



# International Masterclasses on Particle Physics

**Pierre Auger Observatory**

**Time for questions!**

Raul Sarmiento  
[raul@lip.pt](mailto:raul@lip.pt)

February 13, 2023

# Agenda

- Welcome
- Auger in IMC 2023: overview and instructions
- Demonstration of the experimental activity
- Time for questions
- Other organizational matters

# Auger in IMC 2023

## dates and institutes

First edition in the IMC program, congratulations!!

<https://augermasterclasses.lip.pt/>

	Date	Institution	Location
Europe	March 18, 2023	Instituto Superior Técnico	Lisboa, Portugal
		Institute of Space Science	Bucharest, Romania
		Universidade da Madeira	Funchal, Portugal
Europe	March 24, 2023	University Of Minho	Braga, Portugal
		Czech Technical University and Institute of Physics, Czech Academy of Science	Prague, Czech Republic
		Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Napoli	Naples, Italy
		Università del Salento and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Lecce	Lecce, Italy
		Silesian University - Institute of Physics	Opava, Czech Republic
America <u>no event</u>	March 28, 2023		
Europe <u>new date!</u>	April 04, 2023	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Laboratori Nazionali del Gran Sasso	L'Aquila, Italy
		Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Catania Division and Department of Physics and Astronomy "E. Majorana"	Catania, Italy
		Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Milano	Milano, Italy
		University of Constantine	Constantine, Algeria

# Auger in IMC 2023

## suggested timetable

CET time	
10:00 – 10:15	Registration and welcome
10:15 – 10:30	Introduction
10:30 – 11:45	Particle and astroparticle physics
11:45 – 12:15	Coffee break
12:15 – 13:00	Experiments in astroparticle physics
13:00 – 14:00	Lunch
14:00 – 16:00	Data analysis
16:00 – 17:00	Video conference with the Pierre Auger Observatory*
17:00 – 17:15	Farewell

introductory  
talks given by  
local scientists

experimental  
activity by the  
students

### Important notes:

- The joint videoconferences start at 16h00 CET
- The remaining schedule may be adapted locally

# Auger in IMC 2023

## logistics

### Computers room:

- Machines with internet connection required
- Recommended that the software is installed beforehand
- Students work individually (suggested) or in groups of two
- Each group should have the **student activity guide** (printed version is suggested)

### Requirements:

- Windows: Windows 7+
- Mac: MacOS 10.13+
- Linux: Ubuntu 18.04+, centos 7+
- Virtual machines should not be used (very low performance)
- Please test the software beforehand and contact us if needed

# Auger in IMC 2023

## logistics

### Videoconference:

- please test in advance your speakers, micro, camera and projection system
- via a Zoom meeting
- invitations sent to the contact person of each institute a few days in advance
- meetings will be open one hour in advance for prior setting when needed

# Auger in IMC 2023

## materials

<https://augermasterclasses.lip.pt/>

All materials made available at the downloads tab of the webpage:

- **Software**, a single application to download and execute
- **Datasets**
- **Student activity guide** (also translations as made available)
- **Slide suggestions** with summary of the steps of the activity and others

Measurement tab (under construction) describing the measurement and with hyperlinks to further information about the Pierre Auger Observatory

Activities tab with the platform for upload and discussion of the results

# Auger in IMC 2023

## datasets

- The datasets will be indicated to each participating institution a few days in advance
- They will be produced according to the number of participants in each session
- Please write the number of each dataset to be used in the student activity guide (there is an empty field for that), so that the student knows what is the dataset that he/she must download



# Auger in IMC 2023

## student activity guide



MASTERCLASSES INTERNACIONAIS  
Atividade experimental do Observatório Pierre Auger

### // Origem dos raios cósmicos de energia extrema

#### Objetivos:

Reconstruir 50 acontecimentos do Observatório Pierre Auger, selecionar os que contêm informação direcional sobre a sua origem e discutir onde, no Universo, estão a ser produzidos raios cósmicos de energia extrema.

#### Antes de começar:

No visualizador interativo de acontecimentos de Auger:

- Clicar em "Read Events File" e selecionar o ficheiro de dados com a terminação ".augermc"

1



#### Passo 1: Seleção das estações

Identificar as estações do detetor de superfície que fazem parte do acontecimento, selecionando as estações com sinal e removendo as estações com fundo.

- Clicar em "Start Reconstruction" e carregar na estação do acontecimento que tem a maior quantidade de sinal. O tamanho e a cor da estação representam o seu sinal, cujo valor exato pode ser consultado na barra lateral direita. Depois, clicar em "Next Step".

- Selecionar as restantes estações do acontecimento de acordo com os seguintes critérios:

- **distância à estação com maior sinal:** deslocar a barra de distância permite selecionar estações cada vez mais afastadas da estação com maior sinal;
- **tempo de chegada das partículas do chuveiro:** deslocar a barra de tempo permite selecionar estações em que o sinal foi registado com um intervalo de tempo cada vez maior relativamente à estação com maior sinal;
- é também possível adicionar ou remover estações individuais da seleção, através da coluna de seleção de estações da barra lateral direita.

- Após eliminar as estações distantes do acontecimento, assim como as estações próximas que registaram um tempo de chegada das partículas incompatível com o chuveiro, concluir a seleção clicando em "Next Step".

2



#### Passo 3: Reconstrução da energia

Reconstruir a energia do raio cósmico, determinando o perfil e o tamanho do chuveiro à superfície.

- O gráfico apresentado ilustra a distribuição lateral das partículas do chuveiro, em que os pontos representam a quantidade de sinal das estações selecionadas em função da distância das estações à trajetória do raio cósmico que foi reconstruída. **O sinal a 1000 metros de distância é proporcional (após correções) à energia do raio cósmico**, que assim se determina.

- Determinar a função que melhor ajusta o perfil lateral do chuveiro à superfície:

- deslocar a barra dos parâmetros "S1000" e "Beto", de modo a ajustar a função desenhada, tão bem quanto possível, aos pontos experimentais do gráfico;
- a qualidade do ajuste depende da distância entre a função e os pontos experimentais, que é quantificada por " $\chi^2/NDF$ " e se pretende minimizar;
- após ajustar a função aos pontos experimentais, clicar em "End".

- A reconstrução do acontecimento está finalizada, iniciando-se uma animação da chegada do raio cósmico ao observatório com base nas propriedades que foram reconstruídas, indicadas também na barra lateral direita. **Na página seguinte estão os critérios que indicam se este acontecimento é para selecionar ou não.**

4



#### Passo 2: Reconstrução da direção de chegada

Reconstruir a direção de chegada do raio cósmico, determinando o ângulo azimutal " $\Phi$ " entre a direção do raio cósmico projetada na superfície e o eixo Este-Oeste, e o ângulo zenital " $\Theta$ " entre a direção do raio cósmico e a vertical.

- Reconstruir o ângulo azimutal de acordo com o seguinte critério:

- **as partículas do chuveiro chegam primeiro às estações do lado da chegada do raio cósmico:** orientar a linha à superfície de acordo com a variação do tempo de chegada das partículas do chuveiro às estações, que está indicado pela cor; depois, clicar em "Next Step";

- Reconstruir o ângulo zenital de acordo com o seguinte critério:

- **as partículas do chuveiro deslocam-se (aproximadamente) à velocidade da luz:** selecionar duas estações alinhadas segundo a direção azimutal e afastadas entre si, tanto quanto possível;

- a inclinação do raio cósmico é **calculada automaticamente pelo programa** com base nos tempos das estações selecionadas, e o valor respetivo, assim como a direção de chegada representada no mapa do céu, aparecem na barra lateral direita após clicar em "Next Step".

3



#### Passo 4: Critérios de seleção

Selecionar apenas acontecimentos que contêm informação direcional acerca da origem dos raios cósmicos de energia extrema.

- Verificar se o acontecimento cumpre, em simultâneo, os seguintes critérios:

- 1) a energia reconstruída é maior ou igual a 8 EeV;
- 2) o número de estações que têm sinal, e que pertencem ao hexágono imediatamente à volta da estação com maior quantidade de sinal, é maior ou igual a 5;
- 3) a qualidade do ajuste da distribuição lateral de partículas é boa, o que se traduz num valor de " $\chi^2/NDF$ " menor ou igual a 2.

- Em caso afirmativo, aceitar o acontecimento clicando em "Add Event to Analysis" e a direção de chegada do acontecimento é acrescentada ao mapa do céu na barra lateral esquerda. Em caso negativo, não aceitar o acontecimento.

- Passar à análise do acontecimento seguinte, selecionando-o na barra lateral esquerda.

#### Depois de analisar os acontecimentos:

- No canto inferior esquerdo, aparece o mapa do céu com as direções de chegada dos acontecimentos selecionados. É possível tirar conclusões?

- Exportar os resultados, clicando em "Export File" e guardar o ficheiro "\*.mc\_export.csv"

- Aceder à ligação:  
<https://wmlnho.lip.pt/augermasterclasses/activities>  
e submeter o ficheiro guardado no ponto anterior, clicando em "Upload File".

5

# Experimental activity

## demonstration

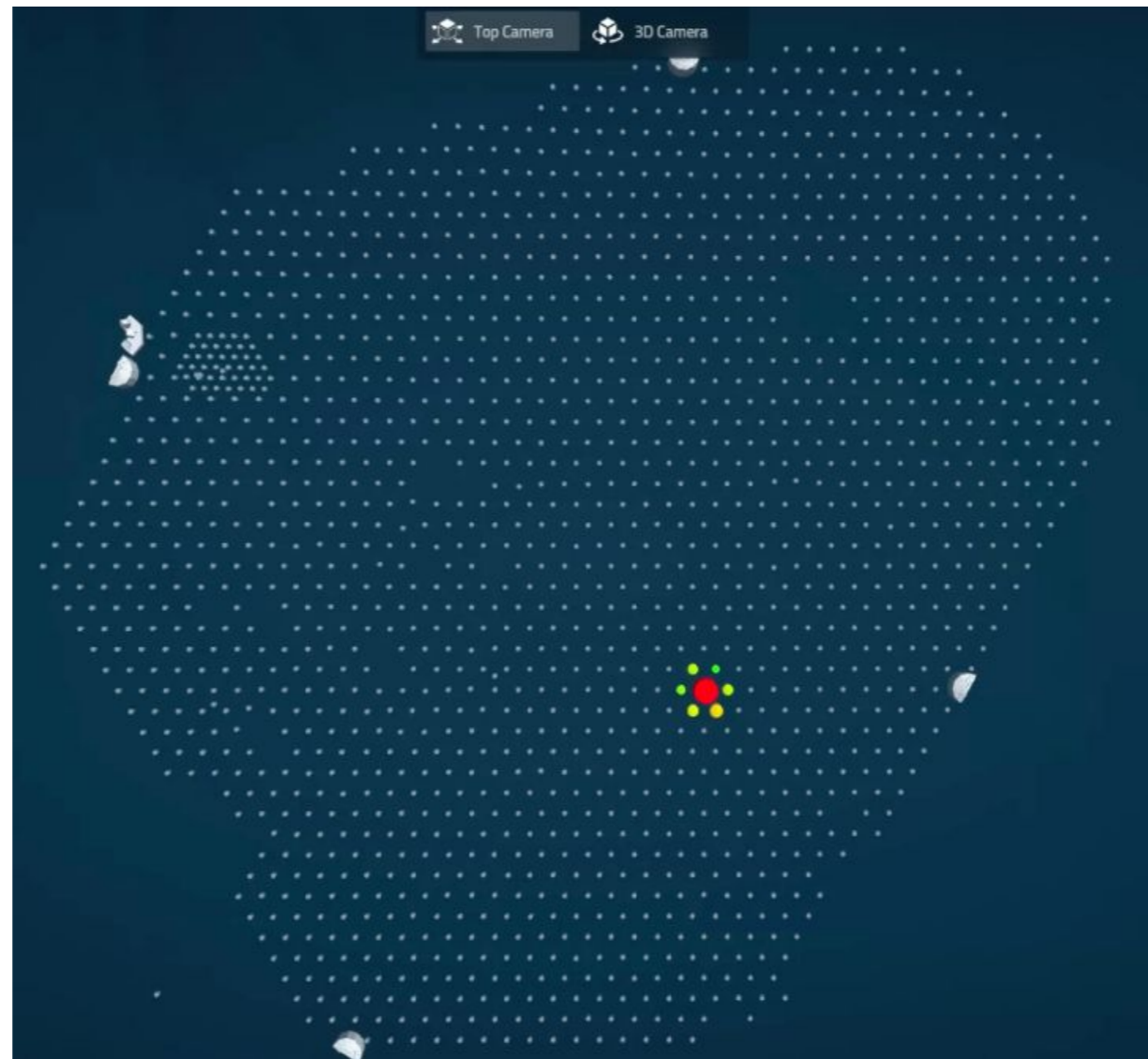
**Where in the Universe are ultra-high energy cosmic rays being produced?**

### Experimental procedure:

- reconstruct the arrival direction and energy of real Auger events + perform event selection
- a sky map with the reconstructed arrival directions of selected events is produced and discussed

# Experimental activity demonstration

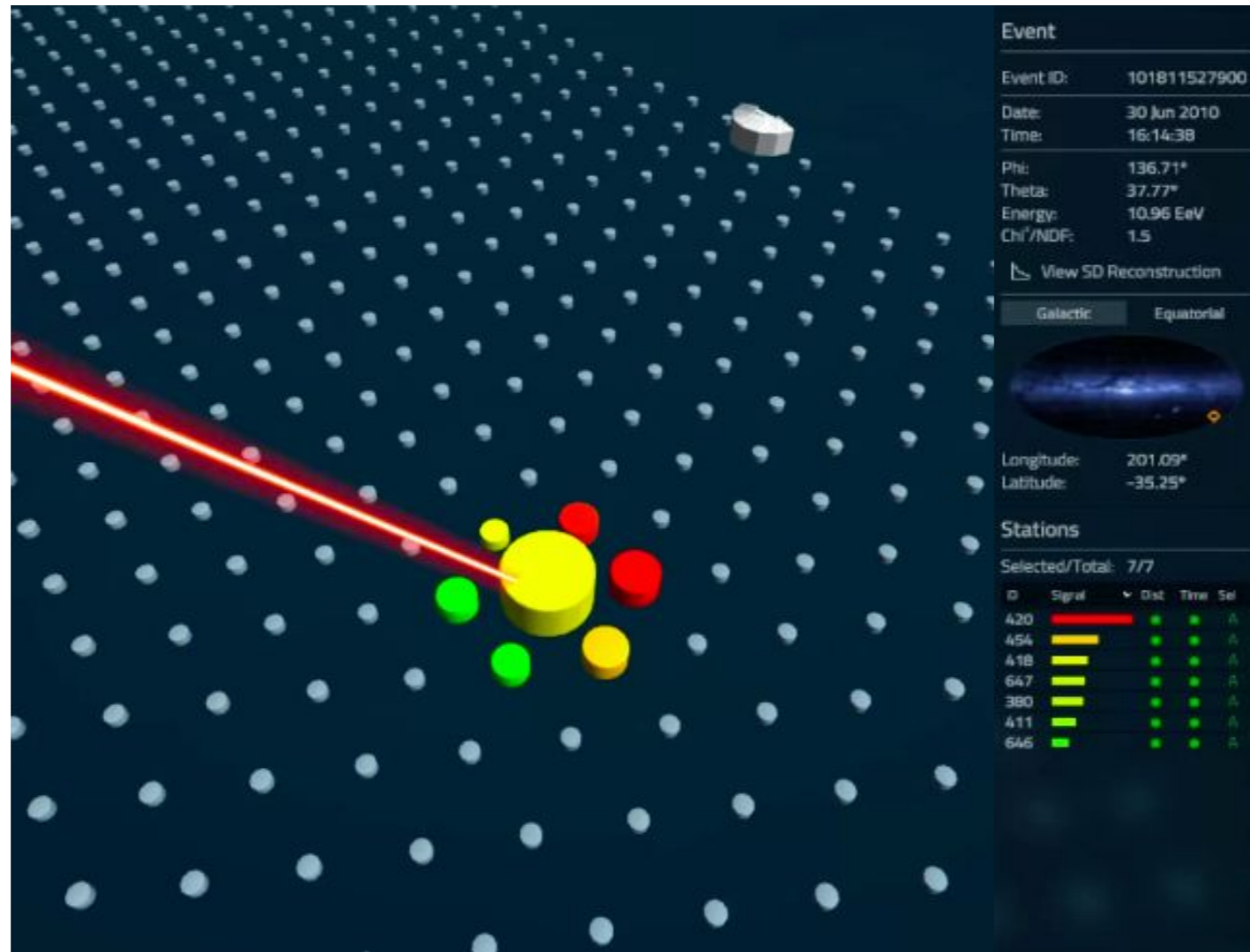
Student starting point



Surface Detector stations time and signal only

# Experimental activity demonstration

Reconstructed event



← energy

← arrival direction

# Experimental activity demonstration

**Tour through the activity**

# Experimental activity demonstration

Some remarks from experience:

- it works very well to challenge students to go through the guide by themselves, instead of spending lots of time at the beginning of the activity trying to explain details
- 1h - 1h15 of work was enough to complete the activity
- students should go through as many events as they are able to, but no problem if they do not analyze their full dataset

# Experimental activity demonstration

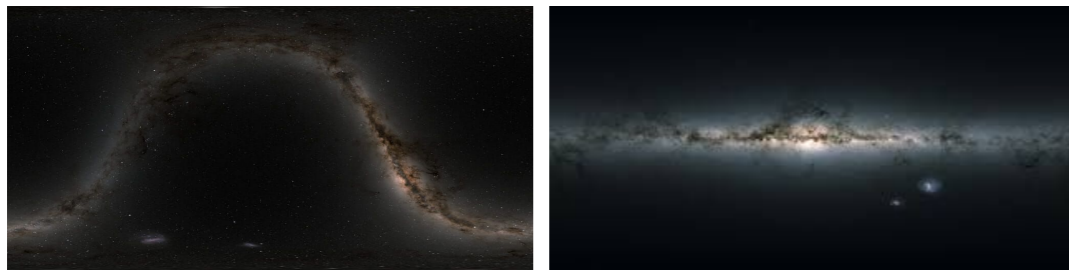
Some remarks from experience:

- if there is time before the video conference to locally discuss the results, some discussion topics are:
  - result from one individual student: any conclusion? Is there a correlation with galactic plane? Any pattern? How does it compare with other individual results? (need for statistics...)

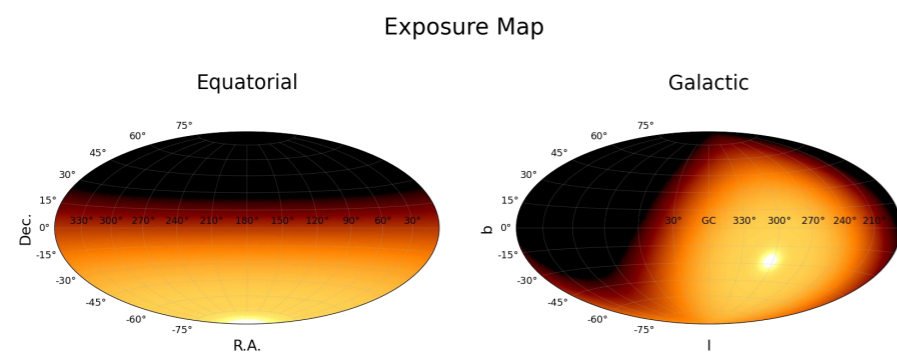
# Experimental activity demonstration

- topics of the final discussion, combining the statistics from all students

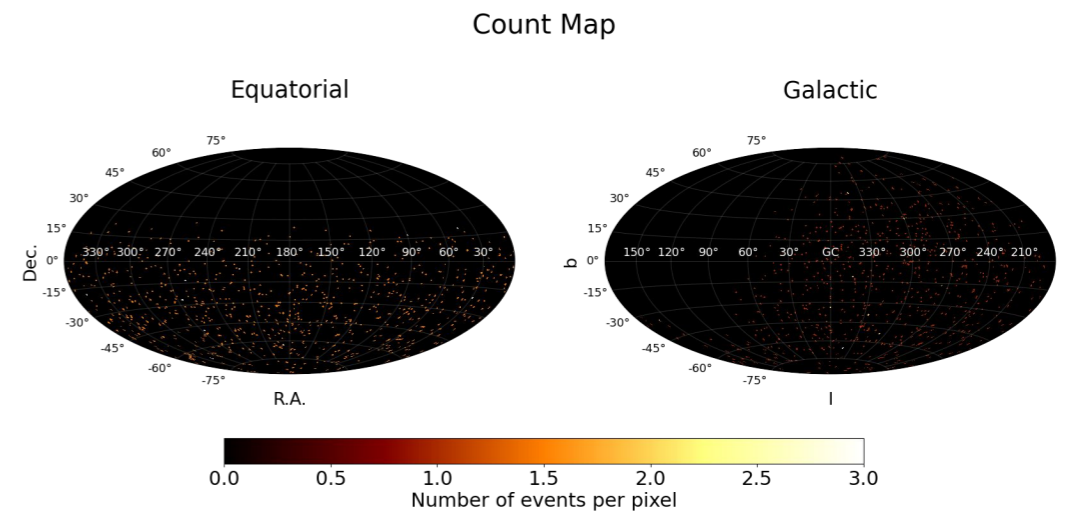
## 1) sky-map coordinates



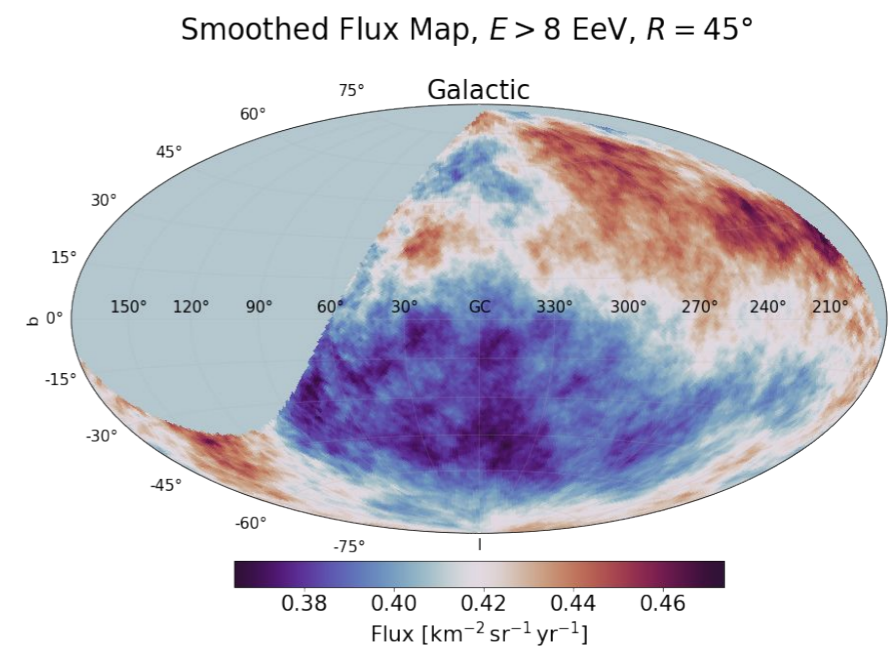
## 2) observatory exposure to the sky



## 3) count maps of arrival directions



## 4) smoothed flux map





**Time for Questions!**  
additional questions are welcome

# Organizational matters

## moderation of videoconferences

- It will be an impacting experience for the students to have a direct call to the control room of the observatory in Malargue!
- Whenever that is not possible, make the video-call to remote shifts rooms
- Each session will be moderated by two Auger scientists
- To do:
  - send invitations to moderators
  - prepare short script for guidance
  - check limitations on the final quiz software

# Organizational matters

material: translations and new versions

# Organizational matters

aob?

- **Additional time for questions on *March 6, 16h00 CET?***