

Biennale 2014  
Berck-sur-mer  
13-16 mai 2014



# Pôle “Nature et Origine du Rayonnement Cosmique de Hautes Energies”:

## Prospective

**UPMC**  
SORBONNE UNIVERSITÉS

**cnrs**  
dépasser les frontières  
**IN2P3**  
Les deux infinis

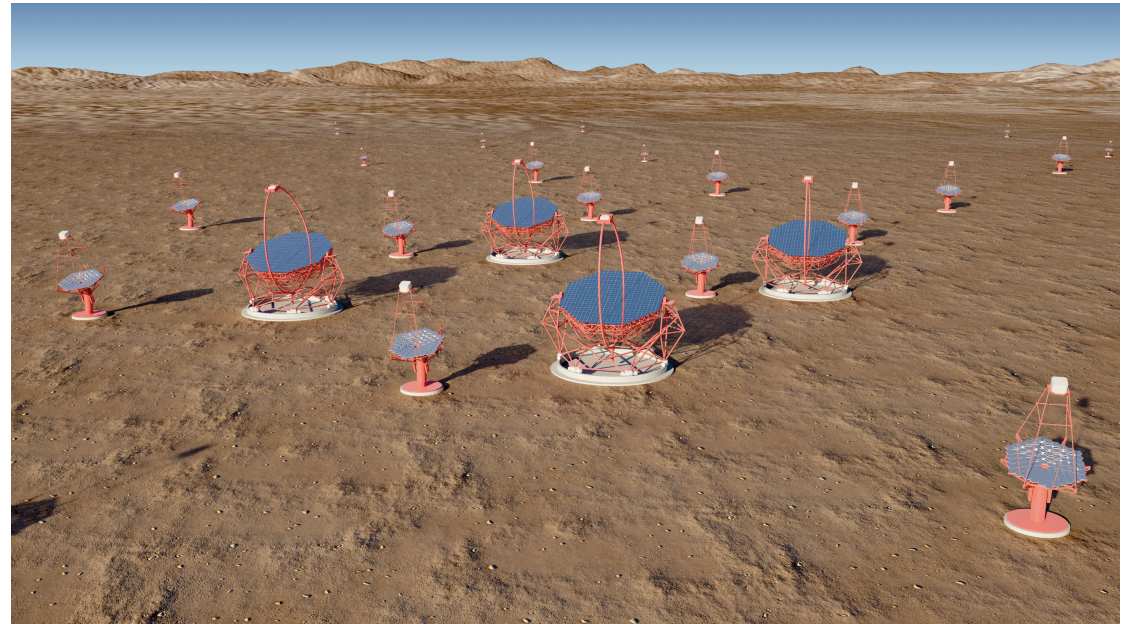
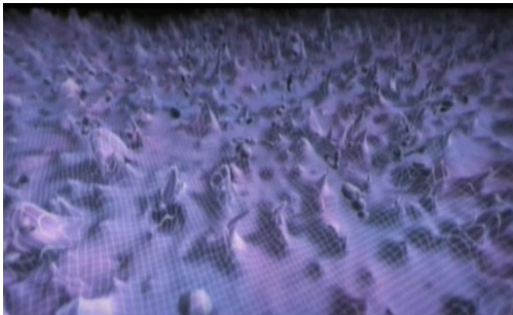
**LPNHE**  
PARIS

# H.E.S.S.: Prospectives

- 2012–: Exploitation scientifique de H.E.S.S. II
- 2014–2015: Upgrade caméras H.E.S.S. I à DESY:
  - transfert de savoir-faire LPNHE → DESY
  - Chips Nectar utilisés pour upgrade H.E.S.S. I
- Exploitation jusqu'en ?
  - Avant fin construction CTA ?
  - Garder H.E.S.S. (et MAGIC/VERITAS) comme système d'alerte pour CTA ?
  - ~2020: CTA supplantera H.E.S.S. (avant fin construction)

# CTA: Cherenkov Telescope Array

- Objectifs:
  - Origine des rayons cosmiques Galactiques
  - Les phénomènes astrophysiques extrêmes (par ex. AGN, GRB)
  - Physique fondamentale et cosmologie (recherche indirecte de la matière noire, investigation sur la violation de l'invariance de Lorentz)



# CTA: Cherenkov Telescope Array

- Comment ?
  - Deux réseaux: Sud (~100 télescopes) + Nord (~20 télescopes)
  - 3 types de télescopes: LST, MST, SST
  - Sensibilité  $10 \times$  meilleure (surface efficace)
  - ~10 GeV – 100 TeV: 4 ordres de grandeur sur domaine en énergie
  - Résolution angulaire ~ arcmin. (actuellement ~ 10 arcmin.)
  - Grand champ de vue + grand nombre de télescopes  
→ capacité de relevé partiel du ciel

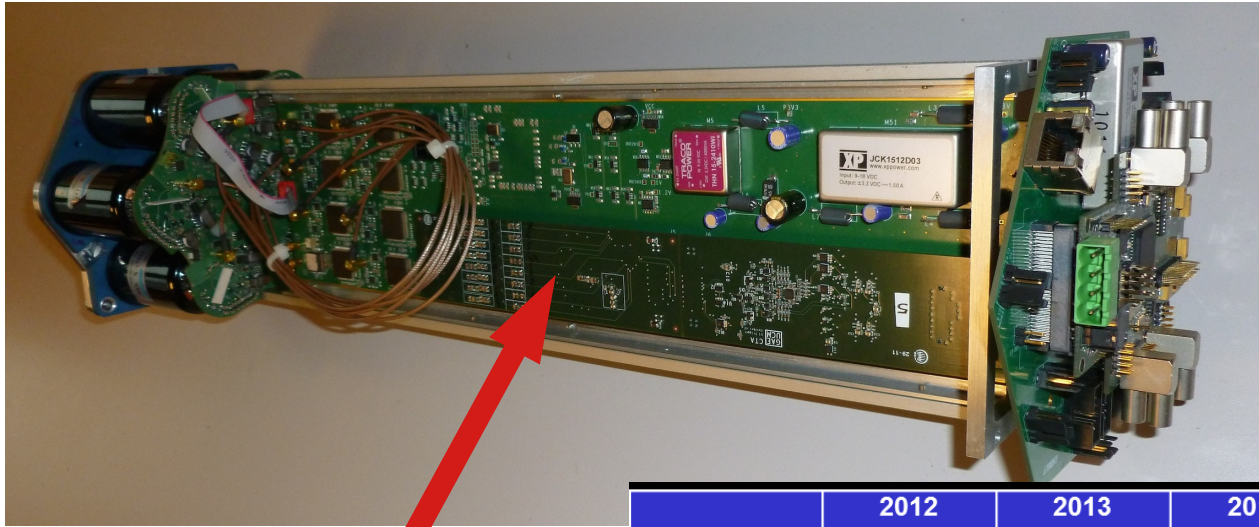


# CTA: Cherenkov Telescope Array

- Construction: 2018–2022
- Exploitation pendant 30 ans
- Changement de paradigme:  
expérience → observatoire ouvert
- Design caméra NectarCAM

Financement tutel dépend du planning projet et tenir les échéances

# CTA: NectarCAM



Carte Front-End

Date	2012				2013				2014				2015				2016				2017				2018-21			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
CTA Phases	Design				Pre-construction								Pre-production								Production / Operation							
Reviews / Camera status					• SPPRR <i>Required</i>				• PDR <i>Specified</i>				• CDR <i>Defined</i>				• QR <i>Qualified</i>				• AR1 ..... • ARn <i>Accepted</i>							
Camera Models / Verification	Single module camera				5 modules cluster				Thermal prototype				Camera demonstrator (19 modules)				Qualification Model				Mass production							
Hardware delivery					Performance of detection Module interfaces Temperature control				Trigger, clock Validation of requirements				QM On site				Acceptation for on-site implementation Cameras On site											

# Cartes front-end pour NectarCAM

- Carte front-end v2 pour démonstrateur
  - 2014: Développement firmware et software
  - Fin 2014: 25 cartes front-end
  - Tests fonctionnels
  - Tests caractérisation
  - 2015: Validation par rapport aux critères requis pour CTA
- Carte version finale: Préparation tests production massive
  - Définition tests
  - Préparation banc tests pour industrie
  - Tests qualification pour  $N$  télescopes  $\times$  300 modules

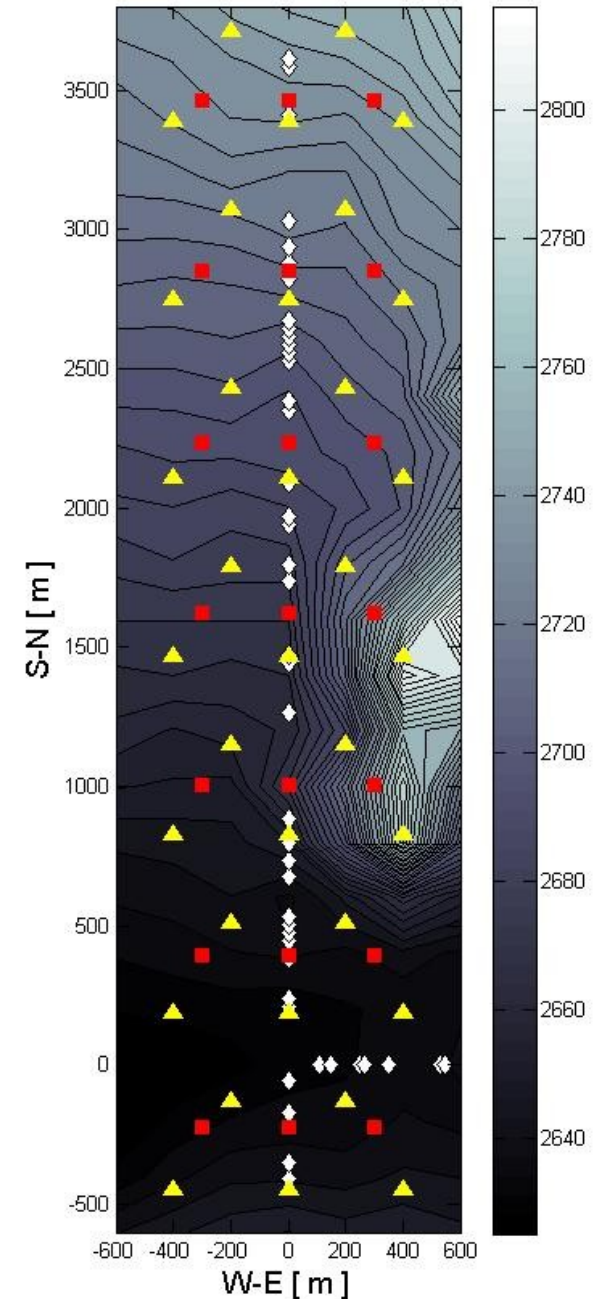
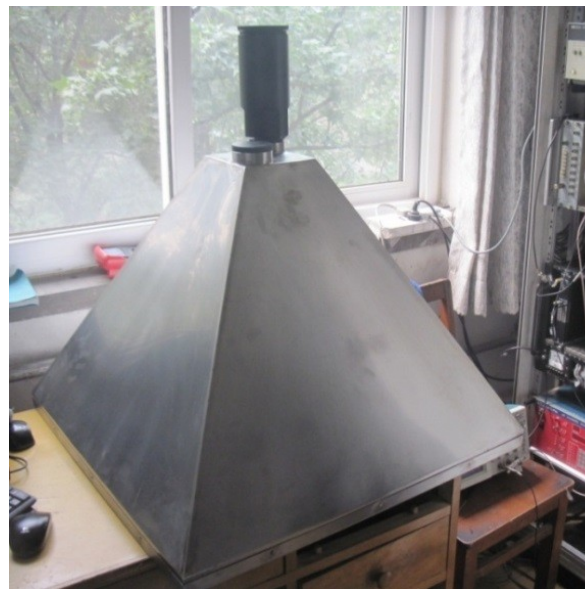
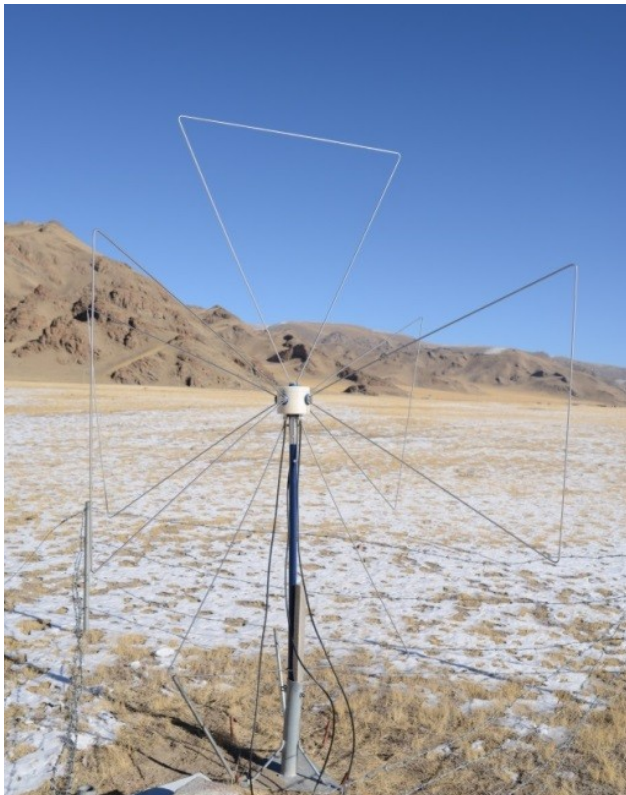
# L'avenir de l'astronomie $\gamma$ au LPNHE ?

- CTA: Observatoire ouvert
  - quelle est la place du groupe astro  $\gamma$  au LPNHE dans ce cadre ?
- Développement nouveaux instruments ?
  - Détection directe de matière noire ?
  - Satellite gamma très hautes énergies ?
    - GAMMA-400, AMS-03
- → Voir après en session “Discussion”

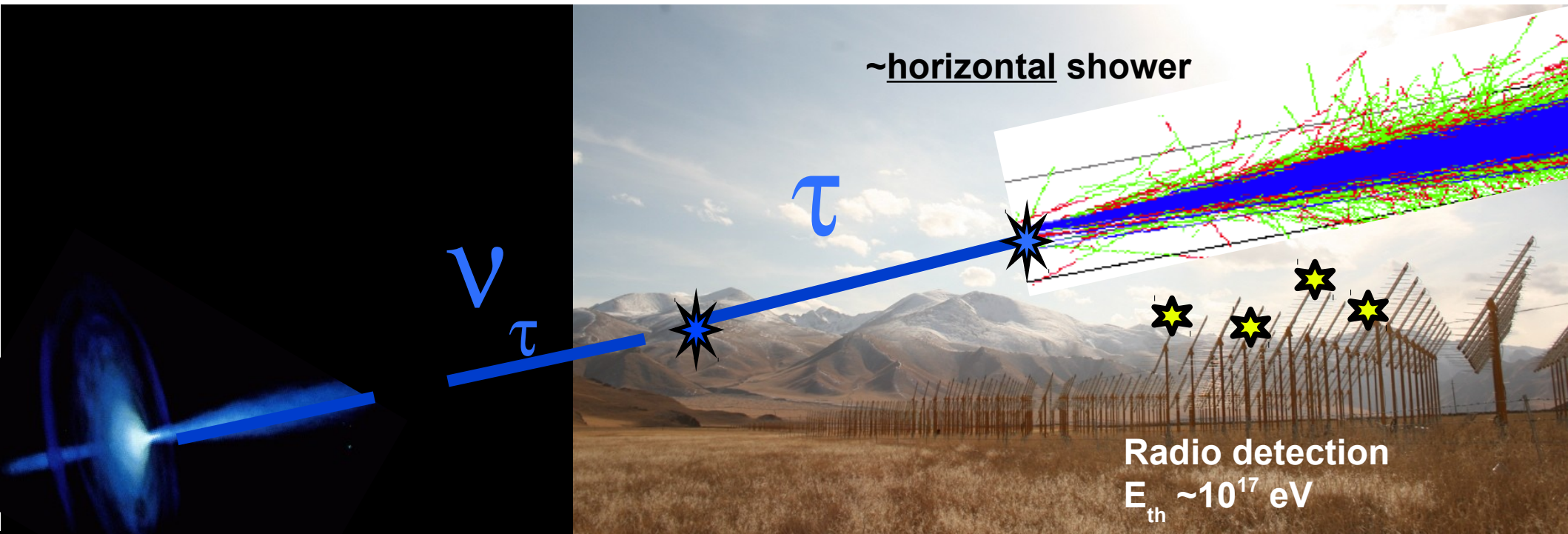


# GRAND-proto

- Prochaine étape (2014-2016): réjection du bruit de fond **événement par événement** en utilisant l'information de **polarisation** du signal radio.
- Outil: «GRAND-proto»
  - 35 **antennes triple polar** pour une mesure complète de la polarisation (design: SUBATECH). En test depuis janvier 2014.
  - 21 scintillateurs pour validation off-line des candidats de gerbes. Installation été 2014.
  - DAQ du réseau radio développé par P. Nayman @ LPNHE.



# Giant Radio Array for Neutrino Detection



Si réjection du bruit de fond efficace démontrée par GRAND-proto, possibilité d'un réseau radio géant (100.000+ antennes sur 30.000km<sup>2</sup>+ ) pour la recherche de neutrinos cosmiques.

Premières simus indiquent une sensibilité sans égale au-delà de  $10^{17}$  eV.

Challenge techno pour faire une unité de détection à bas prix & transfert de données, mais pas irréaliste.

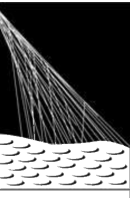
*Antoine Letessier-Selvon, Julien Aublin, Pierre Billoir, Miguel Blanco Otano,  
Lorenzo Caccianiga, Piera Ghia, Nicolas Hemery, Mariangela Settimo  
Hervé Lebbolo, Jacques David, Jean-Marc Parraud, Philippe Repain, Daniel Vincent*

---

# L'observatoire Pierre Auger

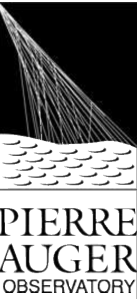
---

Status & prospectives



# OÙ VA-T-ON À PARTIR DE LÀ ?

Poursuive avec Auger encore 10 ans en améliorant le détecteur pour pouvoir identifier la masse du rayon cosmique primaire événement par événement.



## Objectifs Scientifiques :

Déterminer l'origine de la coupure

*Cela permettra en outre de faire des estimations fiables des flux de neutrinos et photons cosmogéniques*

Extraire une éventuelle (>10%) composante de protons au delà de 10 Joules

*Cela permettra de déterminer la faisabilité d'une astronomie "protonique"*

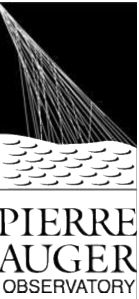
Étudier la physique hadronique au delà de 50 TeV c.m.

*En incluant la recherche de nouvelle physique et les tests de l'invariance de Lorentz*

Rechercher les photons cosmogéniques

Déterminer l'origine de la cheville

Poursuive avec Auger encore 10 ans en améliorant le détecteur pour pouvoir identifier la masse du rayon cosmique primaire événement par événement.



## Calendrier

Choisir le type d'amélioration du détecteur (2014)

*Le groupe du LPNHE a fait une proposition, le LSD*

Rassembler la collaboration autour du choix ci-dessus (fin 2014)

*Cela n'a rien d'évident pour des raisons sociologiques et politiques*

Produire un TDR et le déposer auprès des agences (début 2015)

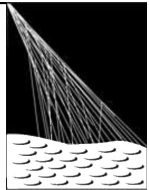
Obtenir l'accord des agences et un plan de financement

*(~10 MUSD sur 2 ans à partir de fin 2015...)*

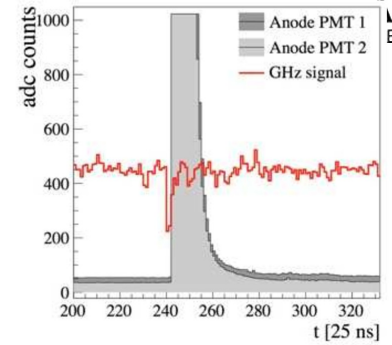
# LES ACTIVITÉS AU LPNHE JUSQU'EN 2016

- GIGAS
- LSD
- photons, anisotropy, neutrinos, ...
  - *(les domaines où nous avons fortement contribué jusqu'ici)*

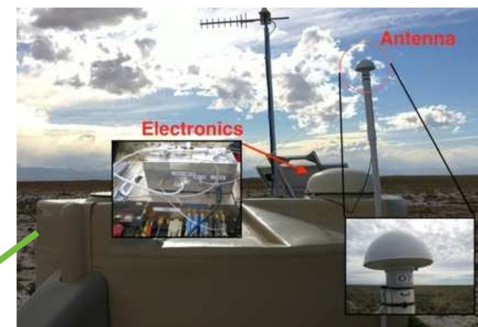
# DETECTION RADIO



PIERRE AUGER OBSERVATORY



GIGAS



61 stations, 100 km<sup>2</sup>



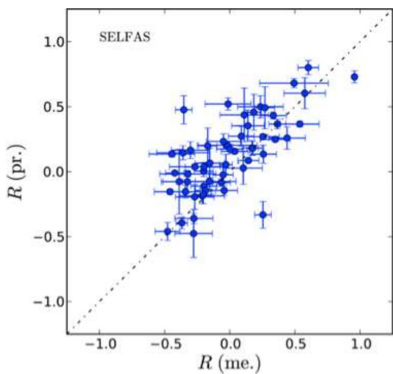
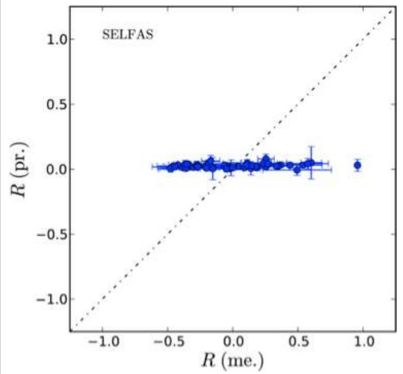
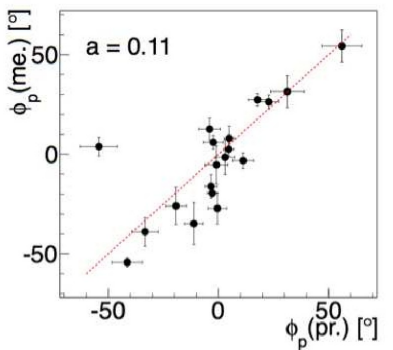
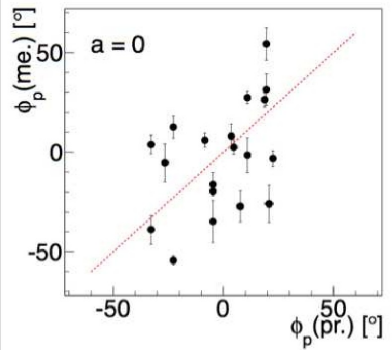
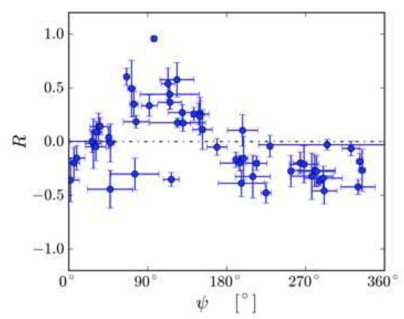
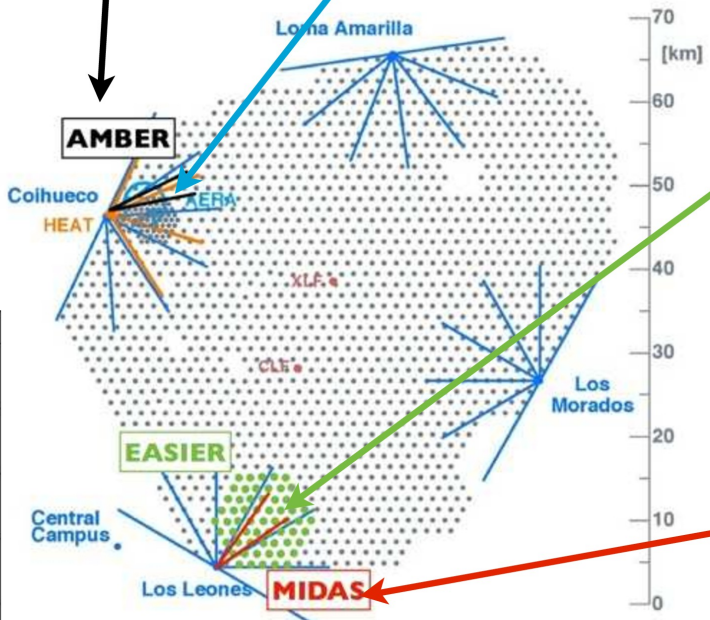
MIDAS

AERA

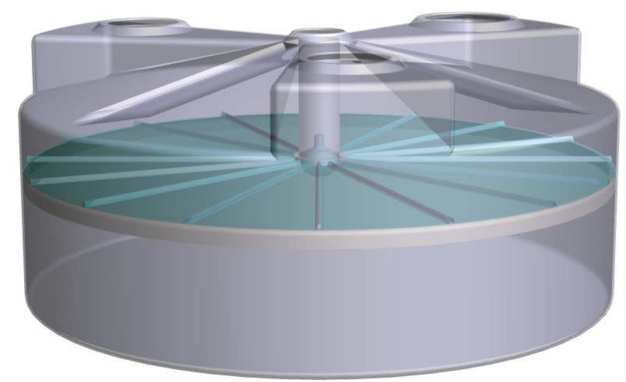
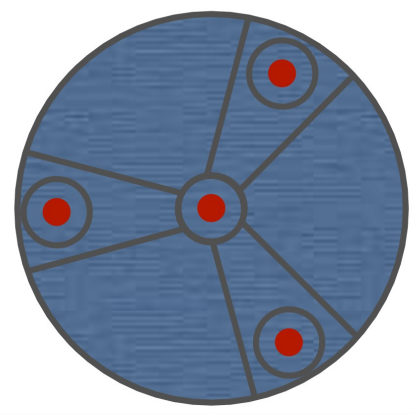
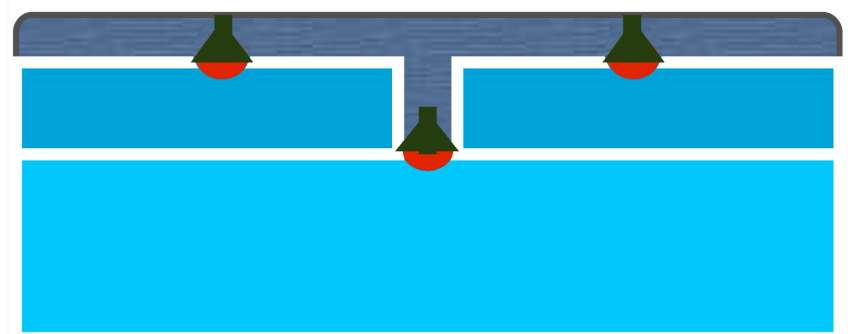
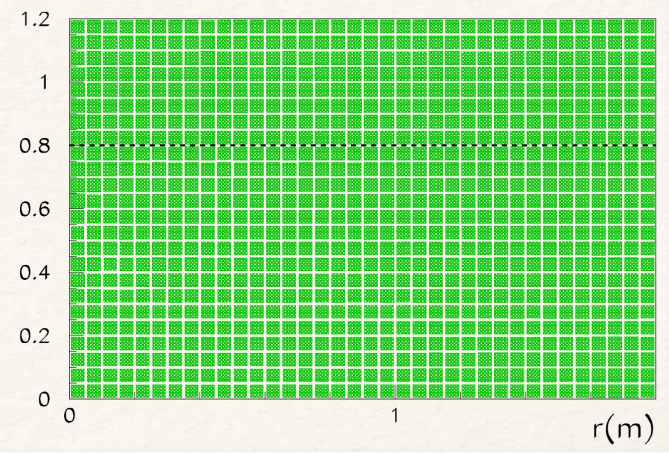
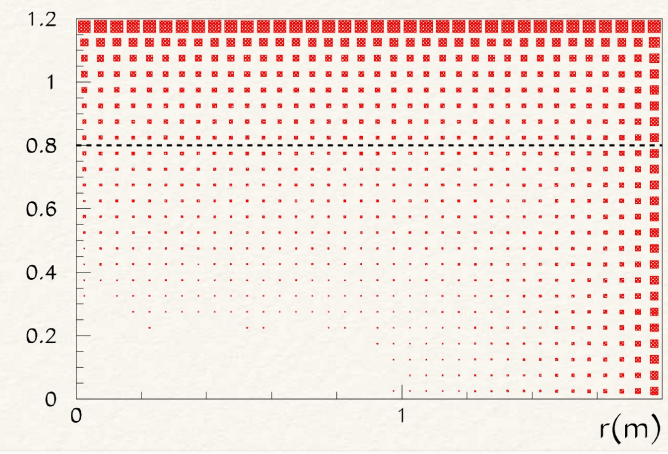
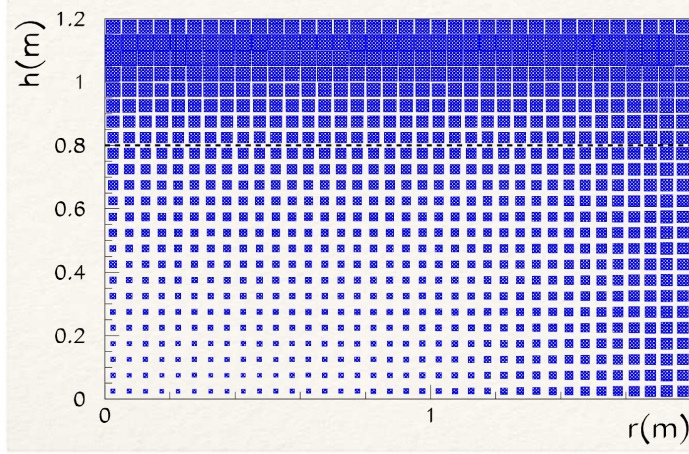
124 stations, 6 km<sup>2</sup>



AMBER







*Layered Surface Detector*

# Principe & conception

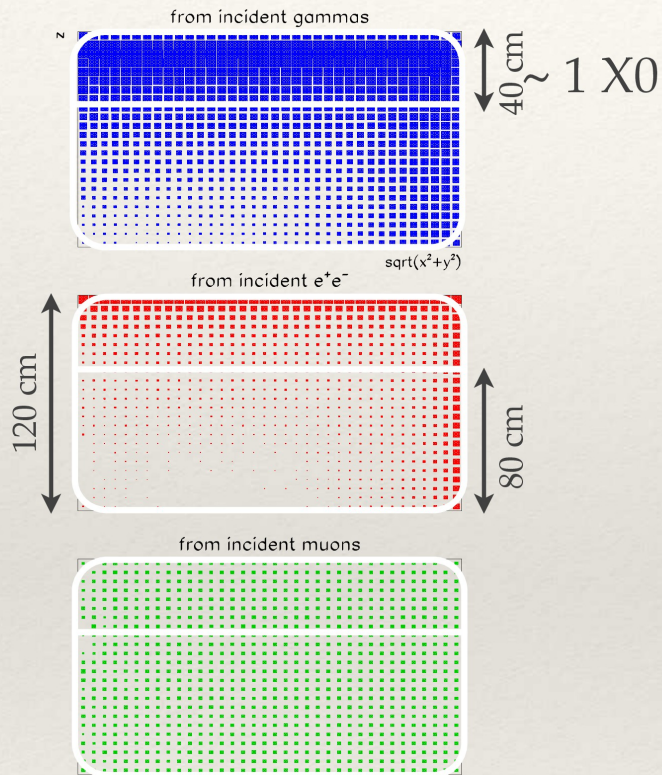
Distribution du point de production des photons Cherenkov dans un WCD de 1,2 m par 1,6 m. De gauche à droite, photons,  $e^+e^-$ , muons.

Simulations pour une gerbe de 30 EeV à 45° d'angle zénithal.

Vues du LSD (coté, dessus, 3D)

# Principe

Simple - Universel - Robuste



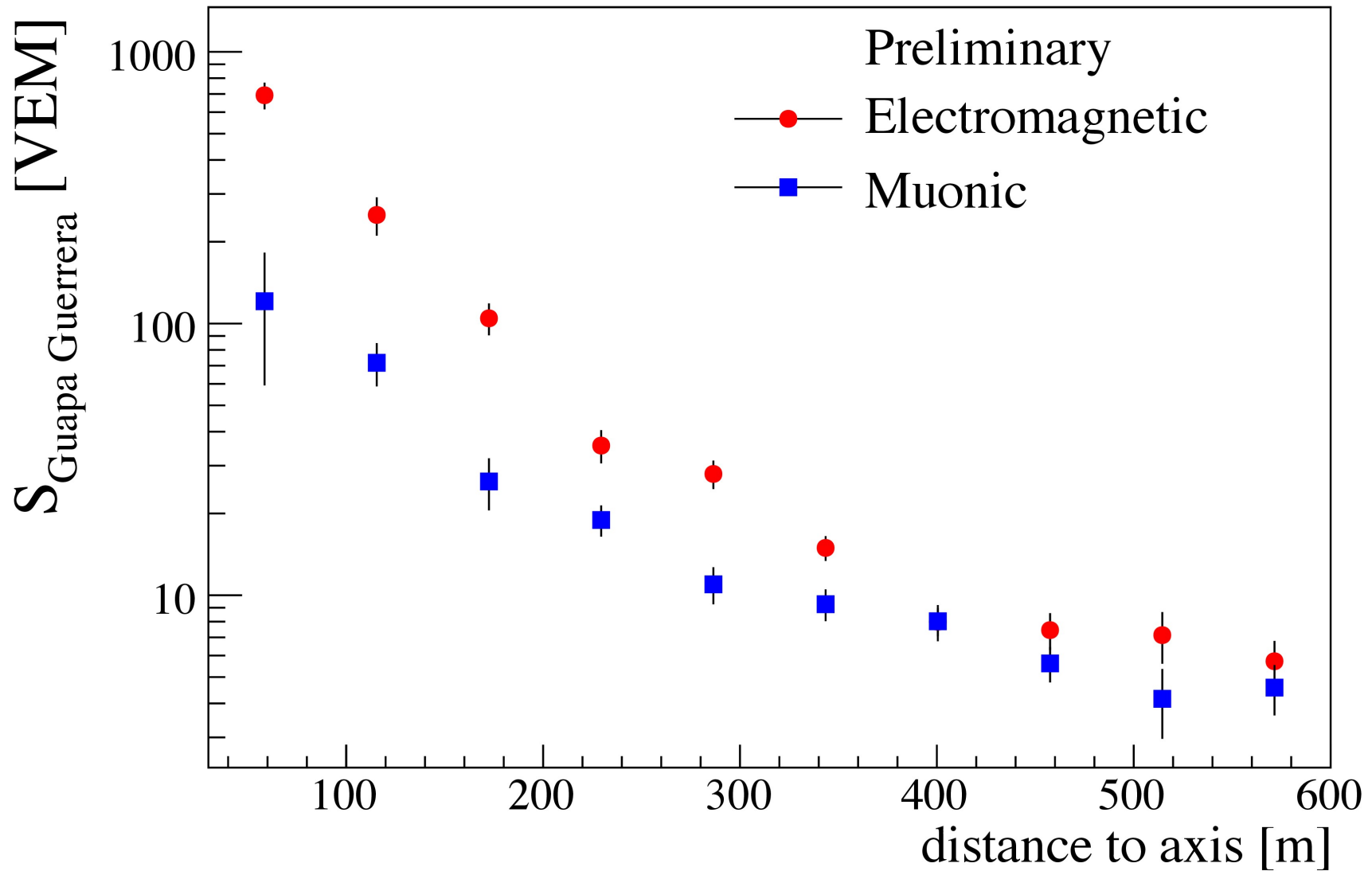
Après segmentation :

Une fraction  $a$  des p.e. produits par les  $e/\gamma$  p.e. et une fraction  $b$  des p.e. produits par les  $\mu$  est collecté dans le segment supérieur.  $a$  et  $b$  ne dépendent essentiellement que de la géométrie et de la collection de lumière.  
(pas des propriété du RC primaire)

$$\begin{pmatrix} S_{top} \\ S_{bot} \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} S_{em} \\ S_{\mu} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ 1-a & 1-b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{em} \\ S_{\mu} \end{pmatrix}$$

**For 40/80 cm  $a=0.6$  and  $b = 0.4$**

# EM and muonic LDFs extracted from the prototype LSD (Guapa Guerrero) data after one week (533 events)



Prospective pour la recherche de photons cosmogéniques :  
Nouveau trigger “ les serpillères” (MOPS) de Pierre Billoir.  
Thèse proposée pour 2014-2017

