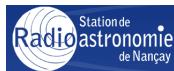


Gamma

Utiliser le radio-télescope **NenuFAR** pour observer des gerbes atmosphériques de photons gamma à la manière de CODALEMA

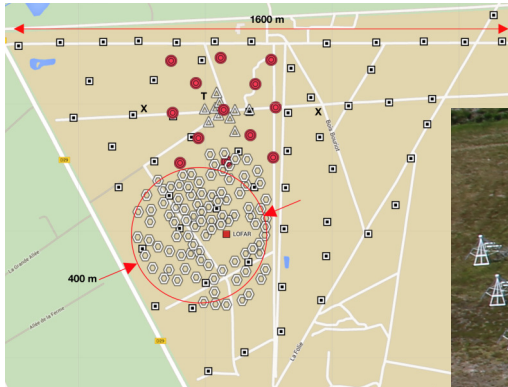
D. Charrier, R. Dallier, A. Escudie, D. Garcia-Fernandez, J.B. Jarnoux, L. Martin, B. Revenu



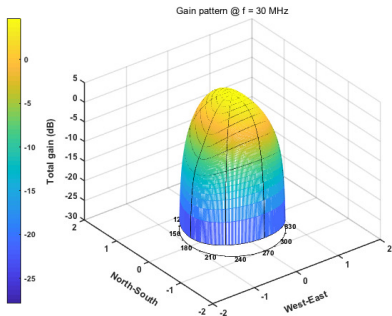
NenuFAR

New Extension in Nançay Upgrading LOFAR

- Réseau phasé & interféromètre, compatible LOFAR, SKA-low pathfinder @ [10-85] MHz.
- 1824 antennes : 96 Mini-Réseaux (MR) de 19 antennes (x2 pol.). Phasage analogique à l'échelle d'1 MR, puis numérique entre MR. Diamètre total ~400 m.
- Chaque MR : **Transient Buffer Board** (5 secondes de signal)
- Pointage sources (RaDec) : $-23^\circ \rightarrow +90^\circ$.



CODALEMA & Rayons Cosmiques : on ne sait pas d'où va venir le signal, il faut un large lobe d'antenne individuelle et indépendante (self-trigger)

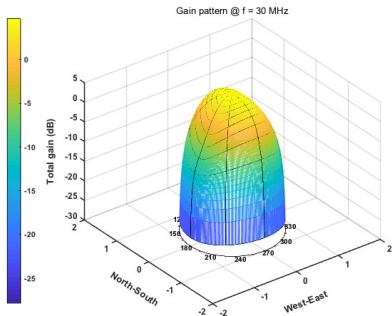


Déclenchement individuel sur impulsion radio
($2.5 \mu\text{s}$ @ 1GS/s)

L'information sur la gerbe et le primaire vient du profil du champ électrique \vec{E} au sol, mesuré sur plusieurs stations

Mais si on savait à l'avance d'où vient la gerbe ?

CODALEMA & Rayons Cosmiques : on ne sait pas d'où va venir le signal, il faut un large lobe d'antenne individuelle et indépendante (self-trigger)



Déclenchement individuel sur impulsion radio
($2.5 \mu\text{s}$ @ IGS/s)

L'information sur la gerbe et le primaire vient du profil du champ électrique \vec{E} au sol, mesuré sur plusieurs stations

Mais si on savait à l'avance d'où vient la gerbe ?

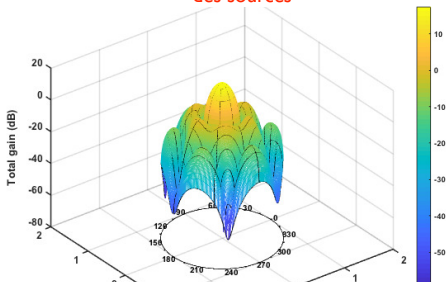
Photons gamma : on connaît a priori la source (catalogues HESS, MAGIC, VERITAS...)



Gerbe γ : énergie \rightarrow moindre que pour les RC, donc \vec{E} plus faible

\Rightarrow Augmenter la sensibilité de détection

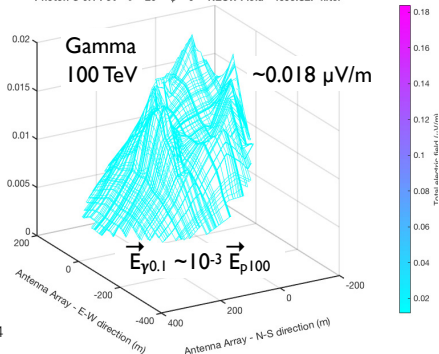
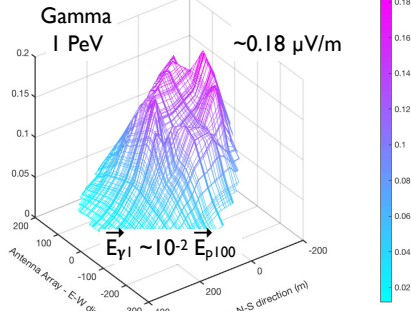
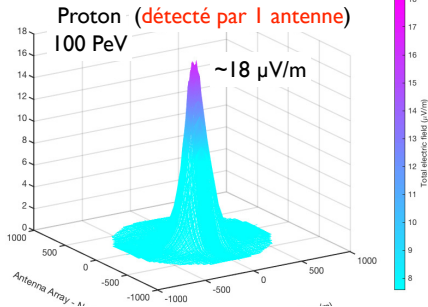
\Rightarrow Phaser plusieurs antennes et pointer en direction des sources



Gain | MR ~ 20 dB (vs 0 dB pour antenne seule)

Trigger \rightarrow Déclencher la lecture de tout le réseau NenuFAR pour obtenir l'empreinte de \vec{E} au sol, reconstruire l'énergie du photon "à la CODALEMA"

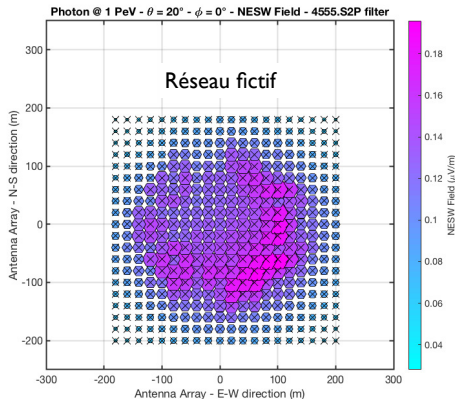
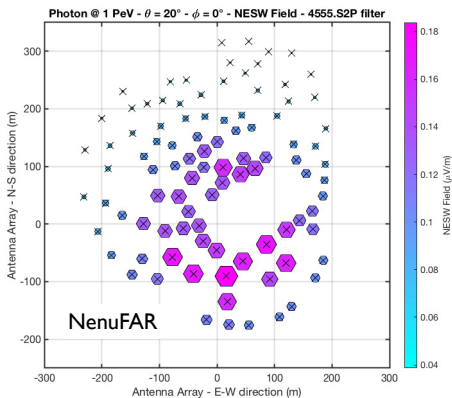
Cycle utile d'observation 100%



Comment faire le trigger ?

- Proportionnalité du champ électrique vs énergie (attendu)
- Détection actuelle (1 antenne) : qq $\mu\text{V/m}$
- Pour γ 1 PeV : ~ 100 antennes (5 MR)
- Pour γ 100 TeV : qq centaines (50 MR)

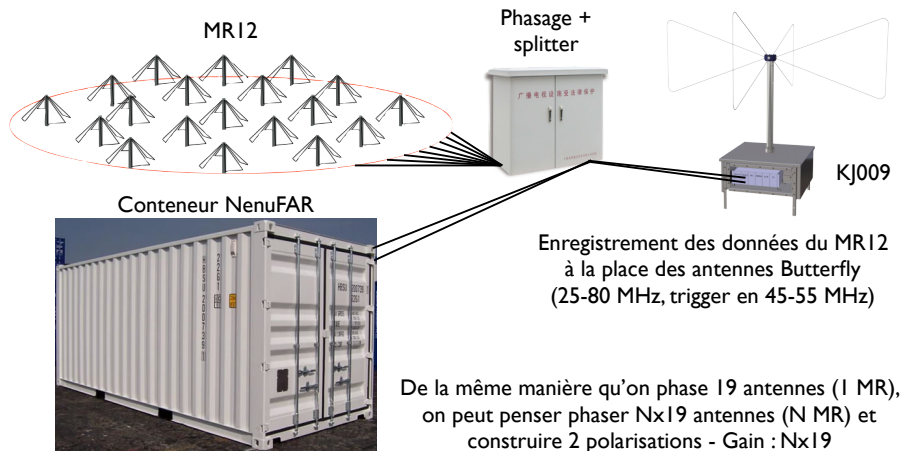
Profil au sol du photon très différent (extension \sim diamètre NenuFAR)



(1 PeV - [45-55] MHz)

Anneau Cerenkov visible !

Verrou technique : le trigger - Etat actuel des tests



La suite ?

- Prometteur ! Exploration d'une gamme d'énergies au dessus de HESS/CTA, sachant que la fraction de photons sur Auger ($\geq 1 \text{ EeV} = 1000 \text{ PeV}$) est (quasi) nulle : créneau à prendre !
 - Apprentissage de l'instrument : recherche du meilleur réglage de trigger niveau 2 (T2) pour "éliminer" les parasites. Design d'un nouveau filtre de trigger (passe bas 50 MHz ?)
 - Pas encore possible de "lire" tout NenuFAR sur un déclenchement, donc juste en phase de test de faisabilité. Recherche de coïncidences avec CODALEMA sur des rayons cosmiques, MRI2 "pointé" au zénith, en vue de comparaison de l'efficacité de détection et de la sensibilité en énergie.
 - On sait déjà que la sensibilité d'un seul MR n'est pas suffisante pour les γ qu'on pourrait observer : étude de solutions de phasage (analogique ? numérique ?) de plusieurs MR pour le trigger : carte TBB "LaNewBa" spéciale détournée pour phaser 4 MR ou 8 polarisations ?
- Améliorer les estimations de flux des gamma ($> 100 \text{ TeV}$) et du champ électrique produit, des sources à observer, et évaluer l'intérêt de cette proposition, donc entrer en contact avec la communauté gamma : financement PNHE dédié. Organisation d'un premier atelier de réflexion en avril-mai ? A Nançay ? Spécialistes des gamma sollicités : parlons-en !