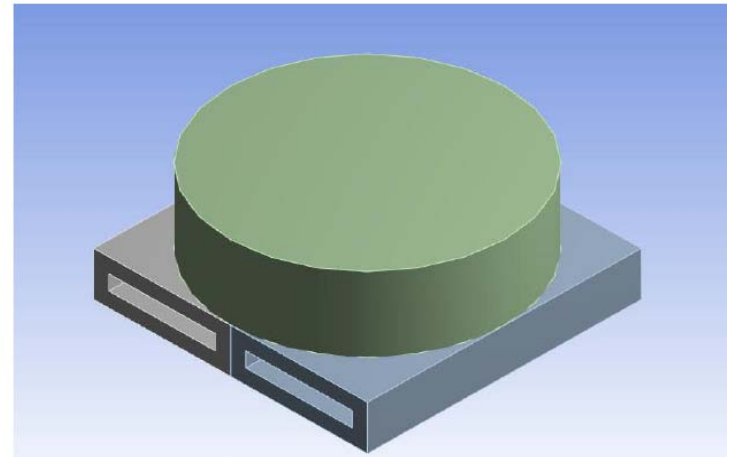
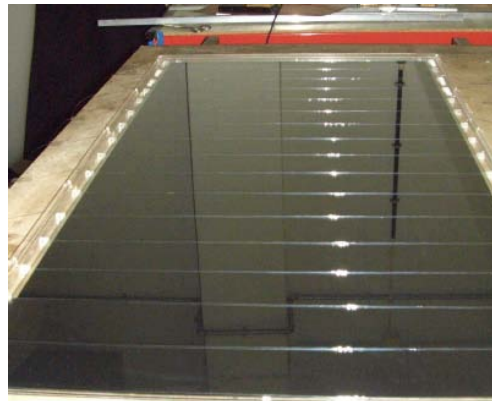


$$E_{FD} = E_{Cal} + E_{miss}$$

# Složení kosmického záření v Praze



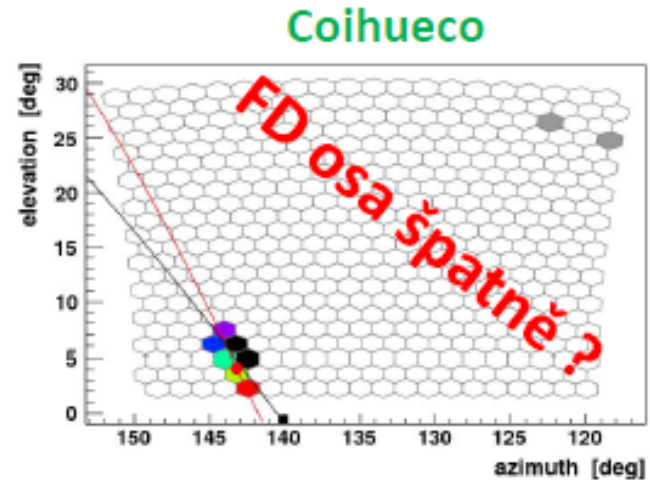
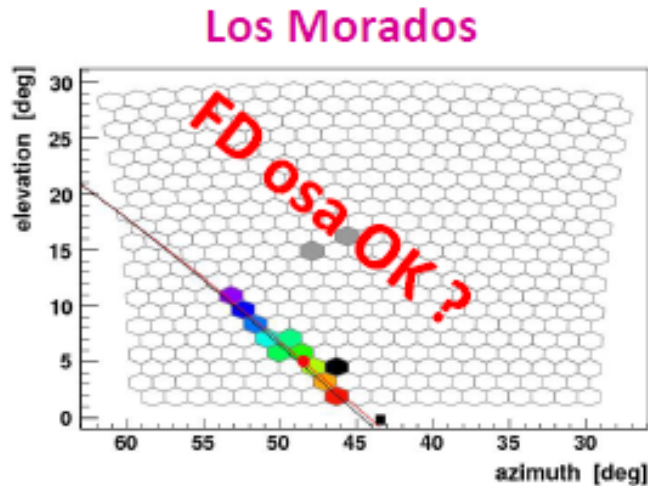
Motivation for MARTA  
Array of RPCs under tanks



# Složení kosmického záření v Praze

Snaha o navýšení statistiky v FD a započítání hůře zrekonstruovaných eventů

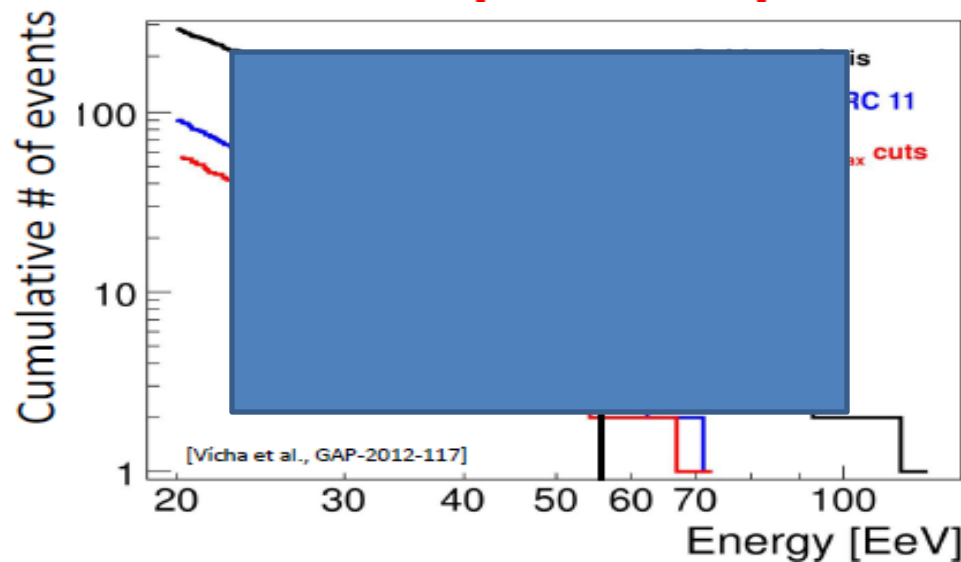
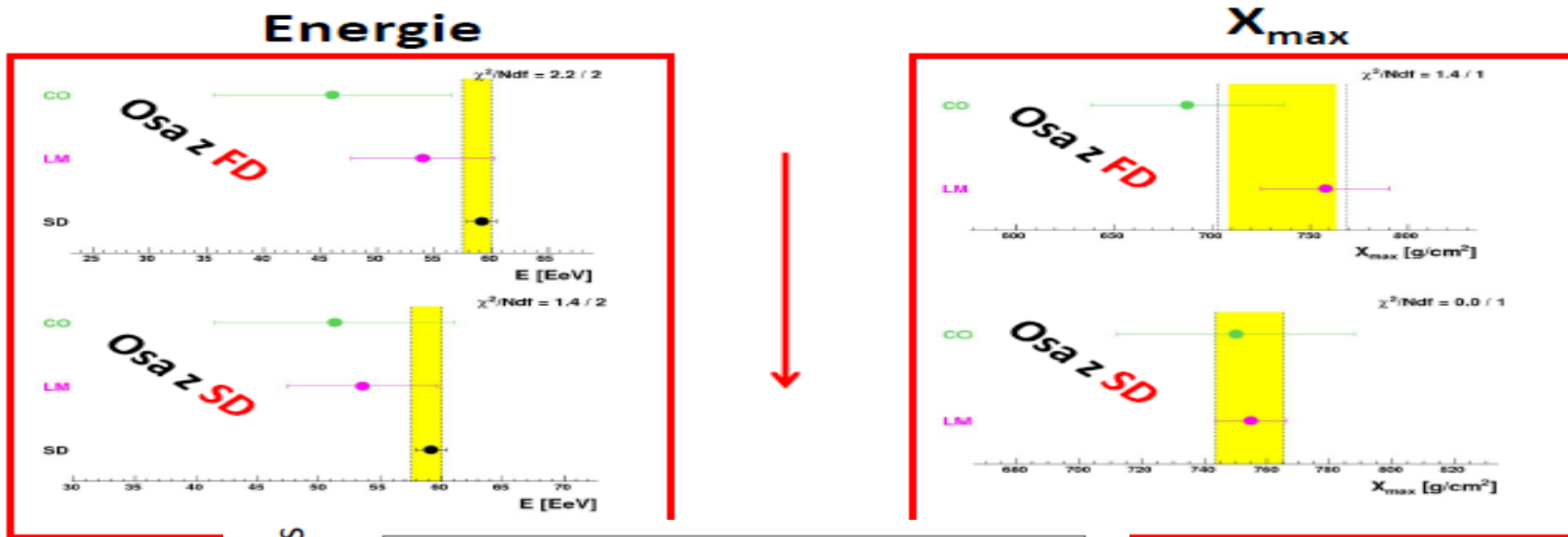
## Příklad použití SD osy v FD



#	Eye	$E_{SD}^{Her}$ [EeV]	$E_{SD}^{Off}$ [EeV]	$E_{FD}$ [EeV]	$\Theta$ [°]	$X_{max}$ [g/cm <sup>2</sup> ]	$\Delta\Phi_{AGN}$ [°]	$\rho$ [%]	$\Delta\Phi_{axis}$ [°]	$\Delta d$ [m]	Sel.
5	LM	71	$59 \pm 1$	$54 \pm 6$	42.8	$758 \pm 33$	6.5	9	0.7	387	✓
5	Co			$46 \pm 10$		$687 \pm 49$		25	9.3	1288	✗

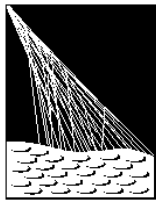


# Složení kosmického záření v Praze



10/10/2012

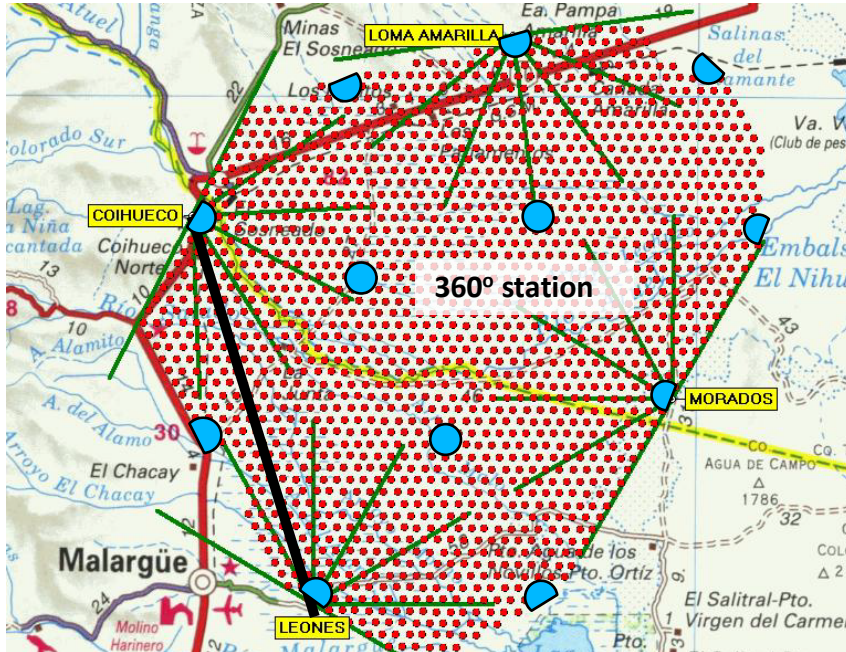
17



PIERRE AUGER OBSERVATORY

# FD Array of Single pixel Telescopes

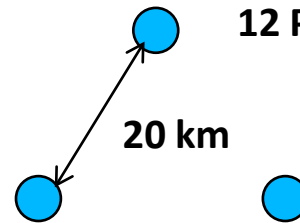
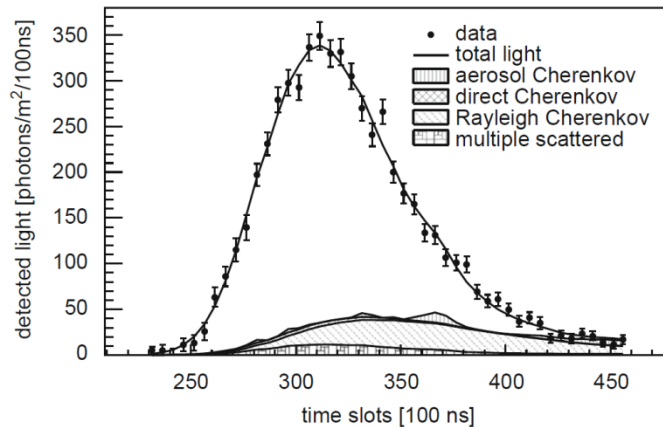
## FAST PODÍLÍME SE NA OPTICKÉM ŘEŠENÍ



Extending the FD array to gain a factor 2-3 on the aperture is feasible (I. Allekote)

12 stations with a total of 114 single pixel telescopes covering the Auger site 0° to 60° in elevation

Use the time profile measure by the pixel, with geometry from SD (or from multiple FAST stations)



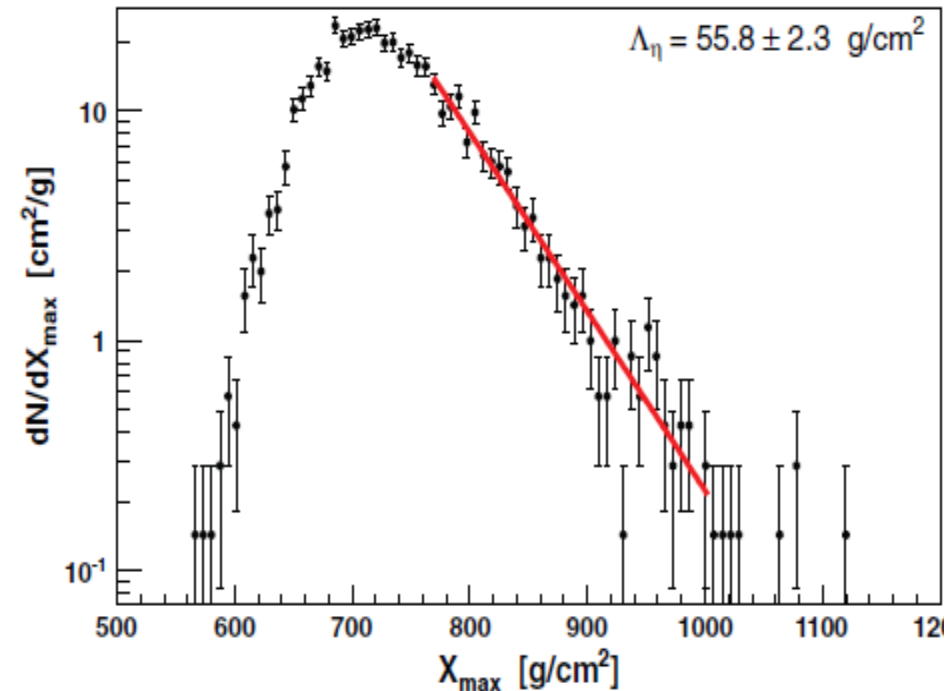
12 PMTs/ 360° station

P. Privitera

Presented at Auger Collaboration meetings and at the CERN Symposium as a low cost approach for a > 40000 km² FD Array

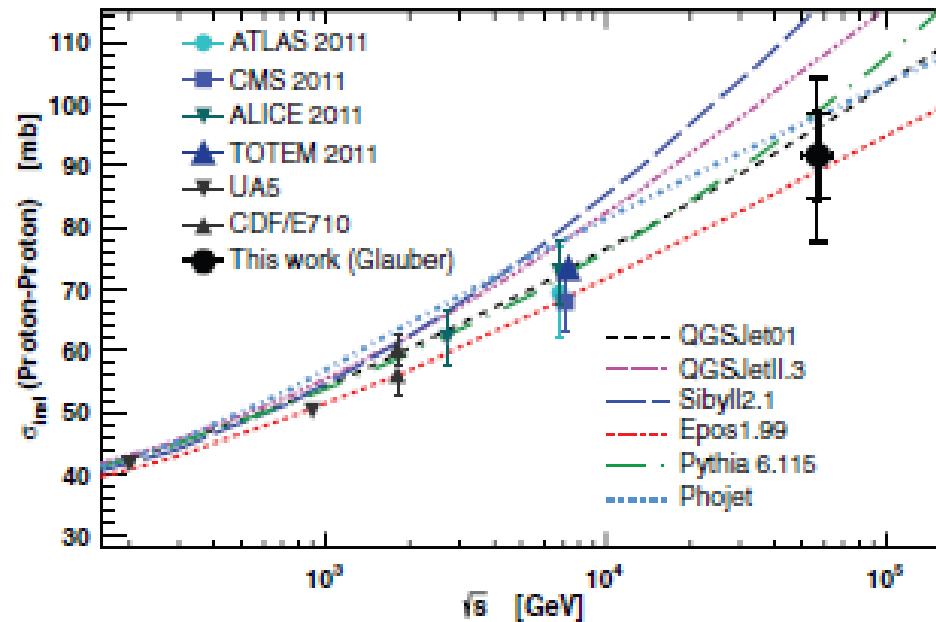
# Hadronické interakce

- Production crosssection proton-air, proton-proton



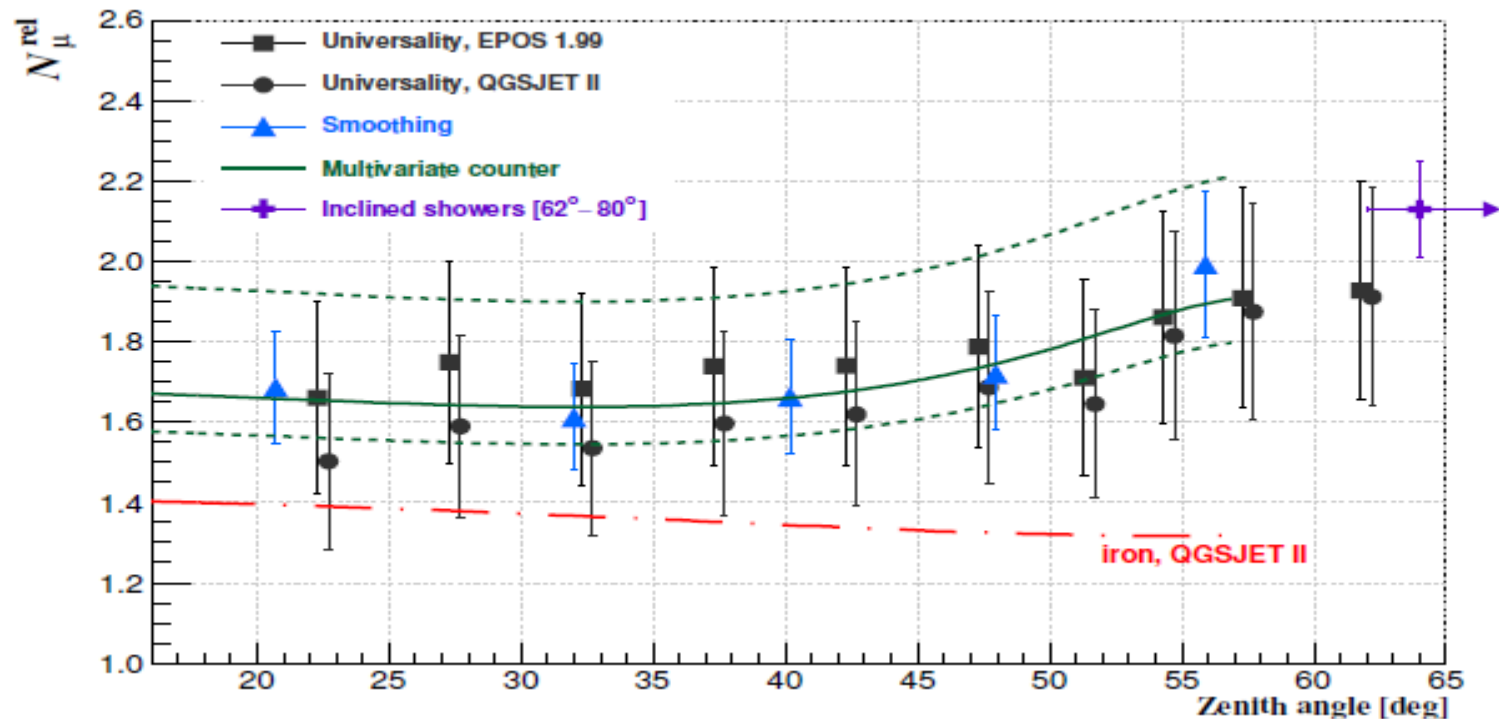
Phys. Rev. Lett. 109, 062002 (2012)

J.Ebr na PIC 2012



# Hadronické interakce

- Počet mionů, mezi simulacemi a daty neseďí

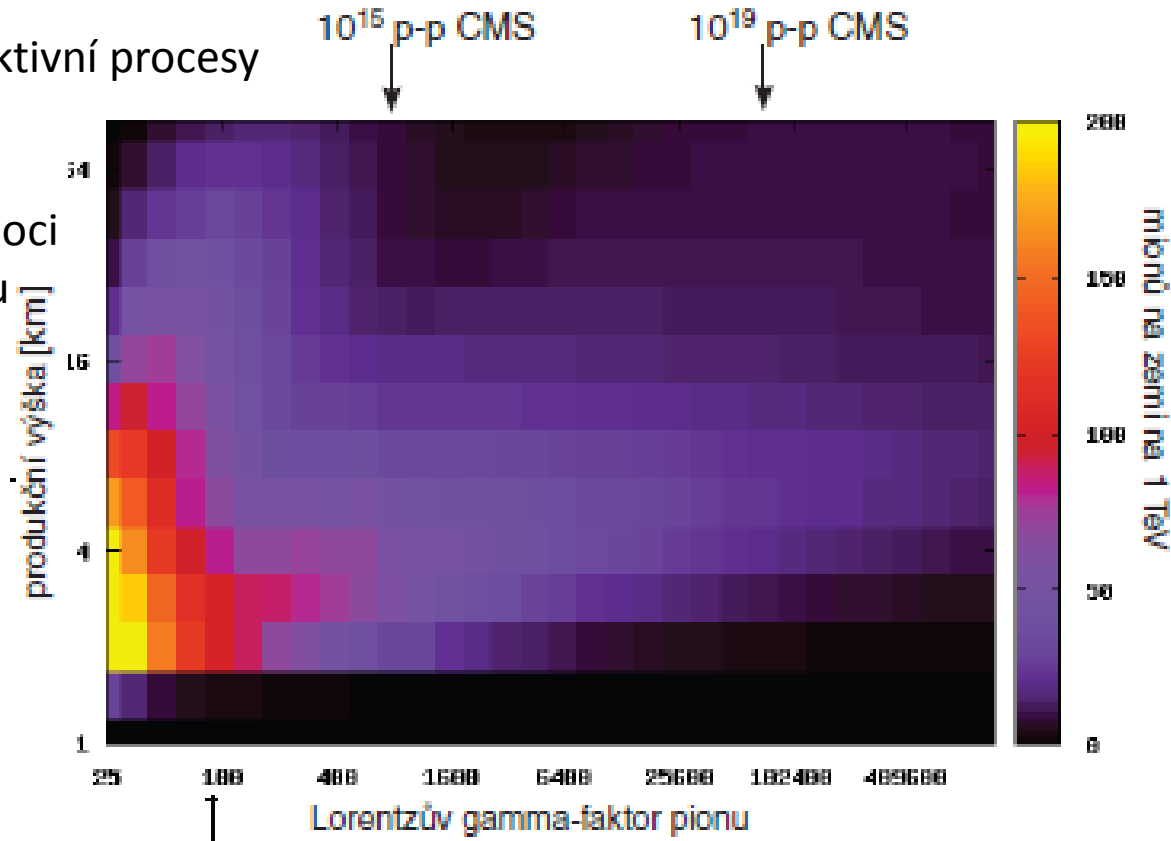


Measurements of the muon shower content at the Pierre Auger Observatory

Alexey Yushkov for the Pierre Auger Collaboration Proceedings for the UHECR 2012 Symposium

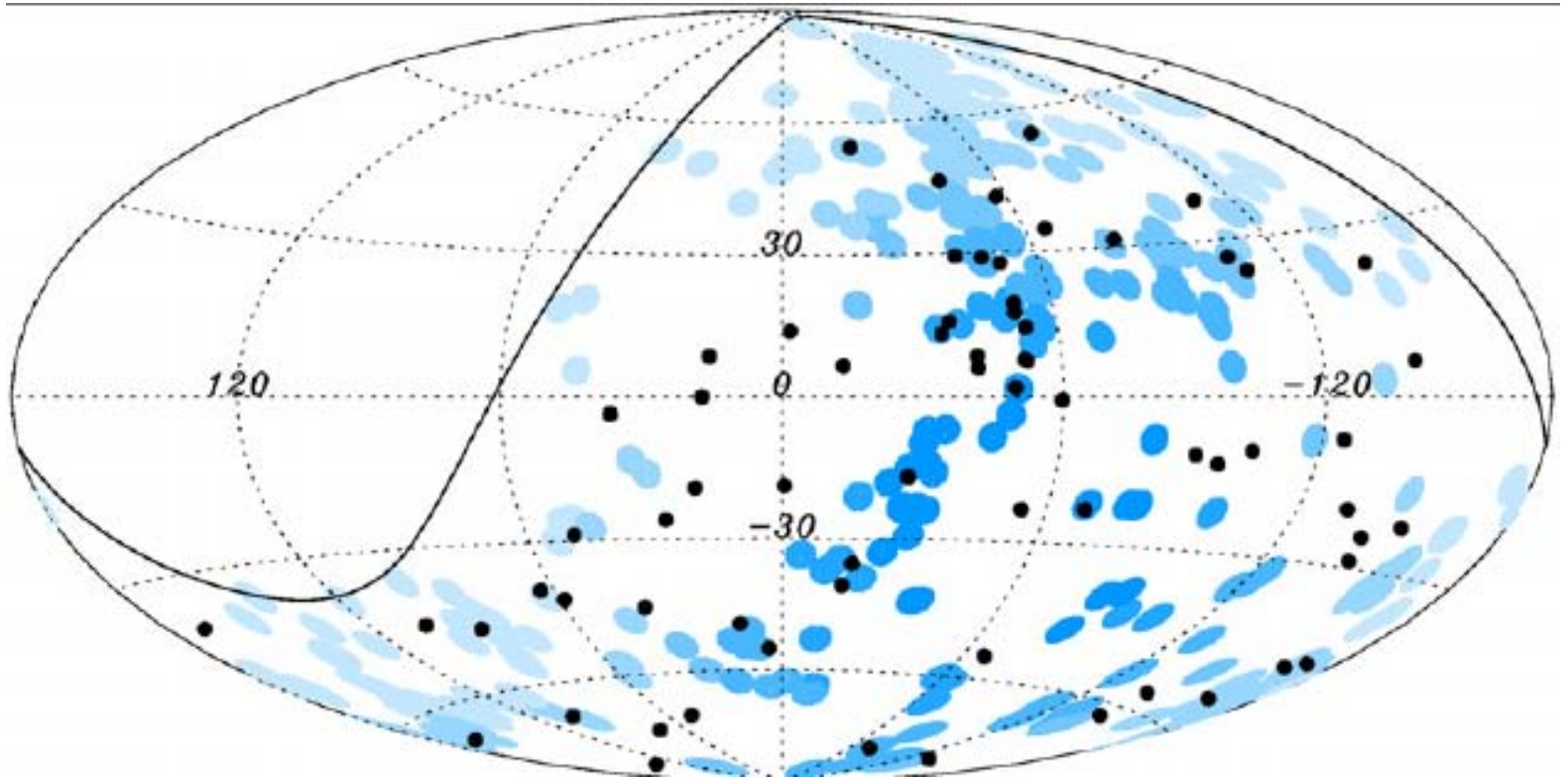
# Hadronické interakce v Praze

- Obecné úvahy, snaha nalézt efektivní procesy tvorby mionů ve sprškách
- Jak nám data z LHC mohou pomoci k pochopení nesrovnalostí v počtu mionů
- Zahrnutí exotických procesů (produkce specifických částic ze sektoru temné hmoty)
- ...



$$\frac{d\sigma}{dx} = \frac{4\alpha^3 x((x-2)x+2)}{E_1} \left[ \frac{Z + Z^2 - Z \ln\left(\frac{1194}{Z^{2/3}}\right) - Z^2 \ln\left(\frac{184}{Z^{1/3}}\right)}{m_\gamma^2(x-1) - m_e^2 x^2} + \frac{(Z + Z^2) \log\left(\frac{m_e x^2}{m_\gamma^2(1-x) + m_e^2 x^2}\right)}{m_\gamma^2(x-1)} \right]$$

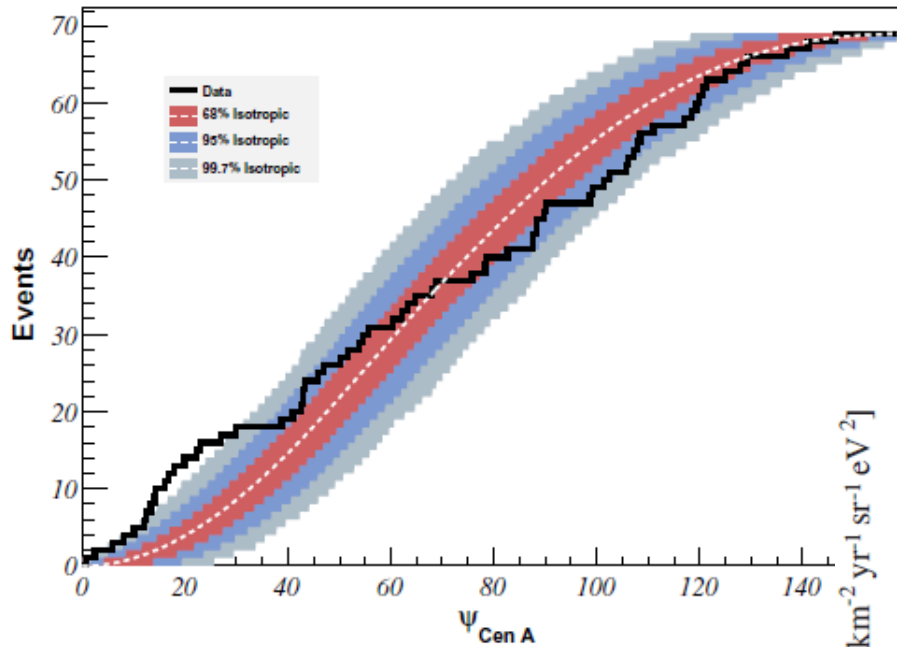
# Anizotropie



Eventy nad 55 EeV, úhlová vzdálenost od CenA

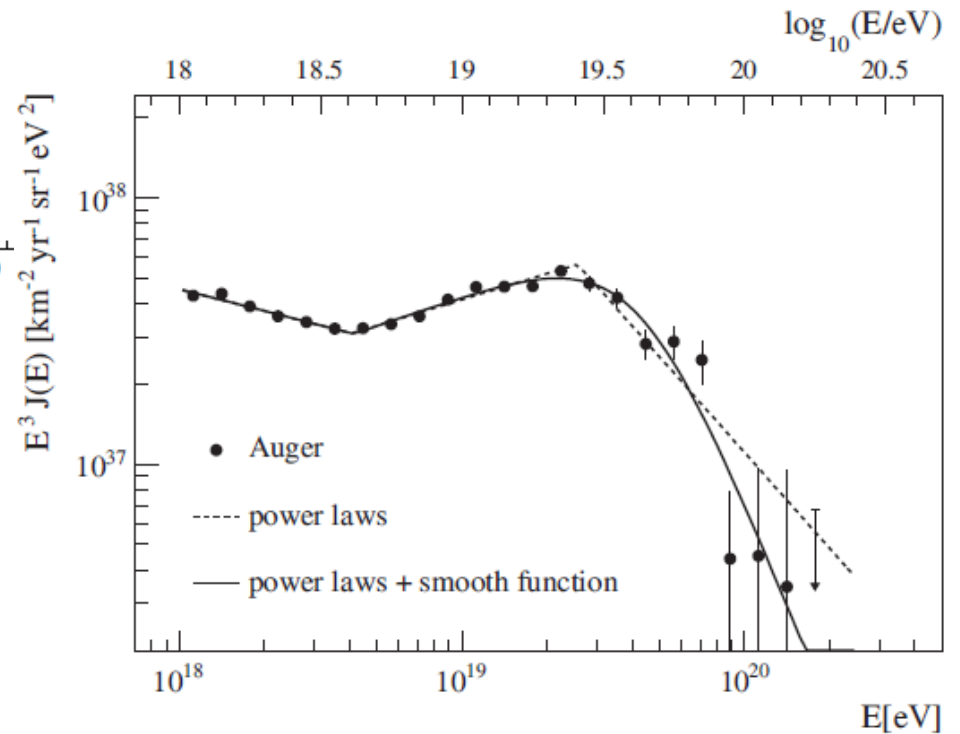
# Anizotropie

Eventy nad 55 EeV, úhlová vzdálenost od CenA



CenA je dlouhodobým tématem D. Noska

Kombinované energetické spektrum



# Cherenkov Telescope Array - CTA

## Galactic Gamma-Ray Sources

Supernova Remnants  
Pulsar Wind Nebulae  
Pulsar Physics  
Star-Formation Regions  
The Galactic Centre  
X-Ray Binaries & Microquasars

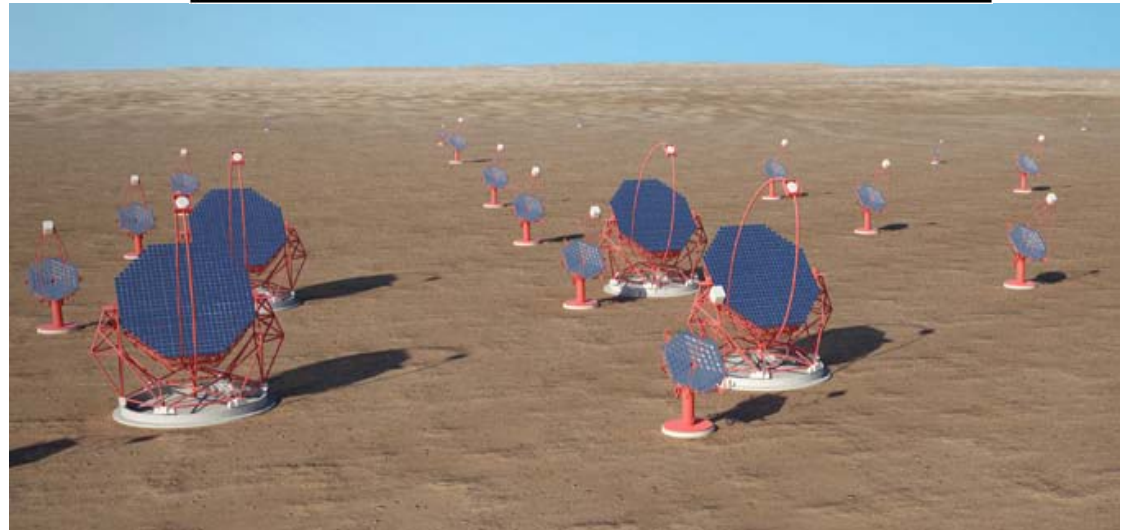
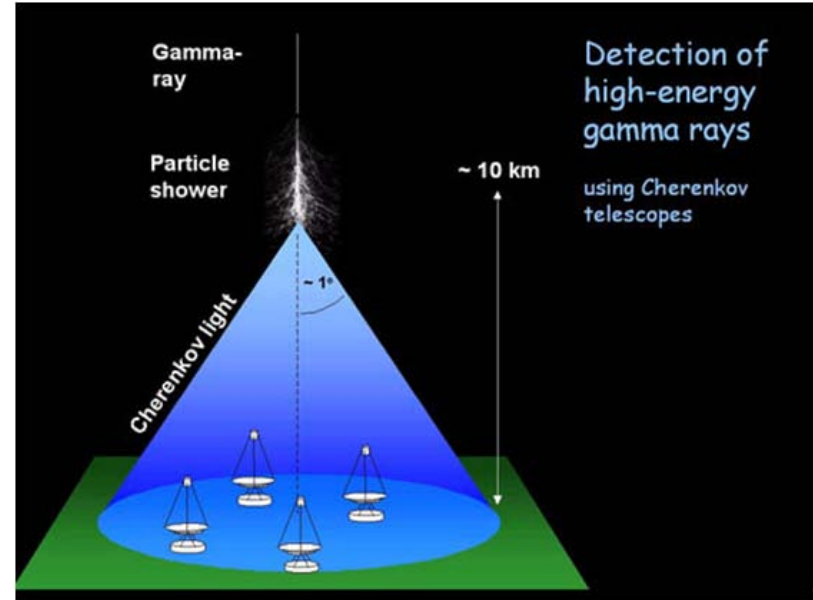
## Extragalactic Gamma-Ray Sources

Active Galactic Nuclei  
Extragalactic Background Light  
Gamma-Ray Bursts  
Galaxy Clusters

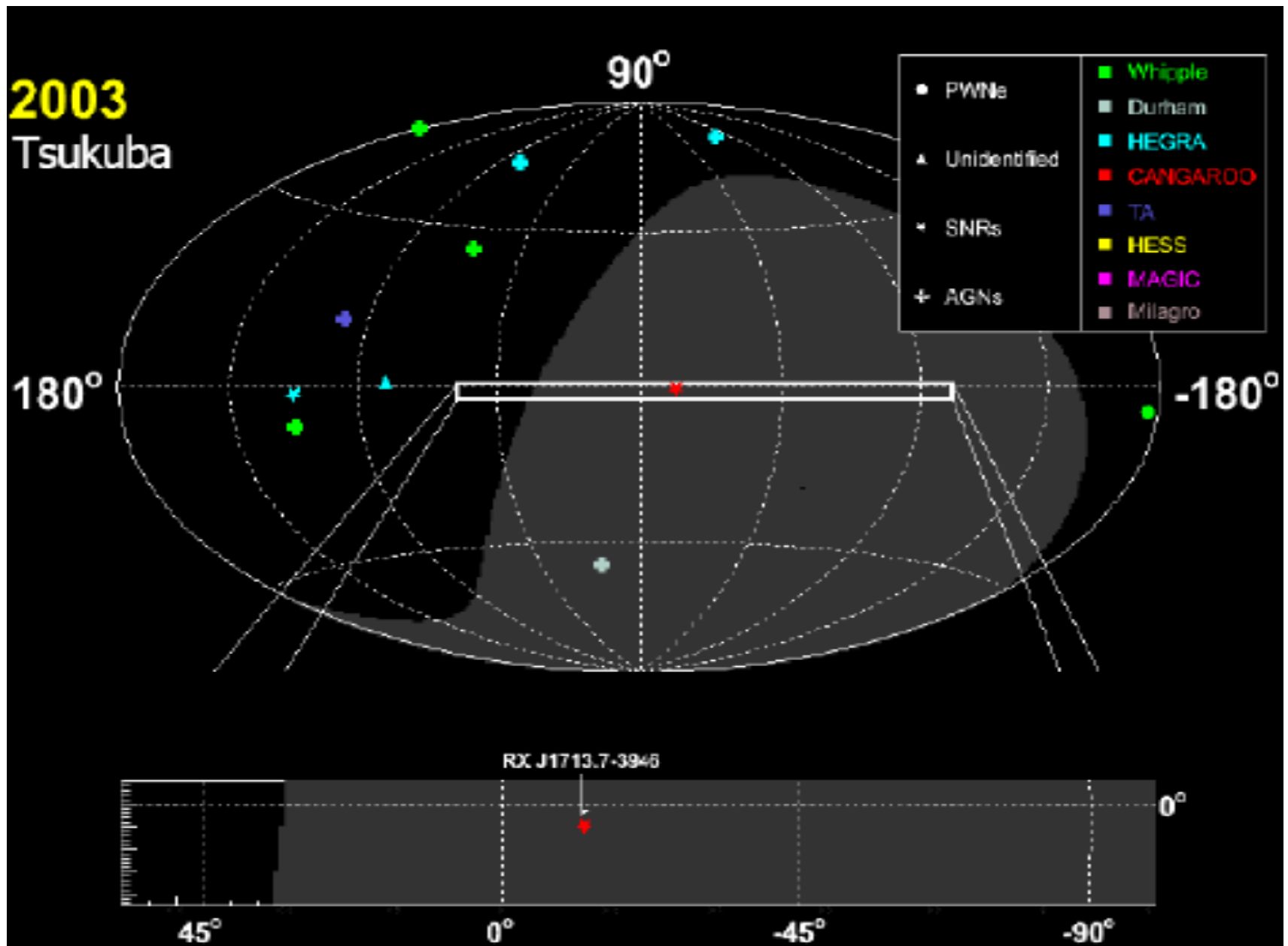
## Fundamental Physics

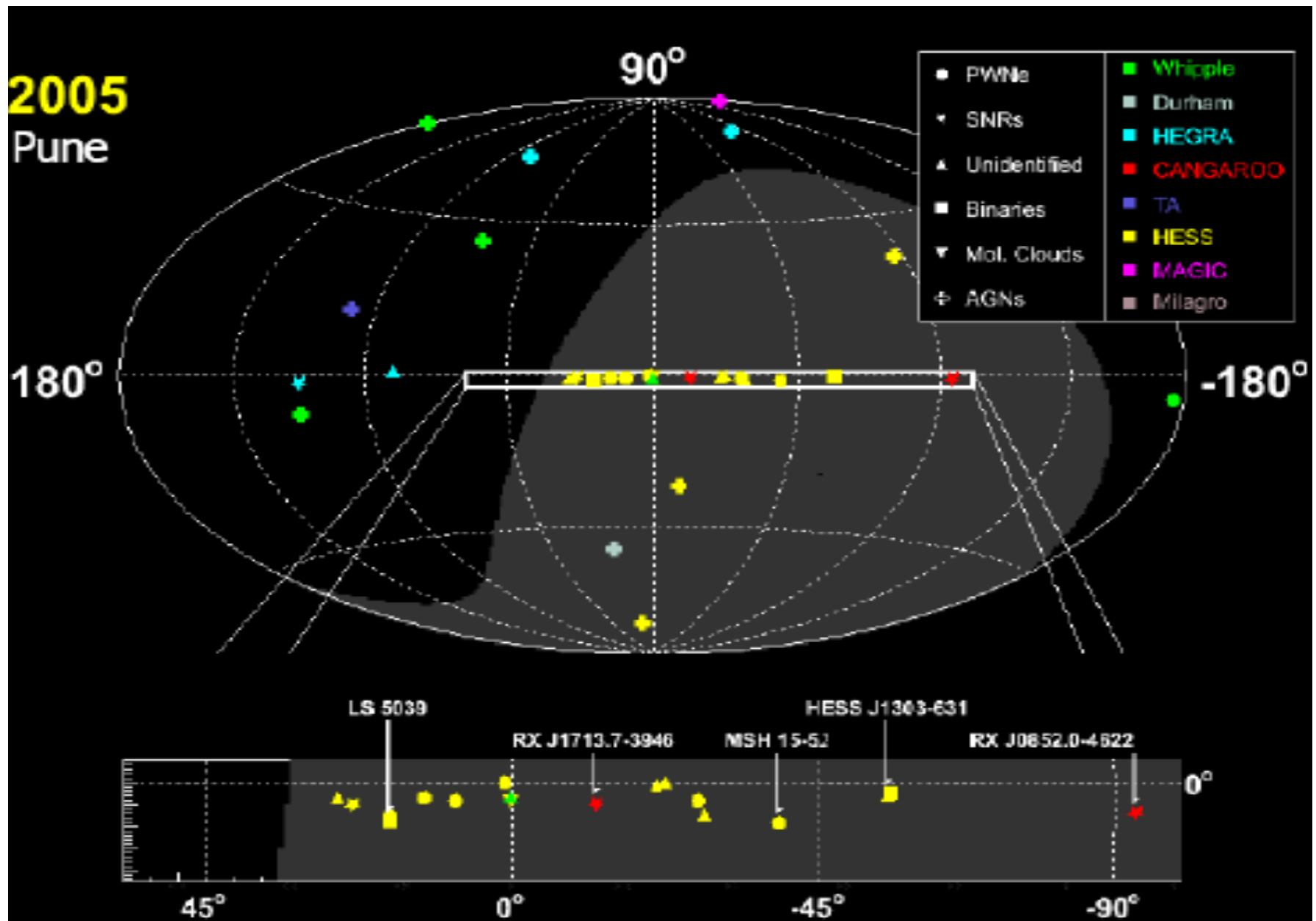
Dark Matter  
Quantum Gravity  
Charged Cosmic Rays

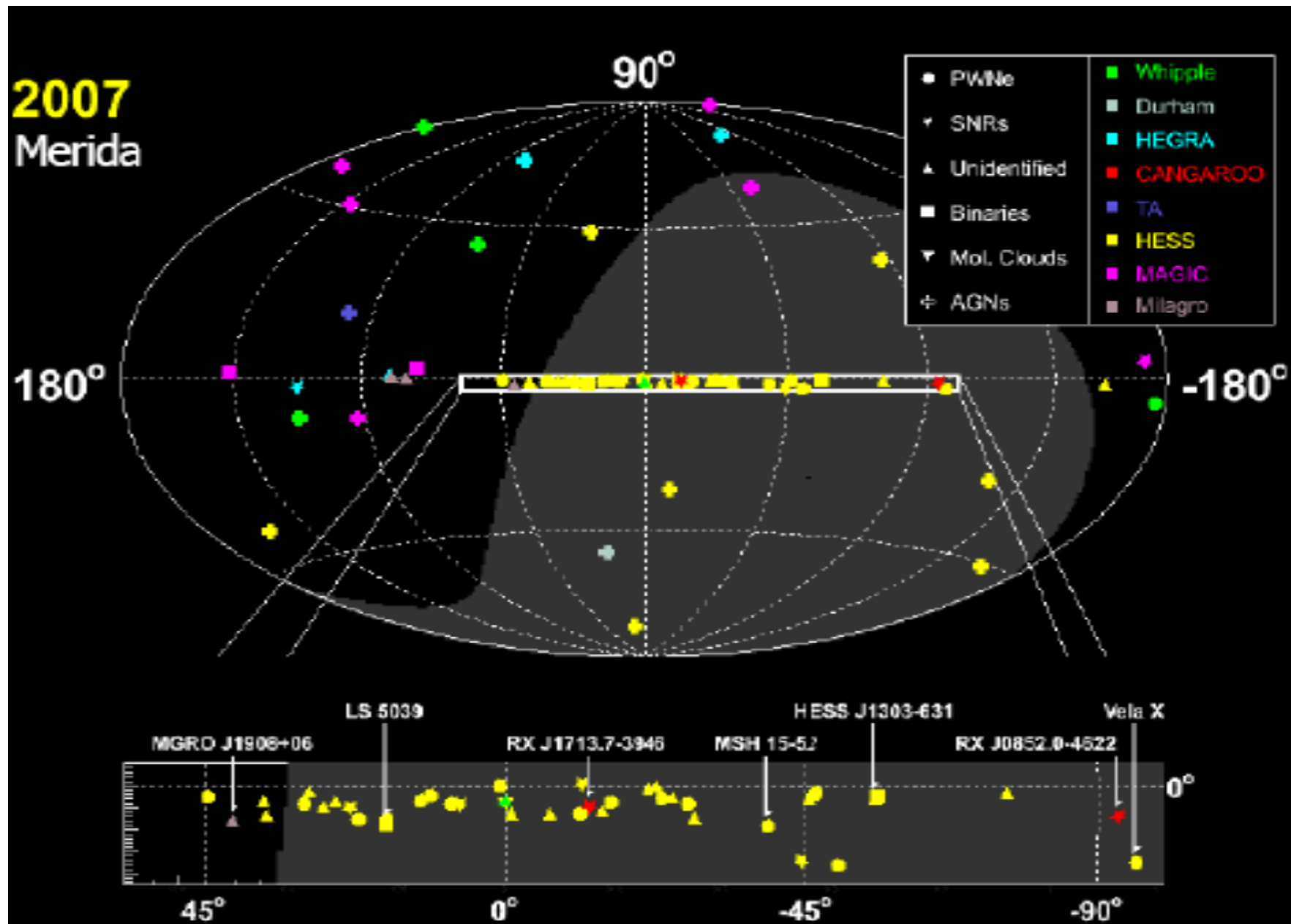
...



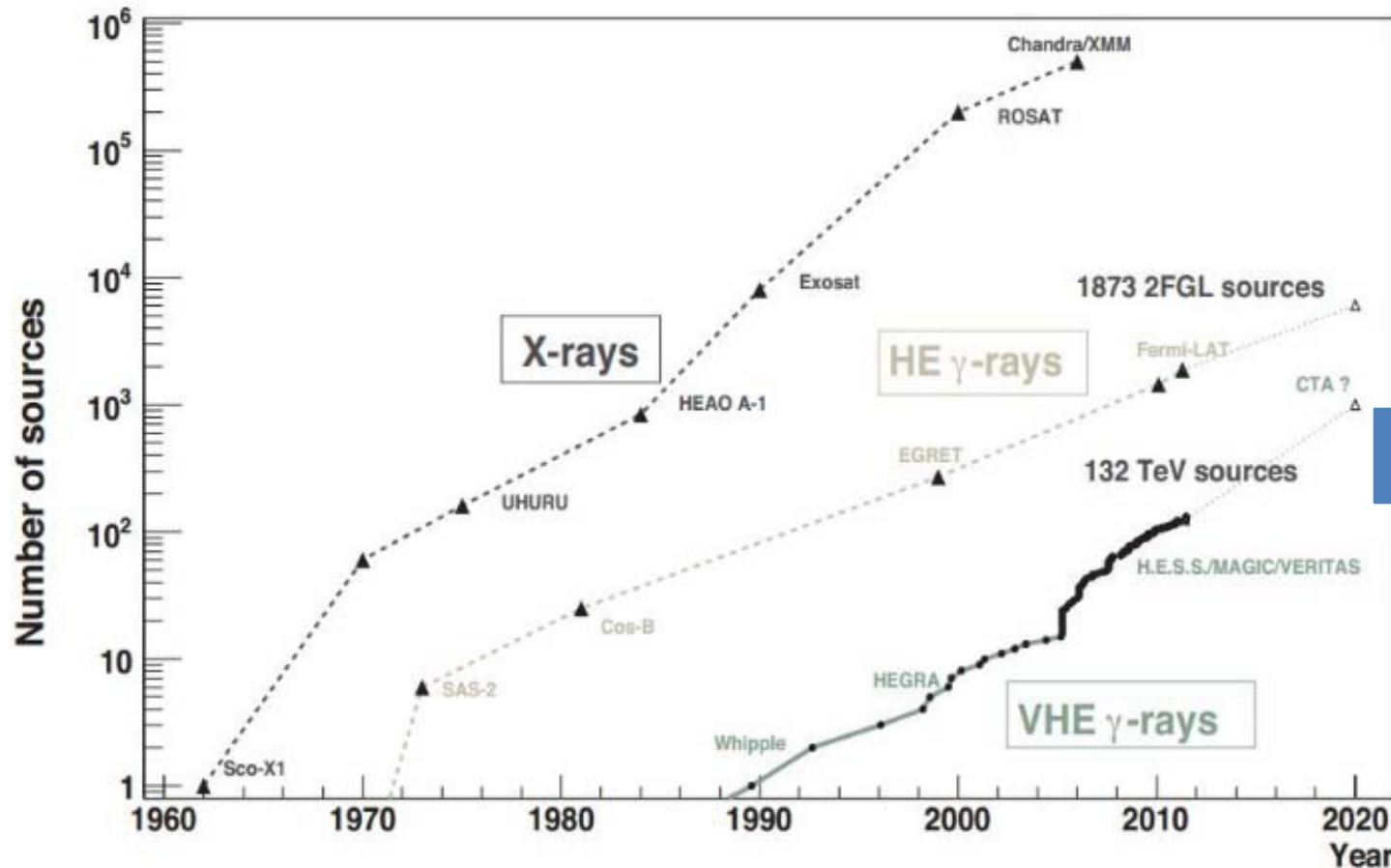








# CTA motivace - Kifune plot

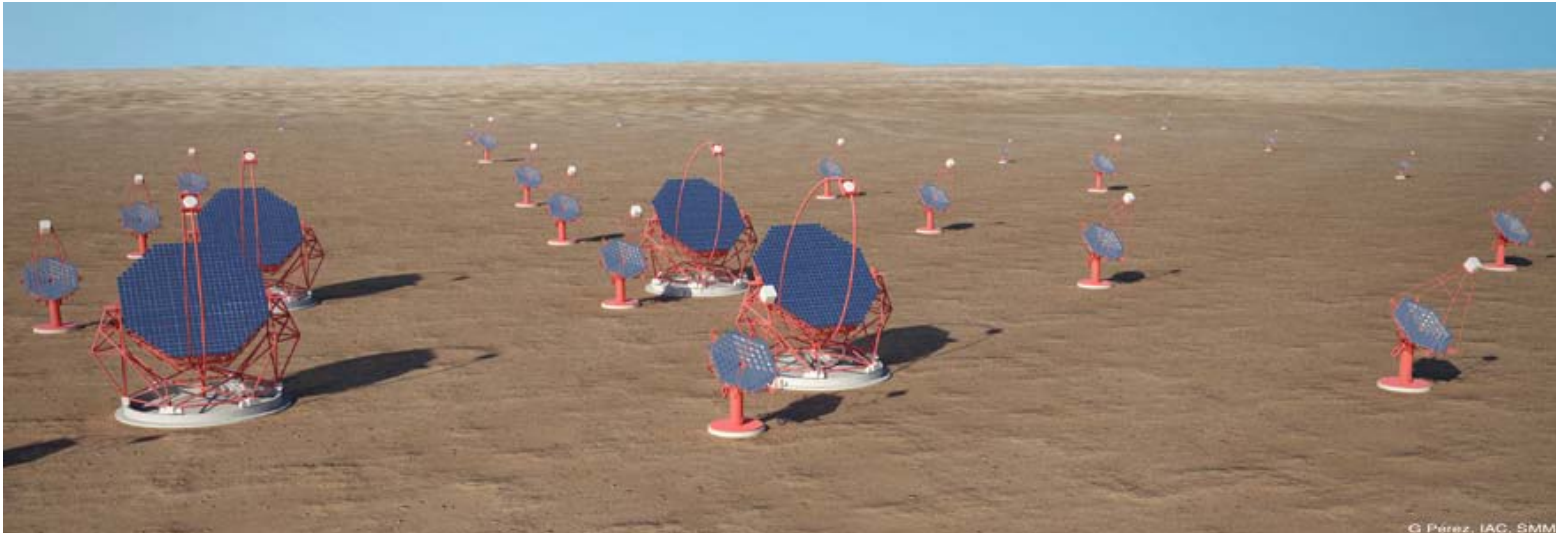


CTA

Nové objevy – překonat citlivost stávajících zařízení o řád v širokém intervalu energií  
Jak toho dosáhnout? Obrovská plocha a různé typy teleskopů tj. CTA !

# CTA

3 typy teleskopů pro pokrytí širokého spektra energií  
LST (ca 4 ks), MST (ca 20ks), SST (ca 50ks)



2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017

Design

Prototyping

Site development

Construction

Science



# CTA

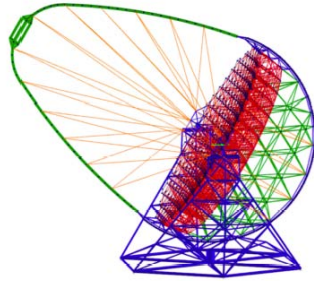


Figure 2: The baseline design for an LST of 23 m diameter, with 4.5° FoV and 2500 pixels of 0.1° diameter.

Large Size Telescope - 23 m diameter, with 4.5 deg FoV and 2500 pixels of 0.1 deg diameter



Figure 3: The baseline design for the 12 m diameter MST of Davies-Cotton type, with 8° FoV and 1500

Medium Size Telescope - 12 m, with 8 degFoV and 1500 pixels of 0.18 deg

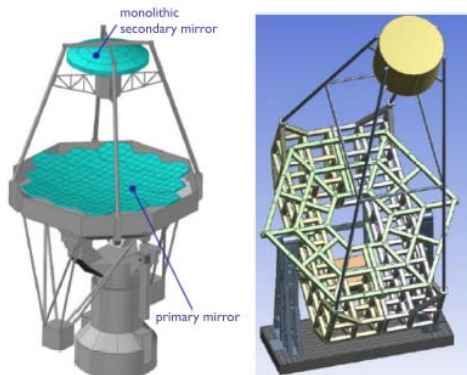
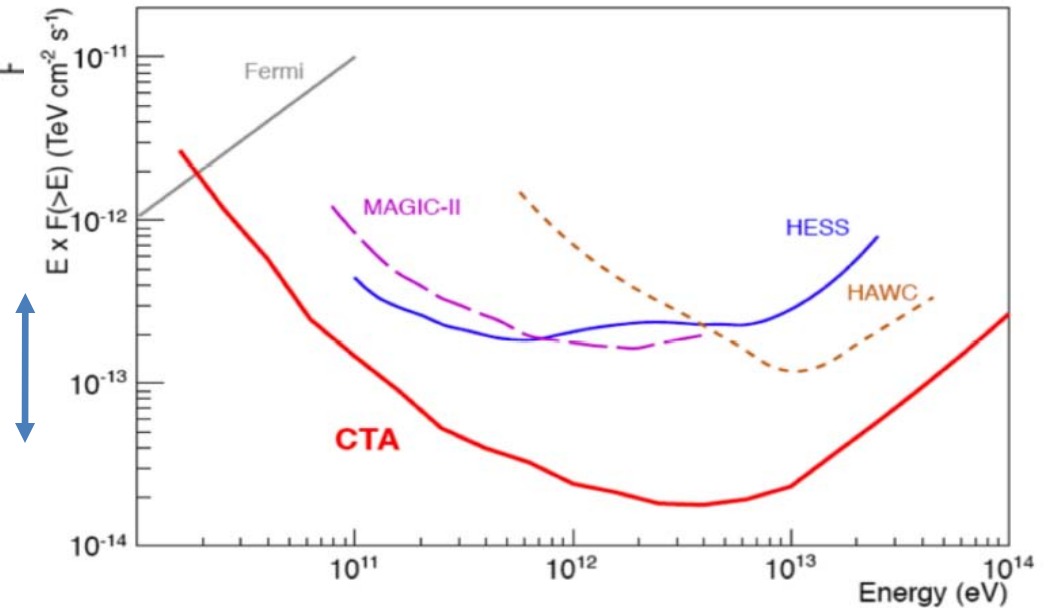
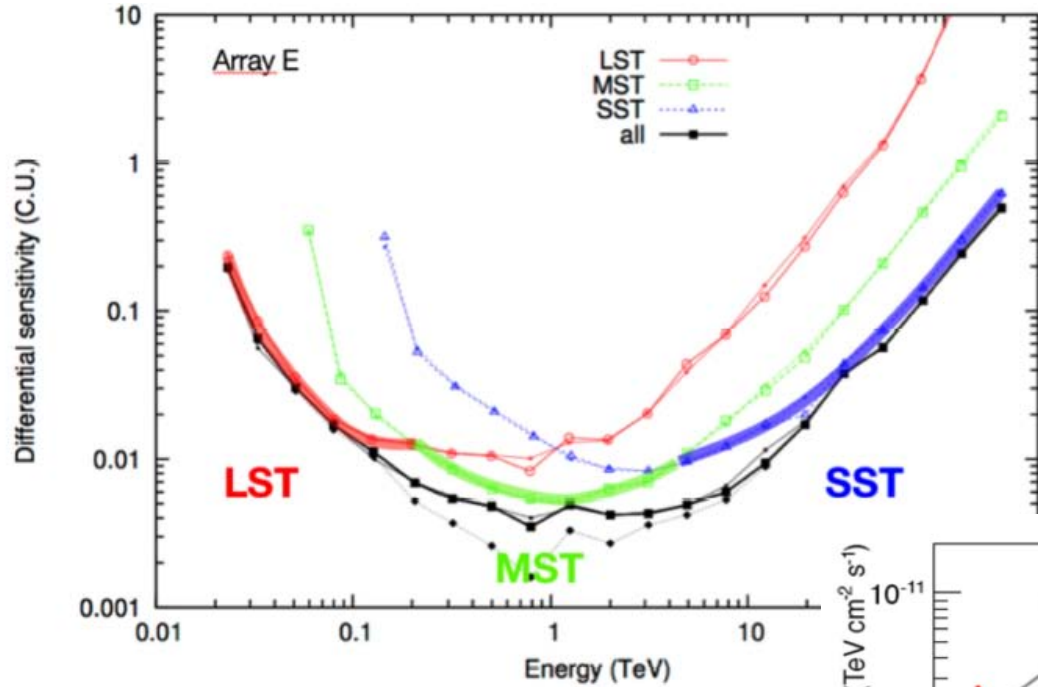


Figure 5: Two possible designs for the SSTs of 4-7 m diameter, with 8-10° FoV and 1500-2000 pixels of 0.2-0.3°. Left: Schwarzschild-Couder dual-mirror optics. Right: Traditional Davies-Cotton design.

Small Size Telescope - 4-7 m diameter, with 8-10 deg FoV and 1500-2000 pixels of 0.2-0.3 deg

# CTA - citlivost



ca jeden řád v citlivosti



# CTA



> 1000 authors  
178 institutes  
CR:  
Charles University (od počátku),  
Institute of Physics (od prosince 2011)

	Croatia	Rudjer Boskovic Institute	Rudjer Boskovic Institute	<a href="http://www.irb.hr/">http://www.irb.hr/</a>	Bijenicka 54, 10 000 Zagreb, Croatia
	Croatia	University of Rijeka	University of Rijeka, Physics Department	<a href="http://www.phy.uniri.hr">http://www.phy.uniri.hr</a>	Trg braće Mažuranića 10, 51000 Rijeka, Croatia
	Czech Republic	Charles University, Prague	Charles University, Institute of Particle & Nuclear Physics	<a href="http://www.cuni.cz/UKENG-1.html">http://www.cuni.cz/UKENG-1.html</a>	V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, Czech Republic
	Czech Republic	Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic	Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic	<a href="http://www.fzu.cz">www.fzu.cz</a>	Na Slovance 1999/2, 182 21 Praha 8, Czech Republic
	Finland	Aalto University	Aalto University	<a href="http://www.aalto.fi/EN/">http://www.aalto.fi/EN/</a>	Otakaari 1, 00076 Aalto, Finland
	Finland	University of Helsinki	University of Helsinki	<a href="http://www.helsinki.fi">http://www.helsinki.fi</a>	Jyrängöntie 2, 00014, Helsinki, Finland
	Finland	University of Oulu	University of Oulu	<a href="http://www.oulu.fi/english/">http://www.oulu.fi/english/</a>	Pentti Kaiteran Katu 1, 90570 Oulu, Finland
	Finland	University of Turku/Tuorla	Tuorla Observatory, University of Turku	<a href="http://www.physics.utu.fi/en/">http://www.physics.utu.fi/en/</a>	FI-21500 Piikkiö, Finland

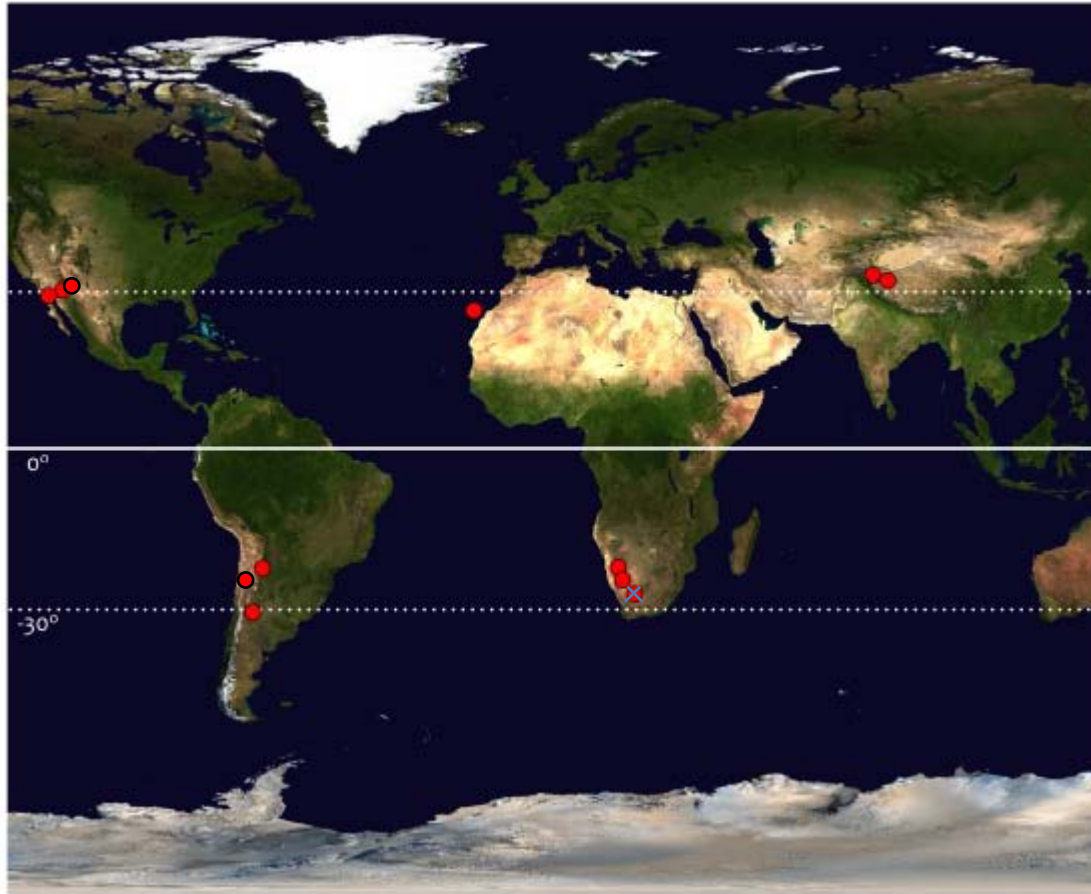




# CTA – naše účast

- SITE selection
  - Satellite images
  - Cloud and background light cameras
- Mirror group
  - Mirror and sample testing
  - Mirror production?

# CTA – SITE selection – naše účast

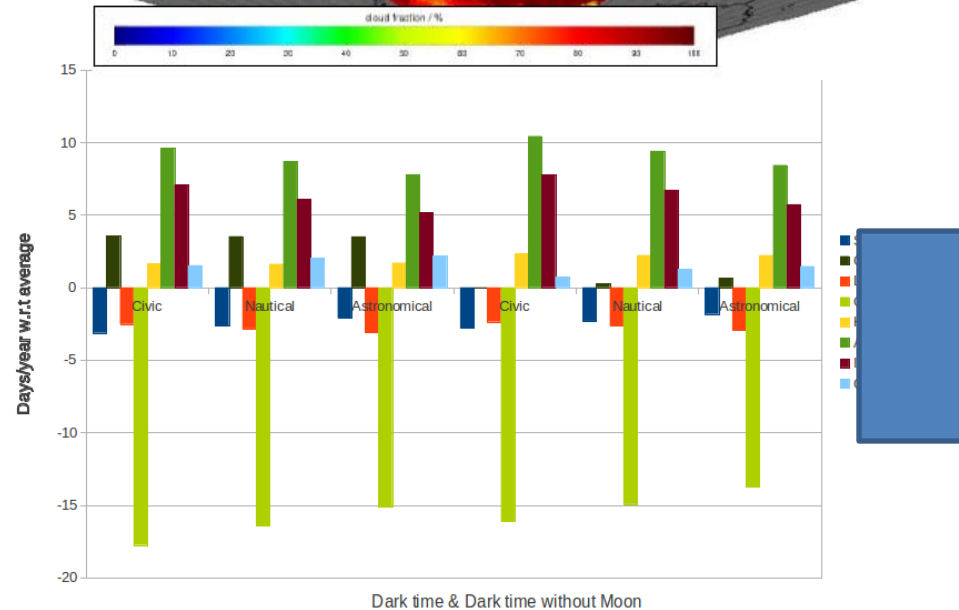
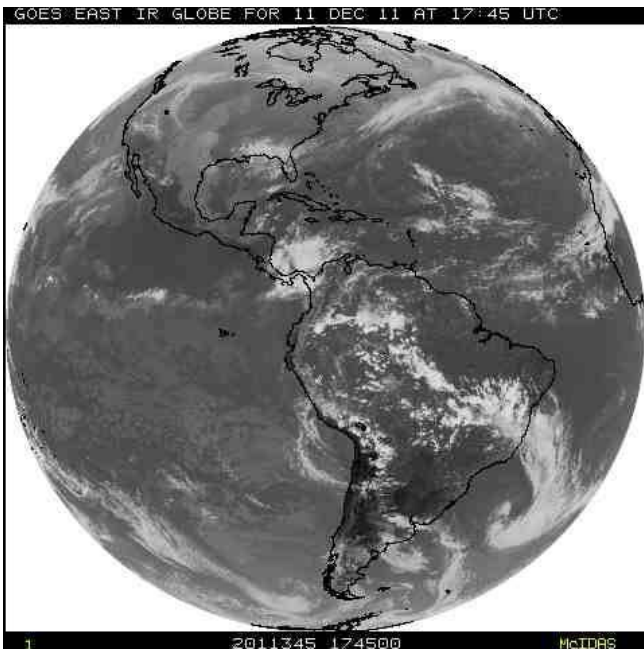
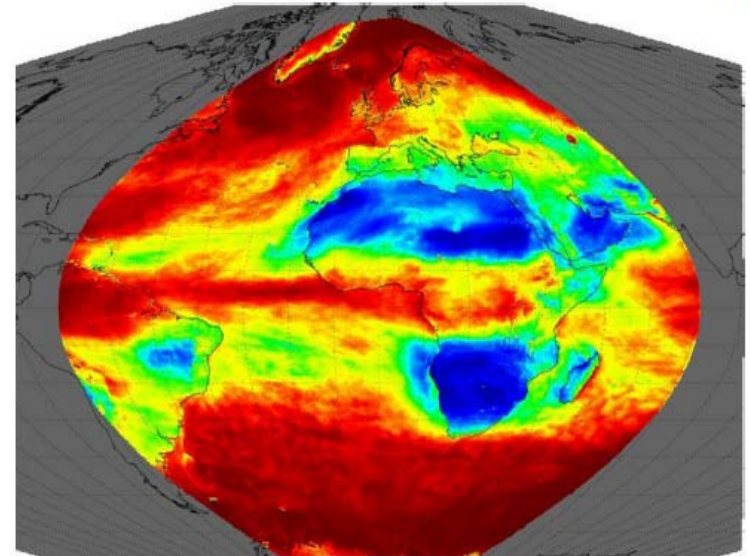


Kandidátská místa

# CTA – SITE selection – naše účast

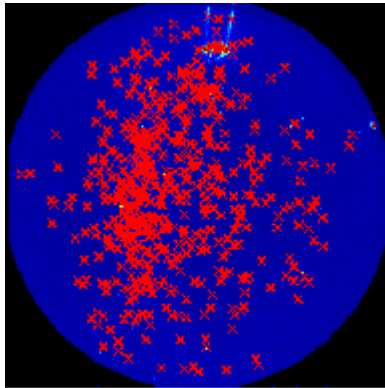
Analýza satelitních snímků (*Michael Prouza*)  
za účelem studia pozorovacích podmínek  
a odhadu množství pozorovacího času

- ✓ METEOSAT
- ✓ GOES

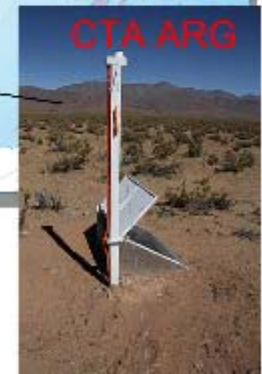


# CTA – SITE selection – naše účast

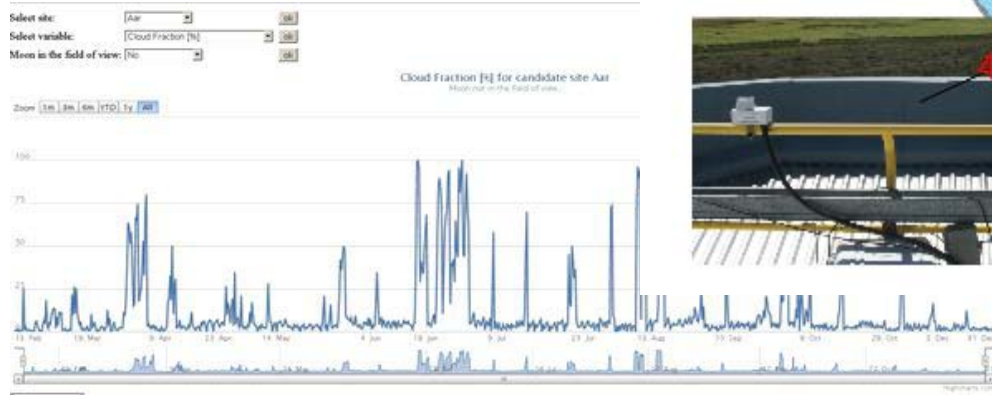
Olomoucké „cloud and background light“ kamery – *Dušan Mandát, Miroslav Pech, Michael Prouza, Jan Ebr*



Detekované hvězdy, pokrytí oblačnosti: 5 %, 990 hvězd



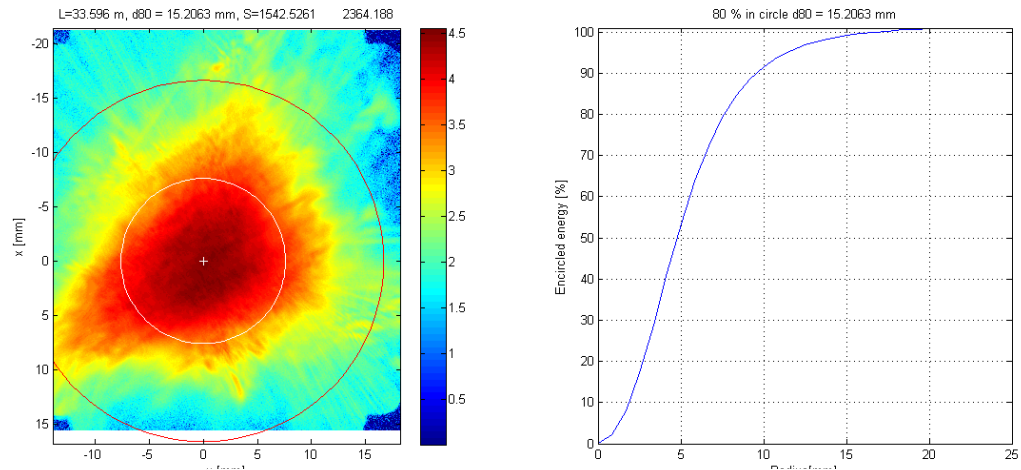
CTA ARG  
11.2012



# CTA – mirror group – naše účast

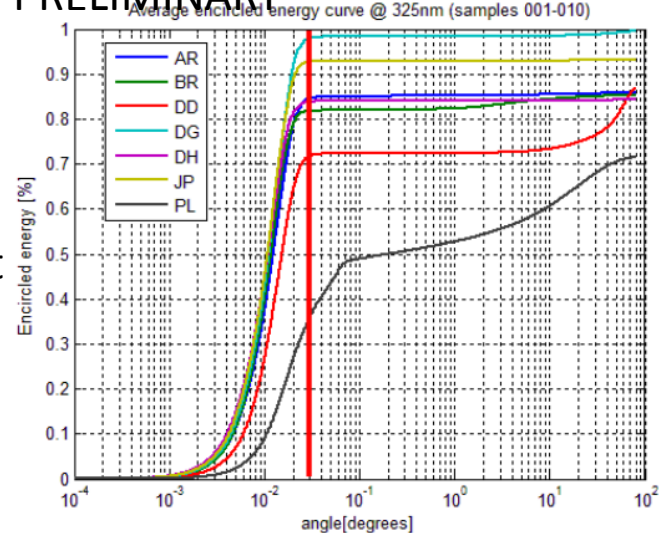
Proměřování prototypů a vzorků v Olomouci – *Dušan Mandát, Miroslav Pech, Petr Schovánek, Petr Trávníček*

Spot sizes



PRELIMINARY

Scatter light measurement  
on CASI



# Large Synoptic Survey Telescope – LSST

- Největší přehlídkový dalekohled světa (dokončení ca 2019)  
(<http://www.lsst.org>)
- FZÚ loni přijat jako jedna ze dvou neamerických institucí  
(*Michael Prouza, Petr Kubánek*)

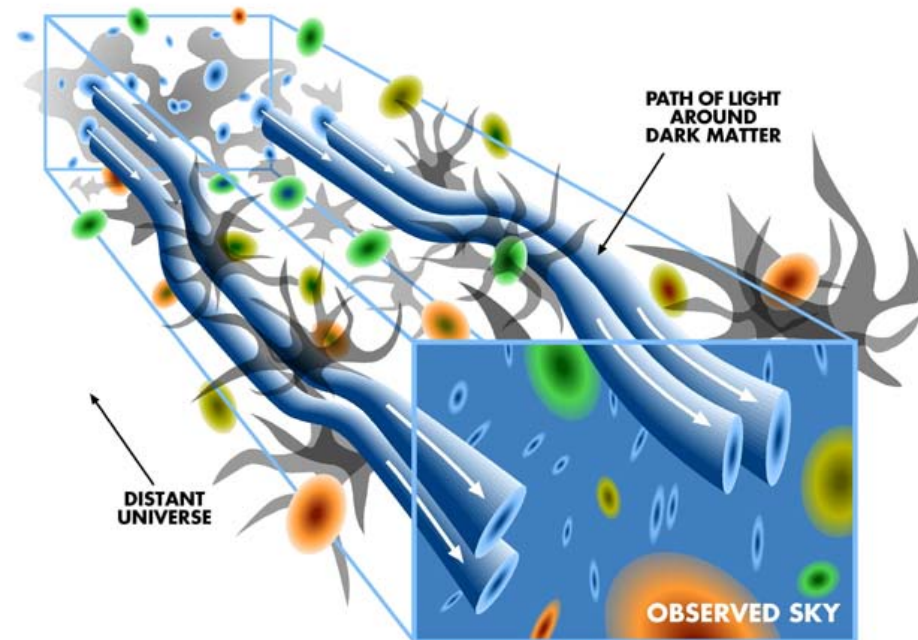
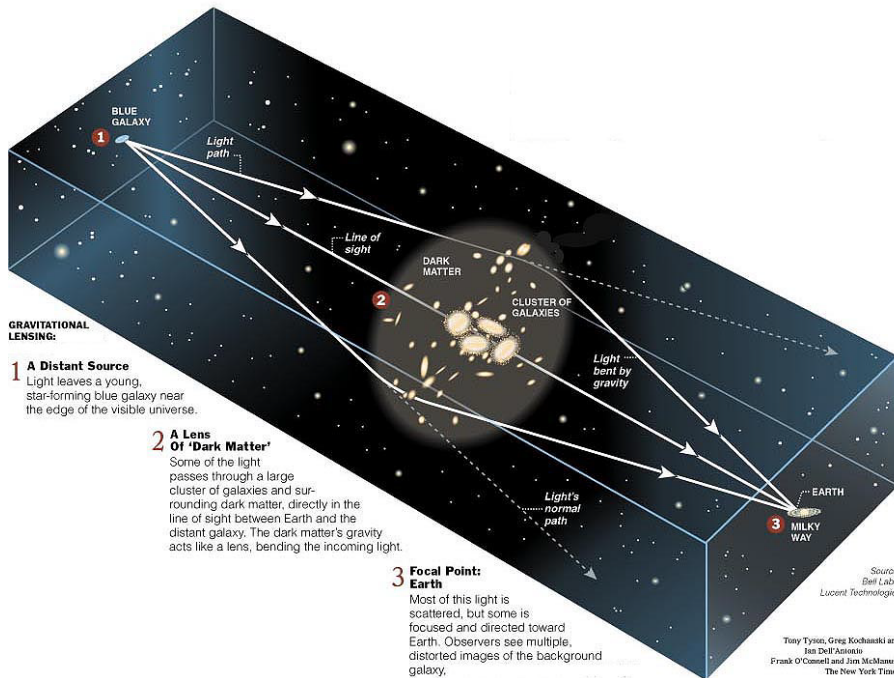
## Science case:

- Galactic Structure
- Solar system (moving objects)
- Dark energy, Dark matter (distinguish between cosmological models)



# LSST to address cosmology

- Weak and strong gravitational lensing
- Dark matter tomography as a function of redshift (evolution)

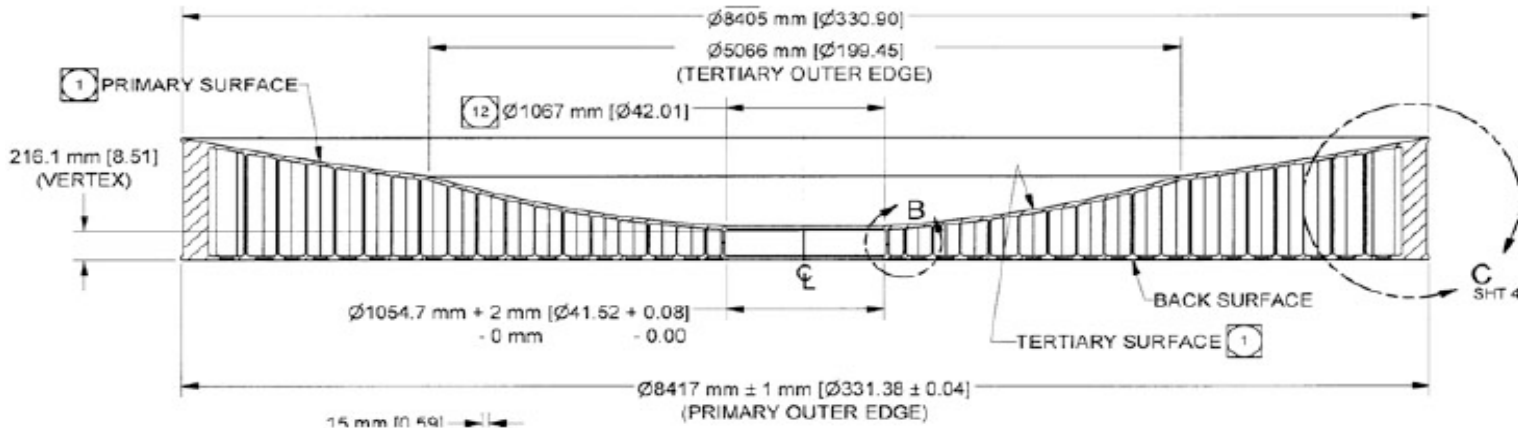
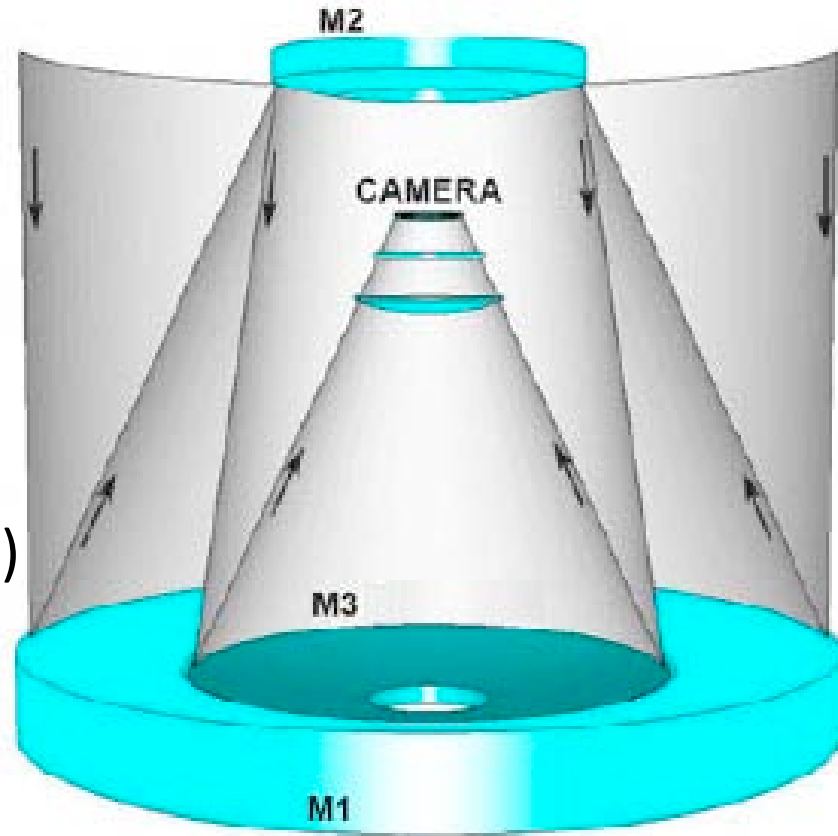


# LSST - optics

9 deg<sup>2</sup> FOV

M1, M3 – monolithic 8m, 5m

M2 - 3.4m (largest concave mirror ever)



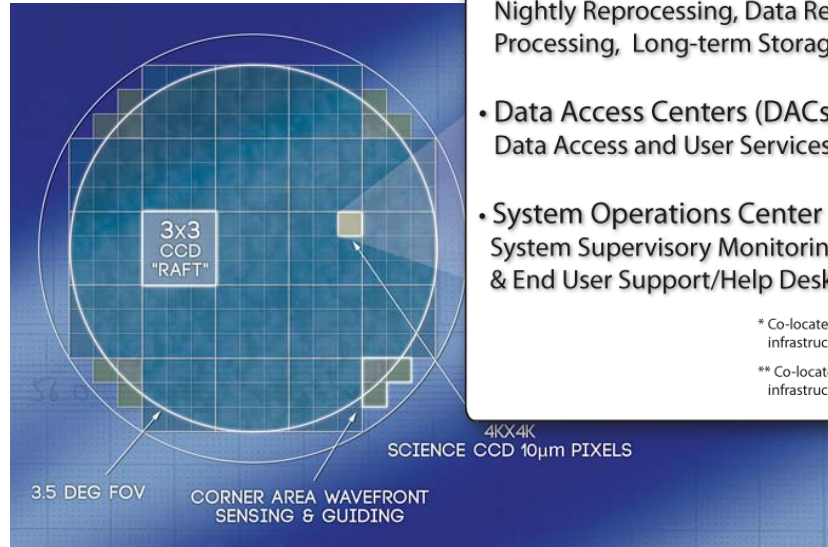
M1+M3



# LSST – camera, data management

~200 16MPix segments with individual readout

~20 TB per night,  
~60 PB for the raw data in 10 years  
~15 PB for the catalog database

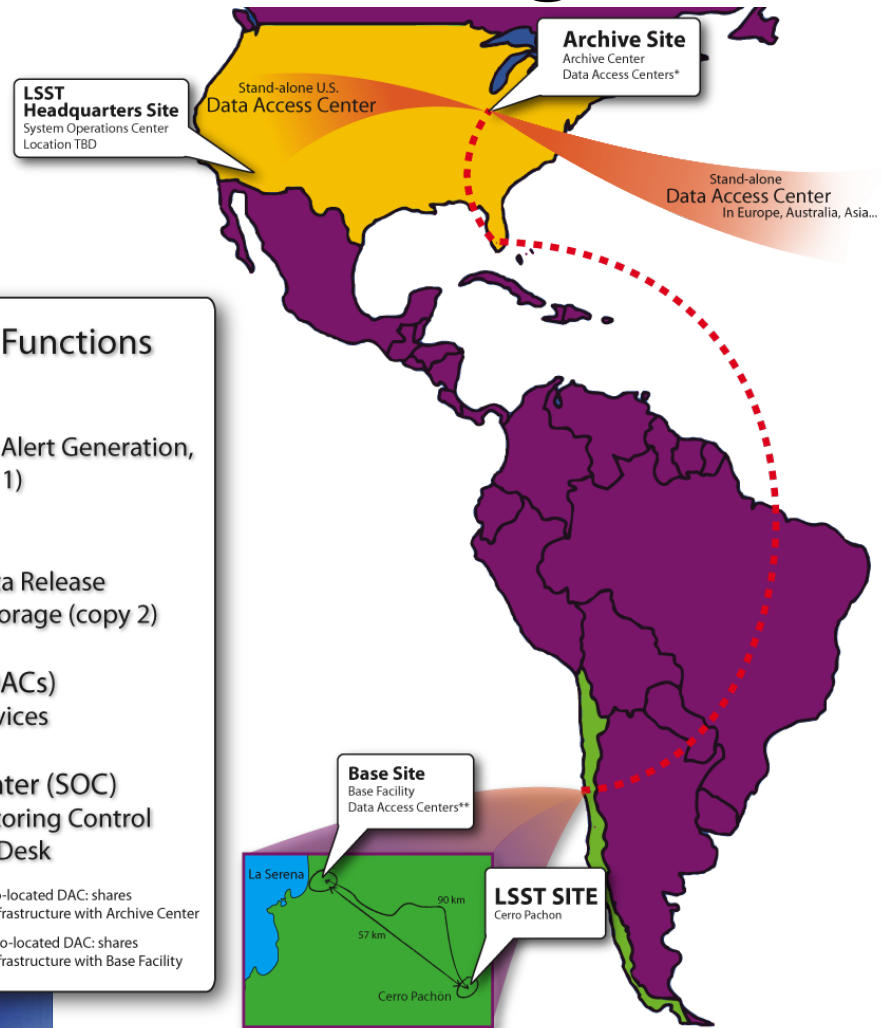


## Site Roles and their Functions

- Base Facility  
Real-time Processing and Alert Generation,  
Long-term storage (copy 1)
- Archive Center  
Nightly Reprocessing, Data Release  
Processing, Long-term Storage (copy 2)
- Data Access Centers (DACs)  
Data Access and User Services
- System Operations Center (SOC)  
System Supervisory Monitoring Control  
& End User Support/Help Desk

\* Co-located DAC: shares infrastructure with Archive Center

\*\* Co-located DAC: shares infrastructure with Base Facility



# LSST – FZÚ se podílí na testování CCD senzorů pro kameru

RTS2 by Petr Kubánek ovládá testovací setup, (controller, sběr dat, pohyb na optické lavici, apod.), Brookhaven

Ve FZÚ komponenty na sestavení „kontroleru“, „devarka“ – příprava na testování také přímo u nás

Testování CCD v BNL



# Přednášky LSST

- 4 - 6.2.2013 zástupce ředitele LSST a šéf „kamera teamu“ Steven Kahn v Praze, přednášky o LSST
- 4.2. přednáška na Národní od 17 hod
- 6.2. seminář AÚ MFF , od 10 hod

# Shrnutí

- Observatoř Pierra Augerra jako naše hlavní náplň
  - velmi aktivní účast na jednom z největších běžících projektů astročásticové fyziky
- Na palubě budoucích observatoří
  - CTA, LSST, AUGER-NEXT