



# Institut national de physique nucléaire et de physique des particules

[in2p3.cnrs.fr](http://in2p3.cnrs.fr)

A composite image featuring particle tracks on the left and a colorful cosmic nebula on the right. The tracks are thin lines of various colors (yellow, orange, red, blue) with small dots at their ends, radiating from a central point. The nebula is a large, multi-colored cloud of gas and dust in shades of purple, pink, and blue, set against a dark starry background.

Sonder les infinis : des particules au cosmos

**Visite des équipes thématiques  
Astroparticules & cosmologie**

**GRAND**

*LPNHE*

# Composition de l'équipe de recherche

- Responsable scientifique de l'équipe : Olivier Martineau
- Budget annuel soutien équipe (hors budget projets) : 0k€ en AP, soutien via FCPPL (~3k€), PNHE (6k€ en 2021) et LPNHE (3k€)

## Liste des chercheurs de l'équipe :

- 1 permanent + 2
  - Olivier Martineau, MCF, HDR en juillet.
  - Synergies évidentes avec HESS/CTA (Jean-Philippe Lenain, CR HDR & Julien Bolmont MDC HDR)
- 1 post-doctorante
  - Sandra Le Coz, analyse + trigger, Sorbonne Université, débute en septembre 2021 pour 2 ans
- 1 doctorant (+ 1 + 1)
  - Simon Chiche, développement de méthodes d'analyse de données pour GRAND, co-direction Kumiko Kotera (IAP) et Olivier Martineau, depuis octobre 2020
  - Kewen Zhang, analyse des données de l'expérience GRANDProto300, possible co-tutelle avec Purple Mountain Observatory (Nankin, Chine) à partir d'octobre 2021
  - Valentin Decoene, , phénoménologie + développement de méthodes d'analyse de données pour GRAND + FRBs, co-direction Kumiko Kotera (IAP) et Olivier Martineau, soutenance en septembre 2020 (mais toujours présent et actif dans le groupe)

# Activités de l'équipe de recherche

- Coopérations/collaborations principales avec l'extérieur (avec équipes locales, nationales, internationales)
  - Collaboration quotidienne avec le groupe GRAND de l'IAP: K. Kotera, S. Chiche, M. Tueros (visiteur depuis 2 ans), E. Hivon (IR) + V. Niess @ LPC Clermont
  - Liens très forts avec Radboud U (Nijmegen, Hollande), KIT (Allemagne), NAOC (Pékin), Purple Mountain Observatory (Nankin) et U. Warsaw (Pologne)
  - OM co-PI du projet GRAND avec K. Kotera et XiangPing Wu (NAOC): rôle central dans la collaboration (~70 personnes, 15 instituts)
- Visiteurs de longue durée (>3 mois) depuis 3 ans (sabbatiques, cofinancés, ...)
  - @IAP: M. Tueros depuis 2018, M. Mostafa à partir de septembre 2021
- Participations à la communication, à la vulgarisation, à l'enseignement (pour les CNRS)
- Responsabilités hors projets (laboratoire, université, sites, comités, ...)
  - OM membre de la section 01 du Comité National CNRS (2020-1)
  - (Co-directeur du LIA FCPPL 2011-2017)
- Organisations d'écoles, de workshops, conférences, ... (2019-2021)
  - Workshop GRAND 2019 (DunHuang, Chine) et 2020 (Karlsruhe, Allemagne)

# Faits marquants du projet GRAND

*A dupliquer pour chaque projet (inclus master projets, ANR/ERC/CNES/Labex/..., théorie, R&D)*

- **Depuis 2013, naissance et structuration d'un projet ambitieux.** Activité isolée de OM @ LPNHE jusqu'en 2019.
- Finalisation de l'expérience **TREND** (fin des prises de données en 2013, publication finale en 2018) qui ouvre la voie à la détection radio autonome des gerbes atmosphériques et donc au projet GRAND.
- Définition du projet **GRAND** (workshop LPNHE février 2015)
- Mise en place d'une chaîne de simulation complète de la sensibilité du détecteur GRAND aux neutrinos hautes énergies (V. Niess @ LPC, A. Zilles @ IAP, O. Martineau @ LPNHE)
- Design, R&D et production du prototype **GRANDProto300**, réseau de 300 antennes et démonstrateur pour GRAND (Radboud U @ Nijmegen, XiDian U @ Xi'An et Purple Mountain Observatory @ Nankin, mais pas de participation de l'IN2P3)
- 2015-7: prestation de service pour le design et la production de l'électronique Front-End pour l'expérience **GRANDProto35** (35k€ pour le LPNHE)

# Production scientifique de l'équipe

- Thèses récentes soutenues dans l'équipe (2018-2021)
  - Valentin Decoene, , phénoménologie + développement de méthodes d'analyse de données pour GRAND + FRBs, co-direction Kumiko Kotera (IAP) et Olivier Martineau, soutenue en septembre 2020 (mais toujours présent et actif dans le groupe). PostDoc @ Penn State prévu (pb visa après pb Covid avec Perth puis ShangHai, ...)
- 3 publications emblématiques de l'équipe dans revues à comité de lecture (2018-2021)
  - Publication finale de l'expérience TREND de radio-détection "pure" de gerbes atmosphériques par un réseau de 50 antennes radio. ~550 candidats sélectionnés sur  $10^9$  événements avec une pureté ~80% et une efficacité de sélection ~30%. OM un des 3 corresponding authors.
    - D. Charrier et al., « Autonomous radio detection of air showers with the TREND50 antenna array », Astropart Phys 110 (2019), <https://arxiv.org/abs/1810.03070>
  - White paper du projet GRAND. 101 citations en 2.5 ans. OM responsable de la rédaction des chapitres "detector design & performance" et "Construction stages".
    - J. Alvarez-Muniz et al., "the Giant Radio Array for Neutrino Detection: science and design", Science China, 63, 219501 (2020) <https://arxiv.org/abs/1810.09994>
  - Détermination semi-analytique de l'émission radio des gerbes atmosphériques. Gain d'un facteur 100 en temps de calcul pour une erreur inférieure à 20% par rapport aux simulations standard.
    - A. Zilles et al., "Radio-morphing, towards a fast computation of the radio signals from air-showers", Astropart. Phys 114 (2020) <https://arxiv.org/abs/1809.04912>
- 3 publications récentes de conférence à forte contribution de l'équipe (2018-2021) :
  - Première présentation du projet GP300 @ UHECR2018, Paris
    - O. Martineau for the GRAND collab, <https://arxiv.org/abs/1903.04803>
  - Présentation générale du projet GRAND @ ICRC2019, Madison EU
    - O. Martineau for the GRAND collab, <https://pos.sissa.it/358/958/pdf>
  - Présentation des synergies possible entre GRAND et GCOS, projet de détecteur de rayons cosmiques de future generation, porté par (certains membres de) Auger et Telescope Array
    - K. Kotera for the GRAND collab, [https://agenda.astro.ru.nl/event/18/contributions/131/attachments/36/41/21\\_05\\_19\\_GCOS\\_kotera-compressed.pdf](https://agenda.astro.ru.nl/event/18/contributions/131/attachments/36/41/21_05_19_GCOS_kotera-compressed.pdf)
- Passages aux conseils scientifiques de labo (3 ans)
  - Passage prévu à l'automne 2021.


# Evolution anticipée de l'équipe (3-5 ans)

- Evolution scientifique de l'équipe dans les prochaines années
  - En priorité: analyse de données de GRANDProto300 (identification des candidats de rayons cosmiques et reconstruction)
  - Travail prospectif sur le trigger en vue des phases ultérieures du projet GRAND
  - Préparation des phases ultérieures du projet GRAND (prospection & nouvelles collaborations en Chine, Mongolie, Argentine et Etats-Unis)
- Nouveaux projets en vue (inclus réponse aux appels ANR, Europe, appel d'offre locaux, ...)
  - Trigger sur les phases ultérieures de GRAND: proposal ANR-DFG conjoint LPNHE/IAP + KIT (1 doctorant&1 postdoc + 2 doctorants)
  - Développement/Caractérisation de l'unité de timing pour la phase GRAND10k.
- Evolution de la composition de l'équipe (départs/arrivées permanents, docs, post-docs, ...)
  - 1 nouvelle post-doc en septembre 2021
  - 1 doctorante possible en co-tutelle en octobre 2021
  - Implication des services techniques sur les 2 projets envisagés si validation par Conseil Scientifique du laboratoire
- Attente vis-à-vis de l'IN2P3
  - A court/moyen terme (ie après les 1ers résultats de GRANDProto300), une reconnaissance et un soutien au projet GRAND, déjà soutenu par l'INSU (cf [https://www.insu.cnrs.fr/sites/institut\\_insu/files/news/2021-04/Prospective\\_INSU\\_AA\\_2019.pdf](https://www.insu.cnrs.fr/sites/institut_insu/files/news/2021-04/Prospective_INSU_AA_2019.pdf)) et plusieurs partenaires et structures en Europe (Radboud U, Hollande, APPEC, European Strategy for Particle Physics) .
- Autres...

# Pages additionnelles

- Tous les documents jugés utiles pour la discussion

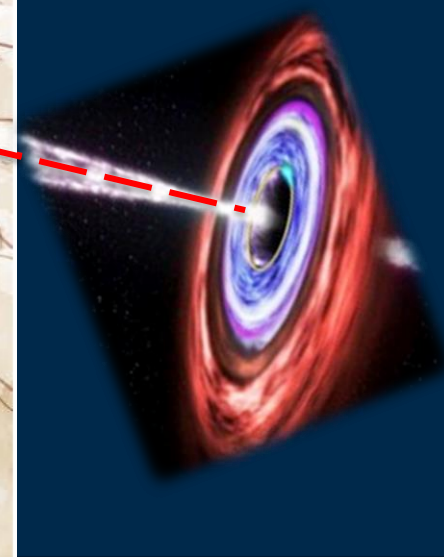
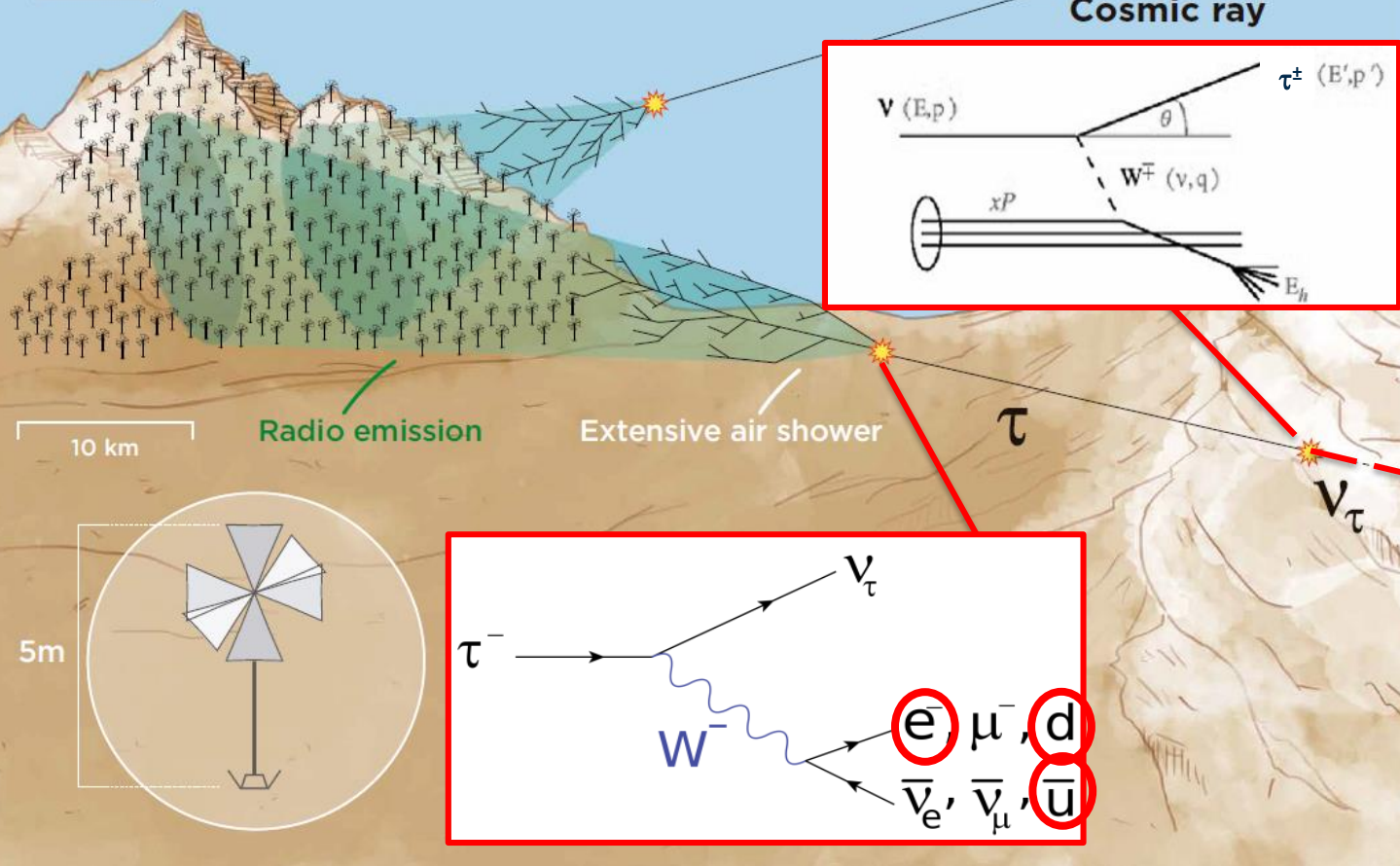
- | + Automatic Zoom ▾

 **A staged approach with self-standing pathfinders**

	GRANDProto300	GRAND10k	GRAND200k
	2021	2025	203X
Goals	<p><b>autonomous</b> radio detection of <b>very inclined</b> air-showers</p> <p><b>cosmic rays <math>10^{16.5-18}</math> eV</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Galactic/extragalactic transition</li> <li>• muon problem</li> <li>• radio transients</li> </ul>	<p><b>1st GRAND sub-array</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>discovery of EeV neutrinos</b> for optimistic fluxes</li> <li>• radio transients (FRBs!)</li> </ul>	<p>sensitive <b>all-sky</b> detector</p> <p><b>1st EeV neutrino detection and/or neutrino astronomy!</b></p>
Setup	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 300 HorizonAntennas over 200 km<sup>2</sup></li> <li>• Particle detectors (a la HAWC/Auger)</li> <li>• Qinhai Province, China</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10,000 radio antennas over 10,000 km<sup>2</sup></li> <li>• in China</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 200,000 antennas over 200,000 km<sup>2</sup></li> <li>• 20 sub-arrays of 10k antennas</li> <li>• on different continents</li> </ul>
Budget	<p><b>2 M€</b></p> <p>100 antennas already paid (China)</p>	<p><b>13 M€</b>      1500€/unit</p> <p>confident for large contribution from China</p>	<p><b>300M€</b> in total      500€/unit</p> <p>to be divided between participating countries</p>



# Giant Radio Array for Neutrino Detection



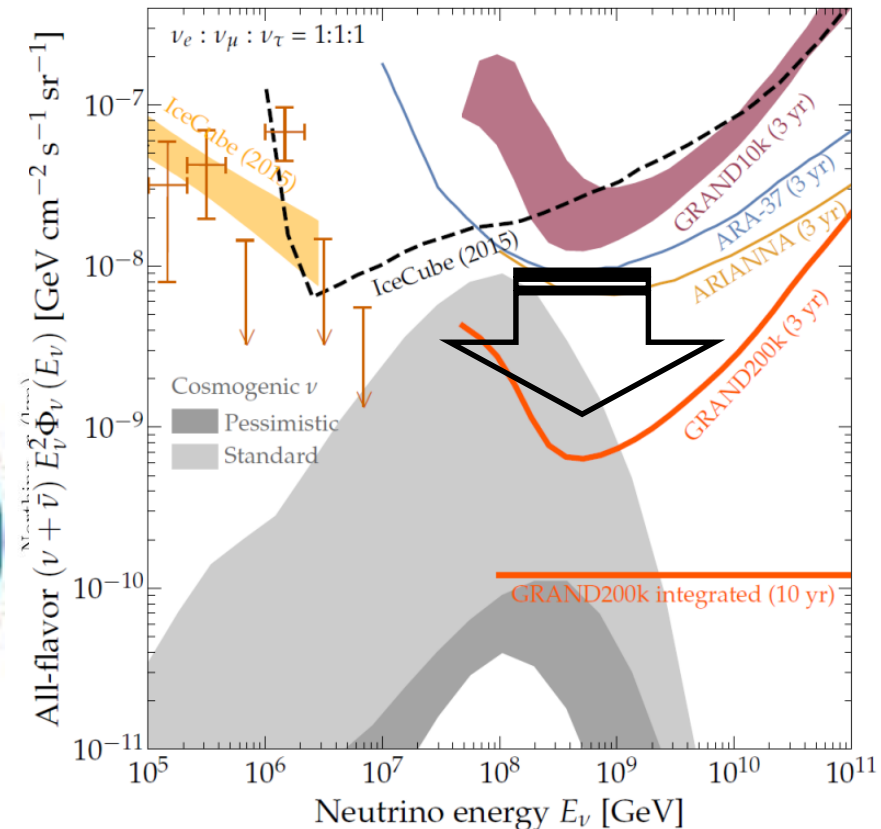
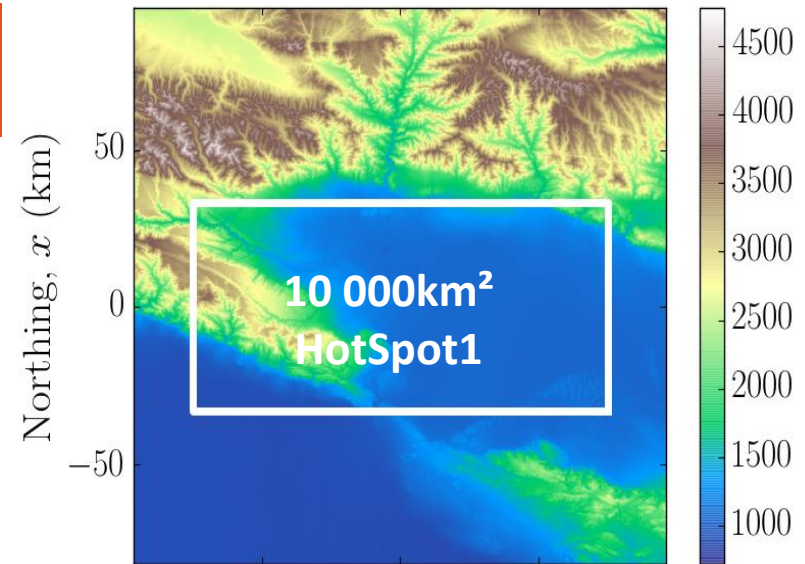


# GRAND proposal

- Huge effort for end-to-end simulation  
DANTON Niess & Martineau-Huynh arXiv:1810.01978  
RadioMorphing Zilles et al. arXiv:1811.01750  
on a 10000 antennas hotspot (GRAND10k)  
→ Sensitivity in IceCube2015 range.
- **Go for x20!! → Network of o(20) subarrays of o(10000) antennas with sparse density (1/km<sup>2</sup>) at various favorable locations around the world (« hotspots »)**
- Sensitivity of full array good enough for GRAND to detect cosmogenic neutrinos for standard hypothesis



Not contractual!

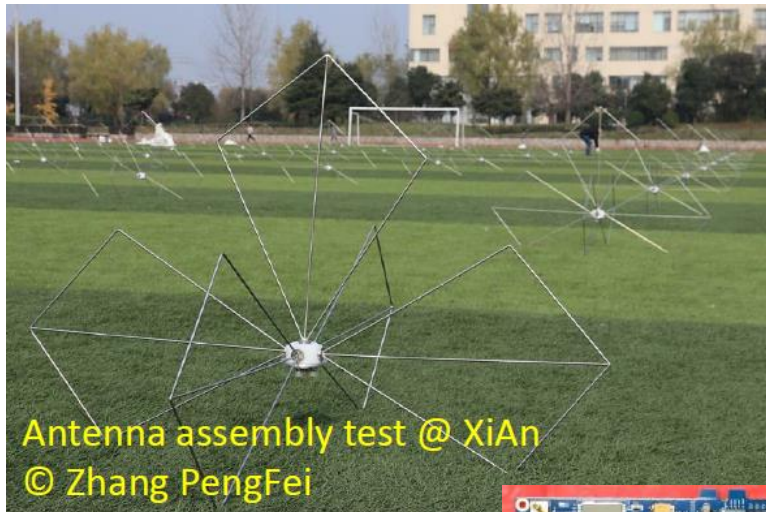


# GRANDProto300

- A pathfinder for GRAND:
  - Validate principle of autonomous radiodetection of inclined air showers
  - Determine performances for shower identification, reconstruction (direction, nature and energy)
  - Develop procedure for calibration & monitoring (time and amplitude). Evaluate ground effects.
  - Testbench for trigger and data transfer for later stages.

# Production status

- Gearing up for deployment



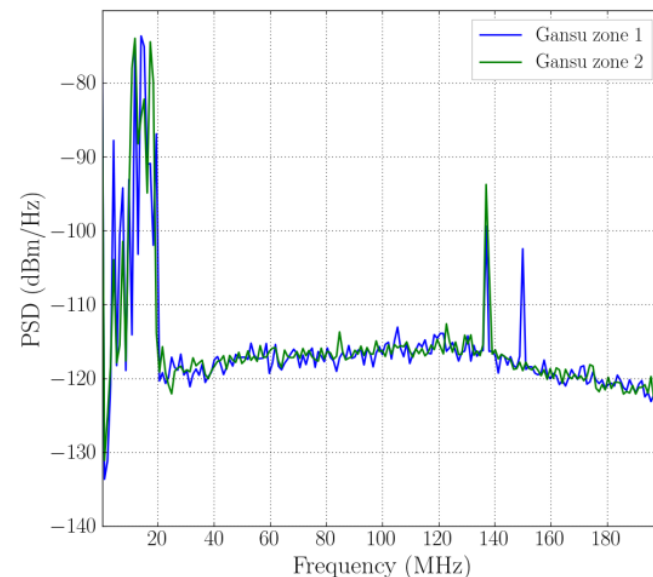
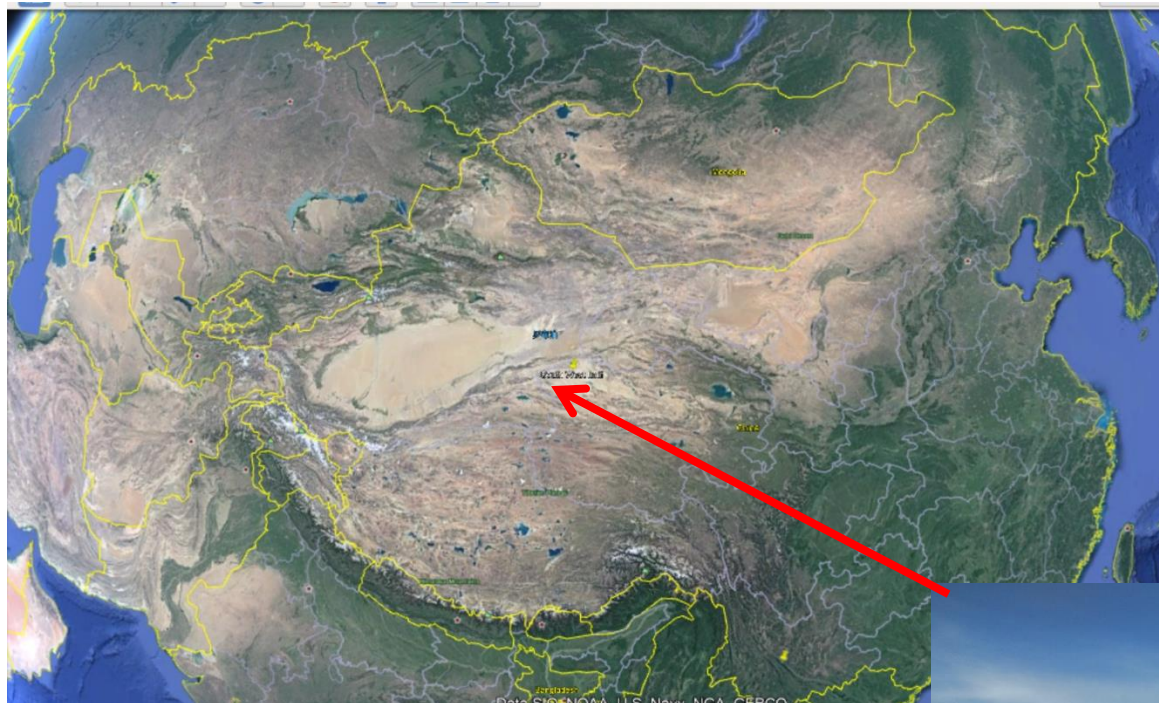
100 detection units produced  
(Xi'An)



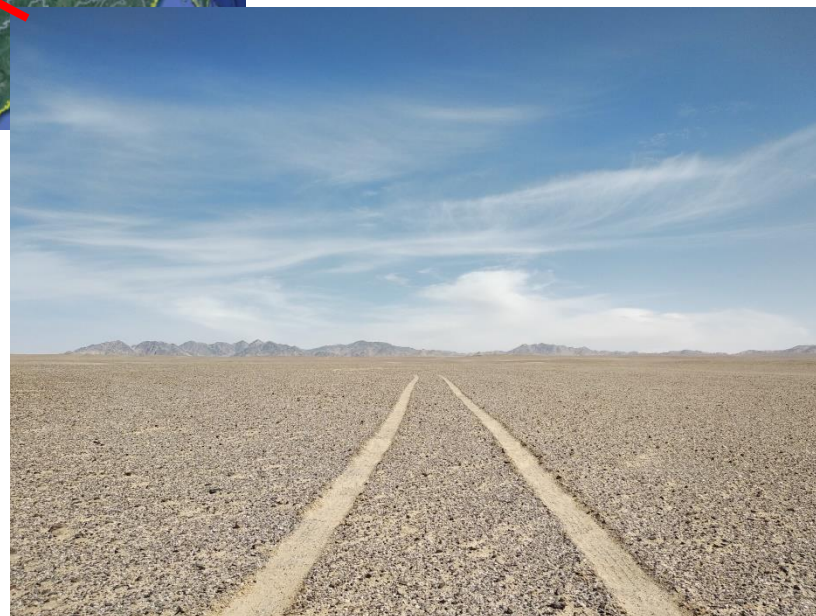
**Front-End electronics**  
(dev: Nijmegen, prod: NAOC)  
500MS/s digitization  
+ L1 trigger  
**100 boards** produced  
(validation ongoing)



# GRANDProto300 site



- Radio-quiet site
- At the crosspoint of Gobi desert & Tibetan Plateau
- Excellent support by local authorities
- Contract in discussion



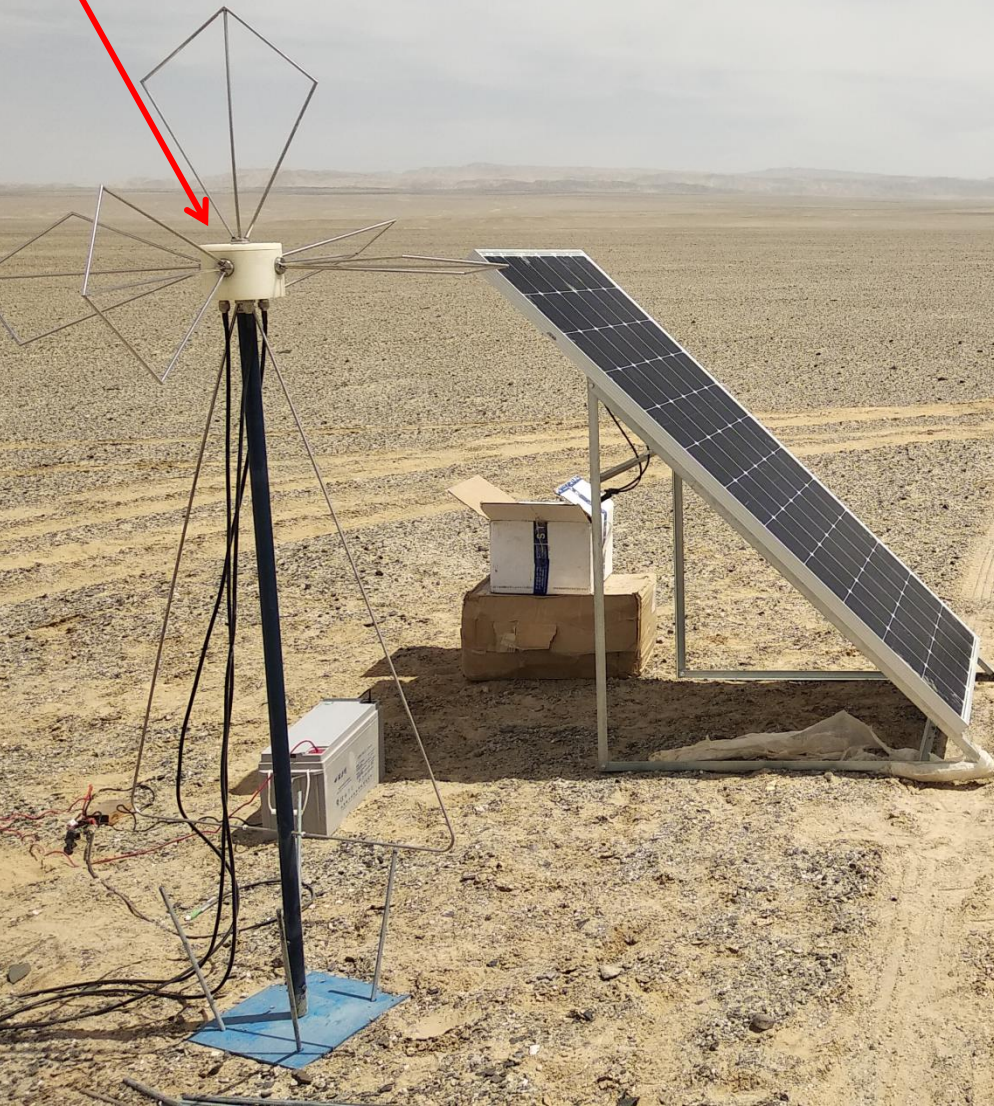
4 prototype antennas installed in August 2019

- Coms (WiFi) OK

- Issues with AC/DC converter identified & fixed

**\*\*\* all frozeed since then \*\*\***

Test antenna



Firsty physicist

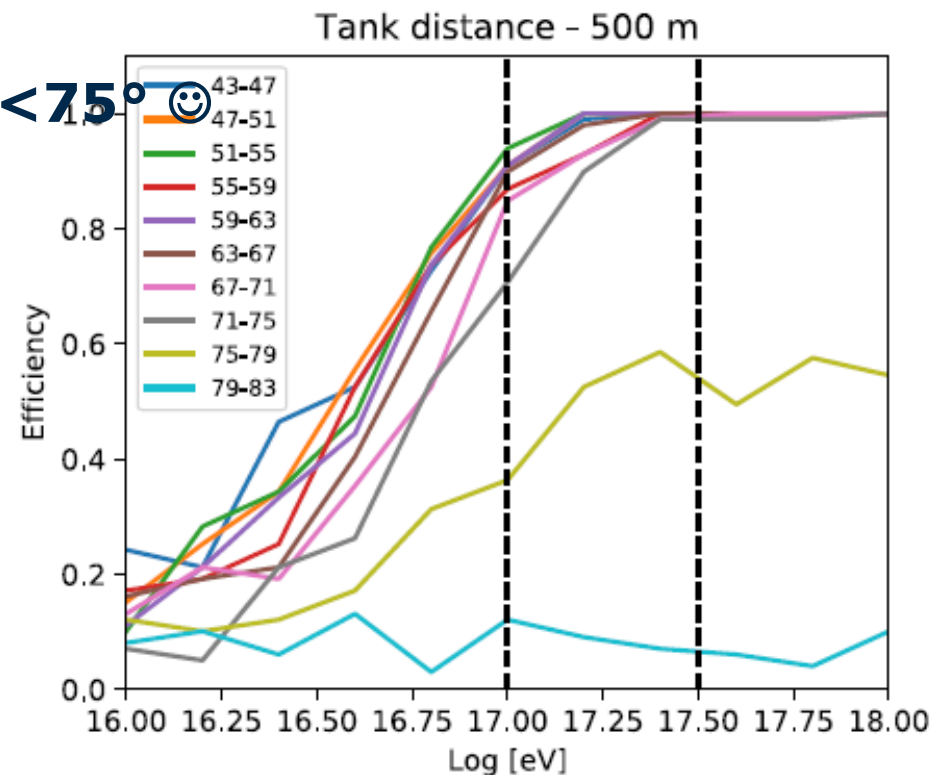
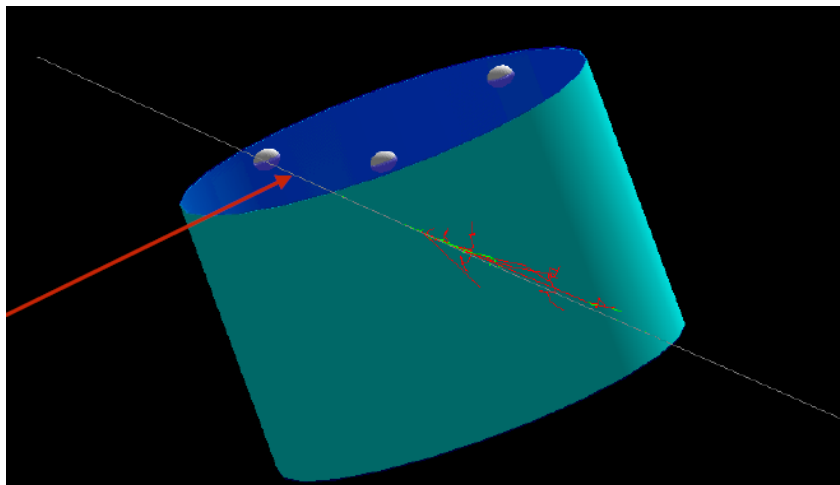
DAQ room

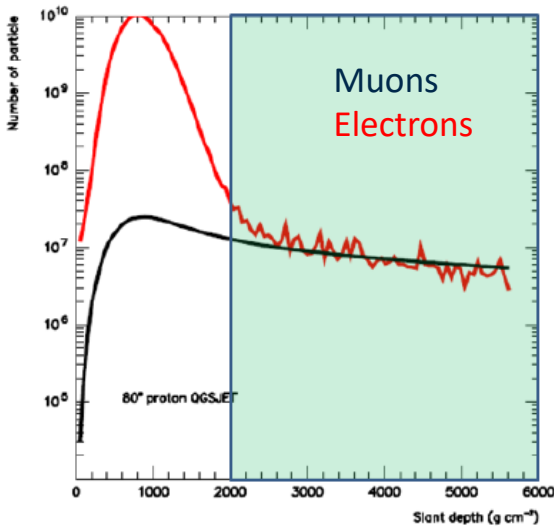
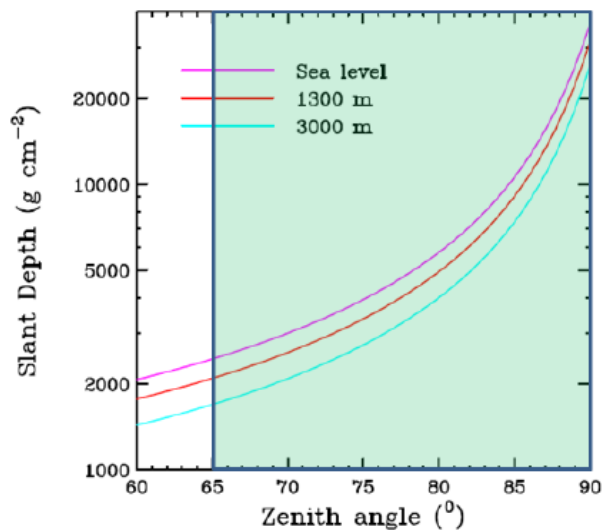
Receiving WiFi  
antenna (coms)



# Physics with GP300?

- Completing the GP300 radio detector with an (independent) particle detector array (after 2022)?
  - Simulations assuming 300 tanks *a la* AUGER (B. Zhang, Penn State)  
→  $\epsilon > 20\%$  for  $E > 10^{16} \text{eV}$  &  $\theta < 75^\circ$  😊

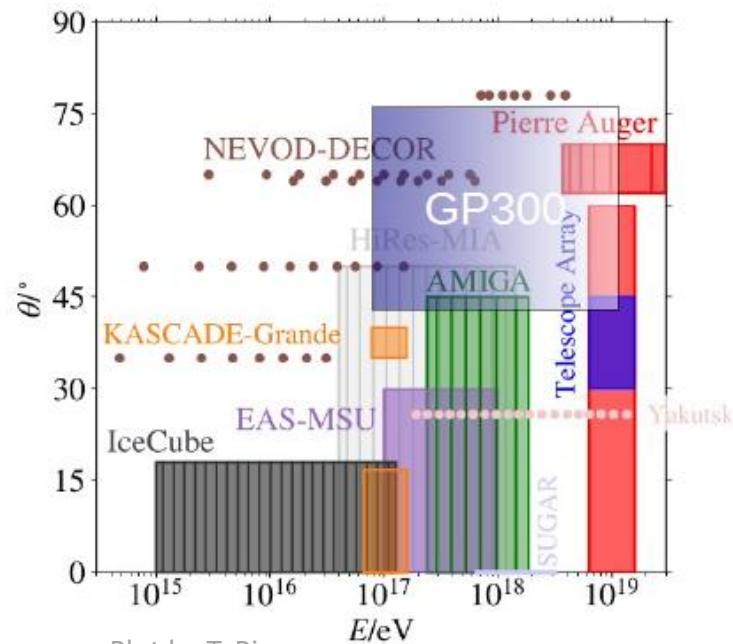
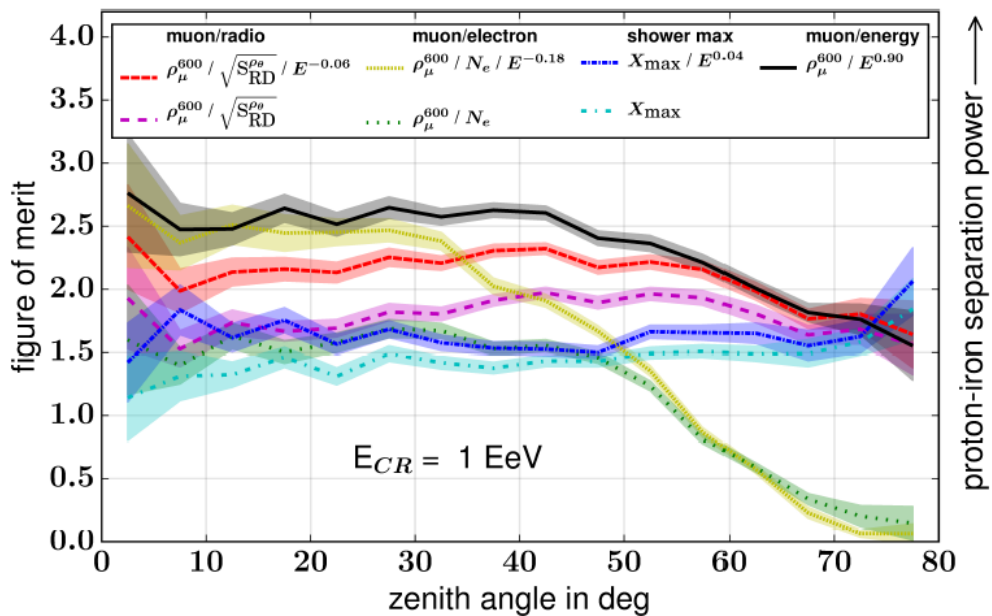




Only muons reach ground for  $\theta > 65^\circ$

➔ Independent shower-by-shower measurement of EAS muonic and electronic components

Zas, New Journal of Physics 7, 1302013130 (2005).



Plot by T. Pierog

Little-explored ( $E, \theta$ ) range



Holt et al, arXiv:1905.01409v1

Improved handle for primary determination