

Micro-ondes et radio R&D: Projets et résultats

EASIER

Ioana C. Mariş (pour le groupe Auger)

LPNHE, Paris

Groupe EASIER

J. Aublin^a, C. Bérat^b, P. Billoir^a, C. Bonifazi^c, J. Chauvin^b, J. David^a, O. Deligny^d, R. Gaïor^a, S. Gambetta^{a, g}, P. Ghia^a, P. Lautridou^e, H. Lebbolo^a, D. Lebrun^b, S. Le Coz^b, A. Letessier-Selvon^a, I. Lhenry-Yvon^d, H. Lyberis^d, C. Macolino^a, I. C. Mariş^a, F. Montanet^b, M. Münchmeyer^a, R. Randriatoamana^a, R. Sato^f, P. Stassi^b, E. Thiery^a, A. Stutz^b, T. Suomijarvi^d

^aLPNHE, CNRS & UPMC, France

^bLPSC, Grenoble, France

^cUFRJ, Rio de Janeiro, Brazil

^dIPNO, Orsay, France

^eSubatech, Nantes, France

^fPierre Auger Observatory, Malargüe, Argentina

^gUniversity of Genoa, Italy

EASIER: Configuration du détecteur



Objectif

mesure de la partie electromagnetique des gerbes par des techniques innovantes + bas coût + 100% cycle utile

Détecteur MHz

- effet geo-synchotron, technique avancée: CODALEMA, LOPES, AERA
- bande VHF: 30-80 MHz, FAT dipole, seulement une polarisation, ouest-est

Détecteur GHz

- bremsstrahlung moléculaire, technique nouvelle, plusieurs experiences: MIDAS, CROME, AMBER
- bande C: 3.4-4.2 GHz, LNB + détecteur de puissance

EASIER: Configuration du détecteur



Objectif

mesure de la partie electromagnetique des gerbes par des techniques innovantes + bas coût + 100% cycle utile

Détecteur MHz

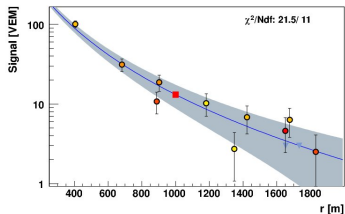
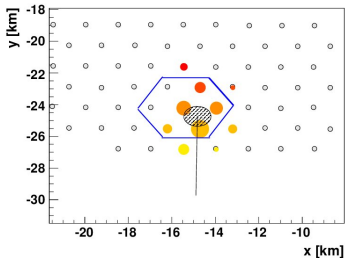
- effet geo-synchotron, technique avancée: CODALEMA, LOPES, AERA
- bande VHF: 30-80 MHz, FAT dipole, seulement une polarisation, ouest-est

Détecteur GHz

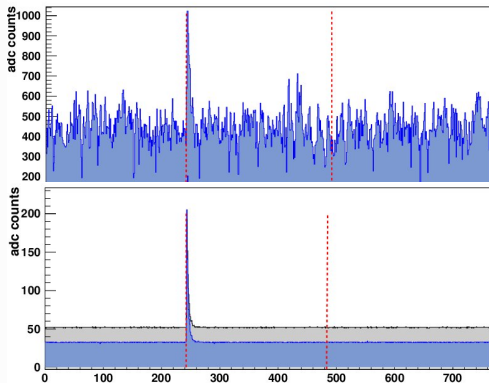
- bremsstrahlung moléculaire, technique nouvelle, plusieurs experiences: MIDAS, CROME, AMBER
- bande C: 3.4-4.2 GHz, LNB + détecteur de puissance

La détection MHz

Premier hexagone installé en Mars 2011



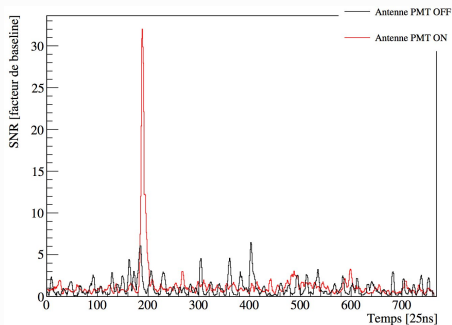
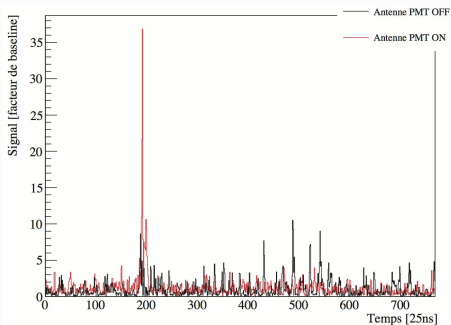
Popey(385), 400 m



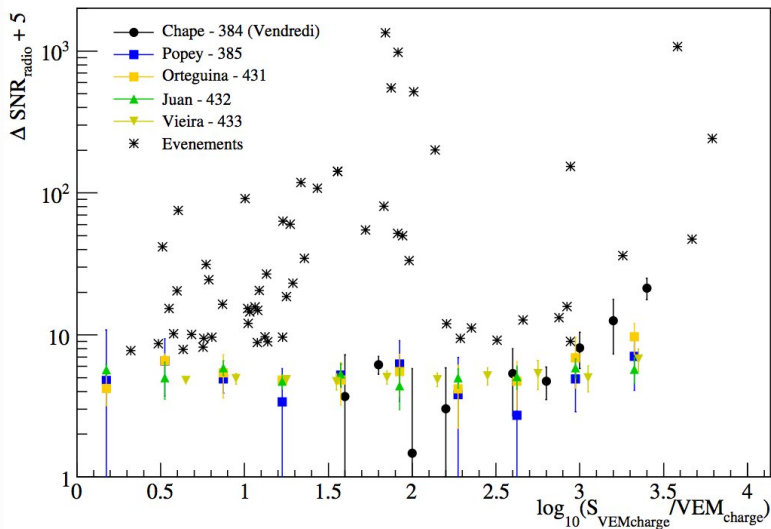
Evenement: 11421016, 1er Avril 2011

Etude de bruit

- antennes à côté des cuves: bruit induit par les PMTs/l'électronique des cuves?
- déclenchement des cuves par la LED $\Rightarrow$ PMT éteint ou allumé

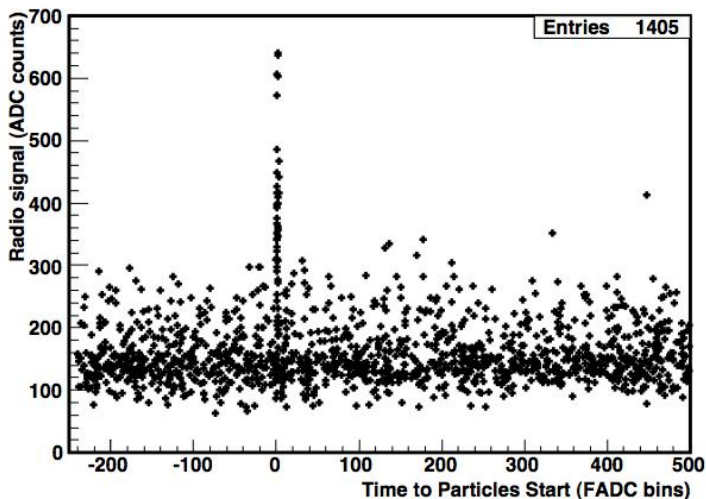


Etude de bruit en comparaison avec les événements



→ le bruit des cuves est négligeable!

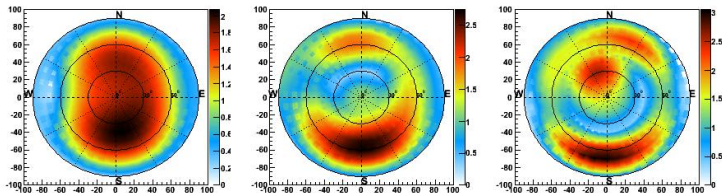
Coincidences en temps



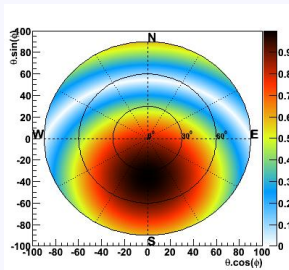
- coincidence claire entre le temps d'arrivée des particules et les signaux radio
- sélection des données avec un bon SNR (36 événements en 3 mois)

La direction d'arrivée des événements

Le lobe de l'antenne à 30, 50 et 70 MHz (HFSS)



Le champ magnétique ($\nu \times B$)

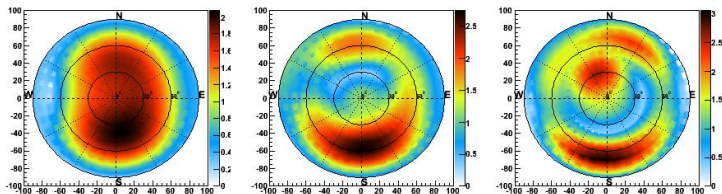


Les données

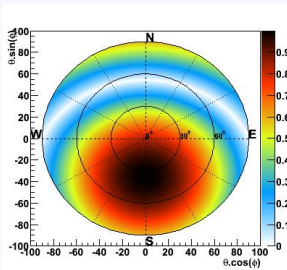
Direction de détection préférée: sud

La direction d'arrivée des événements

Le lobe de l'antenne à 30, 50 et 70 MHz (HFSS)

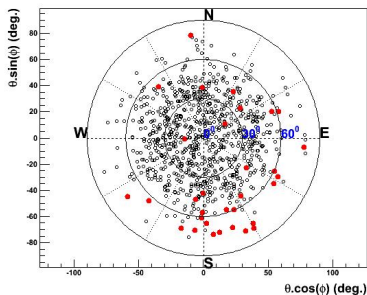


Le champ magnétique ($\nu \times B$)

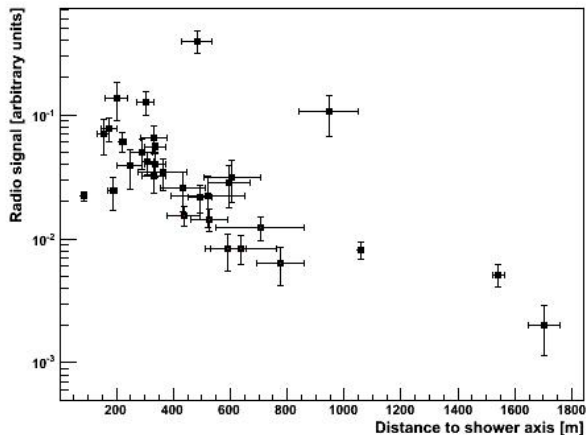


Direction de détection préférée: sud

Les données



Distribution laterale du champ électrique

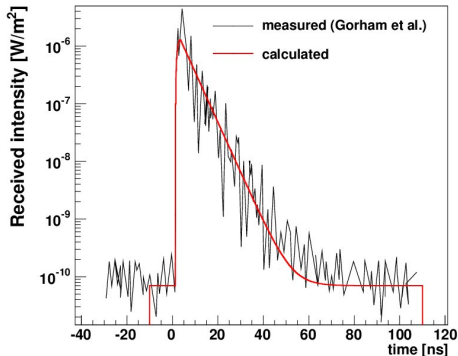
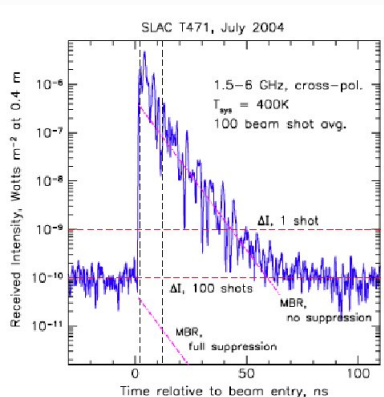


- signal radio normalisé par l'énergie et $[\nu \times B]_{EW}$
- champ électrique $\propto \exp(-d/D)$, longueur caractéristique:
D= 200 m

La detection GHz

Bremsstrahlung moléculaire

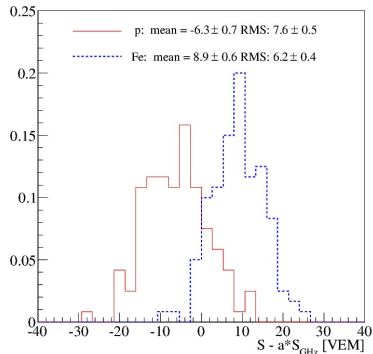
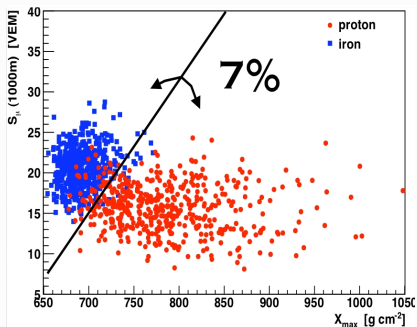
- électrons libres de basse énergie ($< 10 \text{ eV}$), accélérés par des collisions avec les champs moléculaires
- isotropique et non-polarisée



- reproduire l'expérience: yield $1.2^{-19} / \text{Hz}$, dépendance: $N_e ? N_e^2$

Sensitivité à la composition du primaire

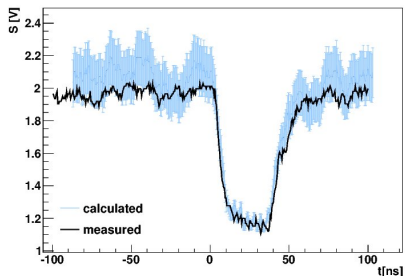
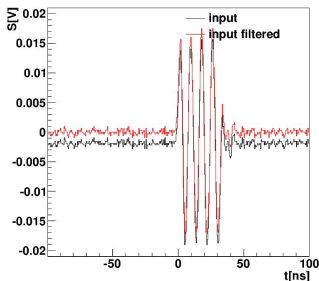
38 degrés



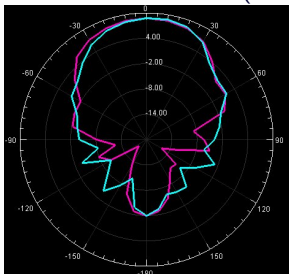
- corrélation entre le signal des cuves et X_{max} + anti-corrélation entre le signal GHz et X_{max}
- atténuation faible dans l'atmosphère et 100% de cycle utile

Simulation du détecteur

Détecteur de puissance et filtres

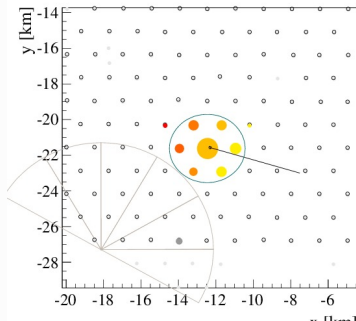
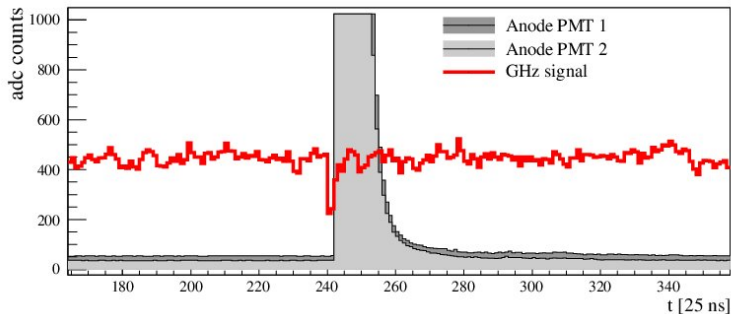


Simulations de l'antenne(HFSS)



- DMX 242 (3.4-4.2 GHz)
- LNB (70 dB, 950-1750 MHz)

La premiere mesure dans la bande 3.4-4.2 GHz

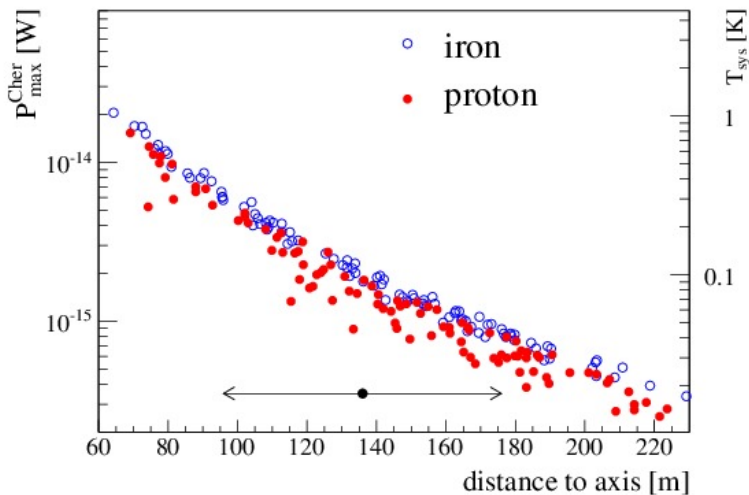


30 Juin 2011

- énergie: $1.3 \pm 1 \times 10^{19}$ eV
- angle: 30 degrés
- distance antenne- axe de la gerbe: 136 ± 40 m
- significance: 14σ

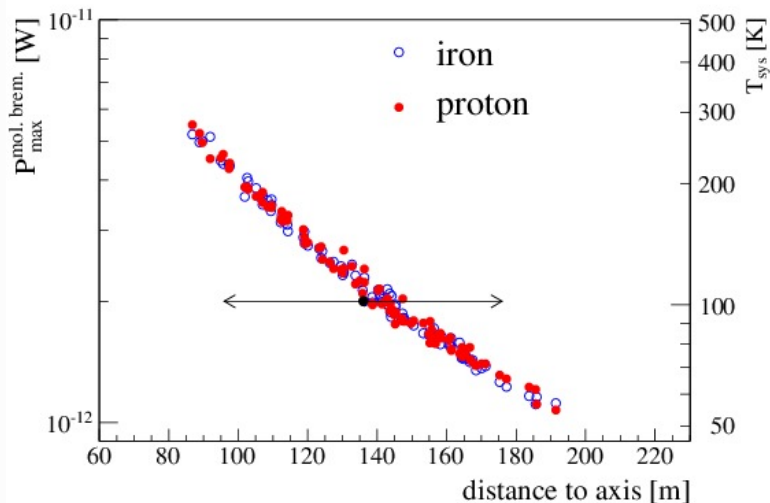
→ bremsstrahlung moléculaire?

Contribution Cherenkov?



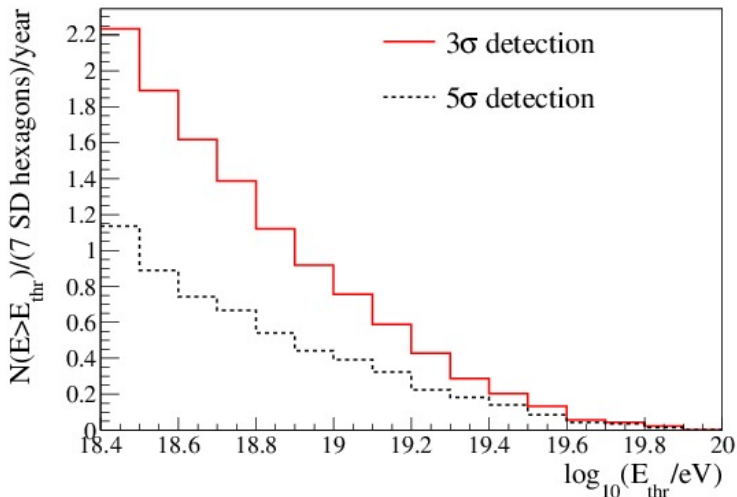
- extrapolations de calculs faits pour le détecteur de fluorescence
- première approximation: la contribution est faible

Calculs du bremsstrahlung moléculaire



- extrapolation des mesures faites en laboratoire
- signal compatible avec une dépendance linéaire avec le nombre d'électrons

La fréquence des événements



- avec un seul hexagone: 1.14 événements avec une énergie $> 3 \times 10^{18}$ eV par an

EASIER: Contributions du LPNHE

- concept et proposition (A. Letessier-Selvon)
- mécanique (P. Repain), électronique (H. Lebbolo, J. David, R. Gaïor)
- analyse (le groupe entier) et simulations (I. Mariş)
- installation (A. Letessier-Selvon, R. Gaïor)

Le statut actuel

- prise de données sans influence sur le détecteur de surface
- MHz: bruit des cuves négligeable, analyse des données en cours
- GHz: première évidence (14σ) d'un signal émis par une gerbe atmosphérique dans la bande 3.4-4.2 GHz

Optimisation du detecteur MHz

- étude de la position de l'antenne pour obtenir un lobe isotrope
- réduire le bruit (filtrage, cablage)
- simulation de l'effet geo-synchroton
- calibration du détecteur

GHz: Agrandissement du surface effective et optimisation

- installation de 50 antennes supplémentaires en Novembre 2011
- but: confirmation du signal observé
- optimisation et calibration du détecteur, analyse des données