



RADIODETECTION DES GERBES COSMIQUES: L'EXPERIENCE CODALEMA

Thomas SAUGRIN

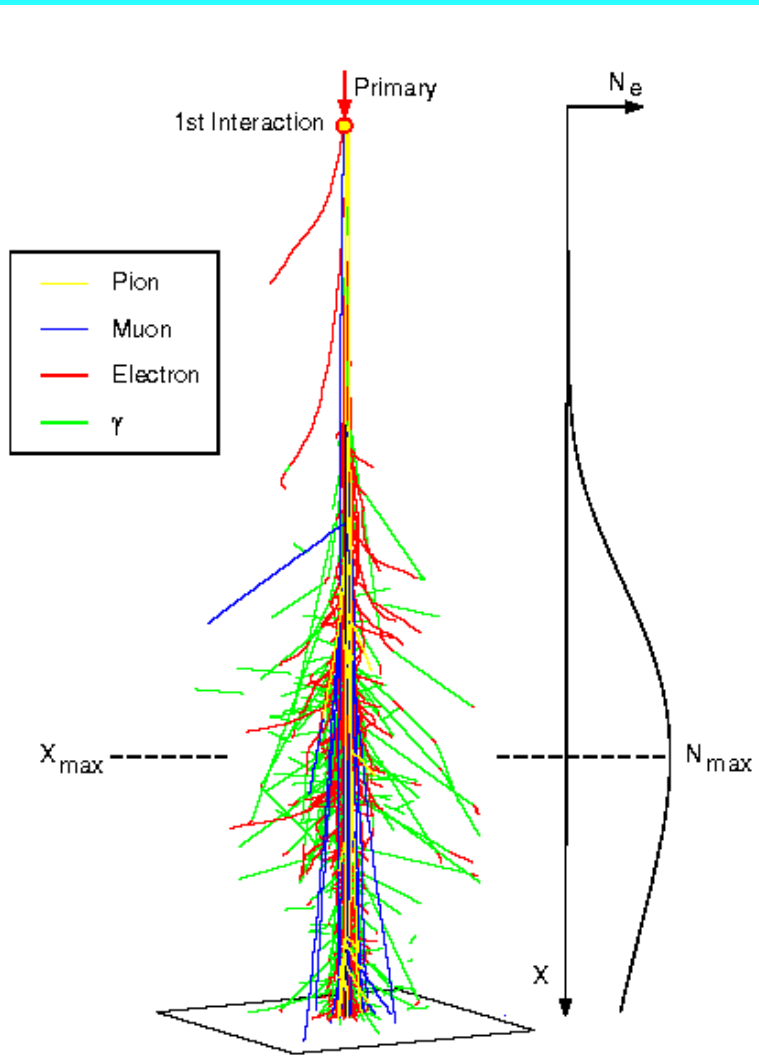
Pour la collaboration CODALEMA

SUBATECH - Université de Nantes - EMN - IN2P3

SOMMAIRE

- Principe de la radiodétection
- L'expérience CODALEMA
 - Configuration initiale
 - Résultats
- Evolution de CODALEMA
 - Scintillateurs
 - Dipôle actif
 - Premiers résultats

CHAMP ELECTRIQUE INDUIT PAR UNE GERBE



Mécanismes de création:

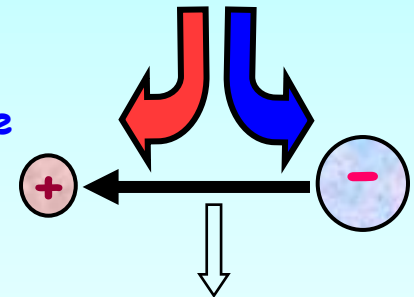
- Excès de charges en mouvement:

$\sim 10\% e^- / e^+$



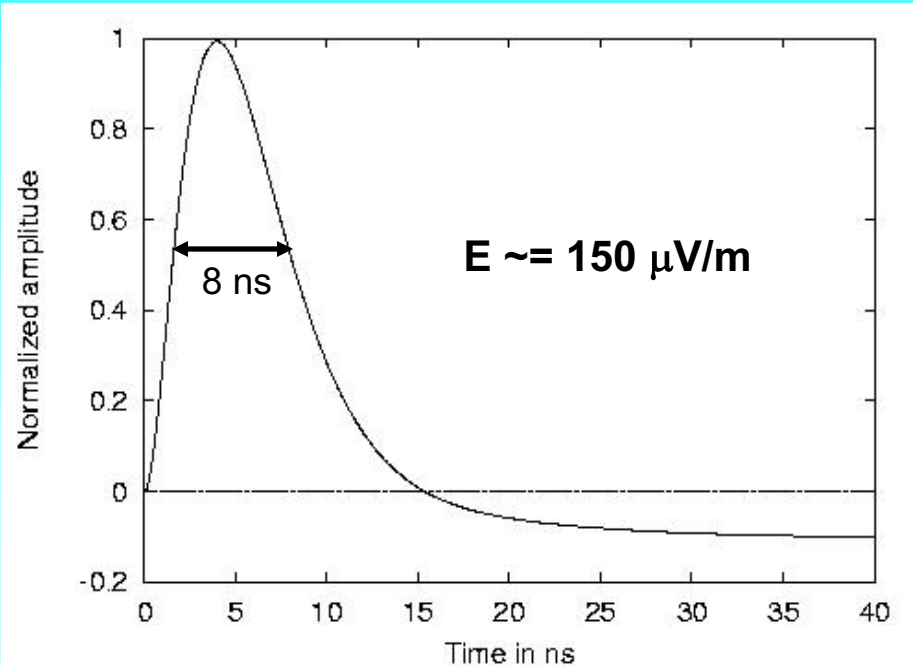
- Effets géomagnétiques sur les paires e^-/e^+ (émission synchrotron, courant dipolaire):

➔ **Courant transverse d'alimentation du dipôle**

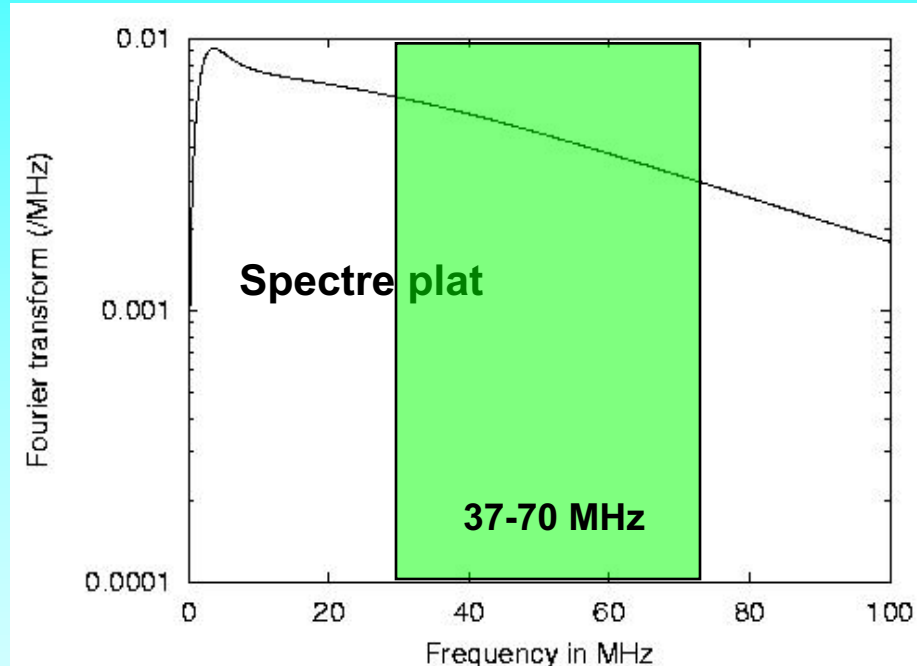


SIGNAL RADIO A 10^{17} eV

➔ Simulation du champ électrique induit par une gerbe verticale à faible paramètre d'impact



Domaine temporel



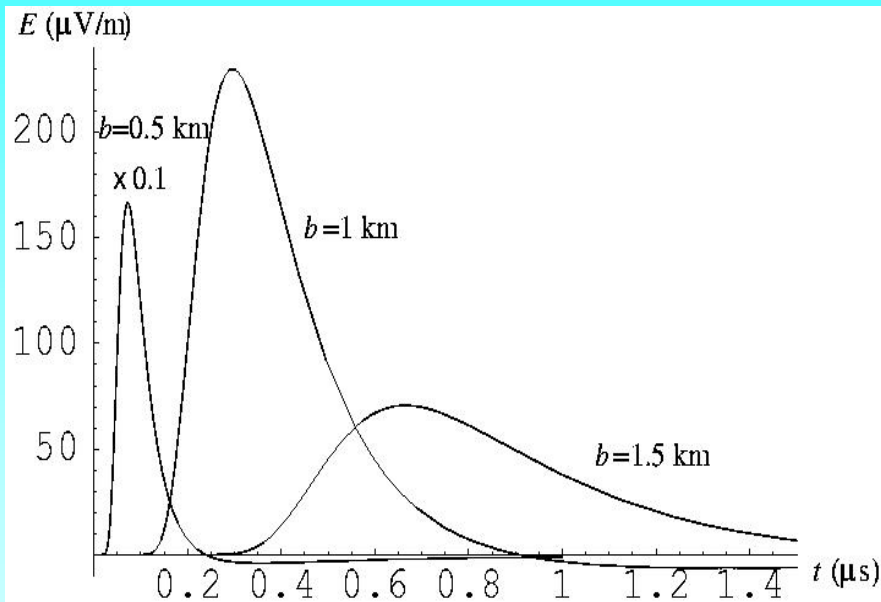
Domaine fréquentiel

Radiodétection à faible paramètre d'impact (cas de CODALEMA):

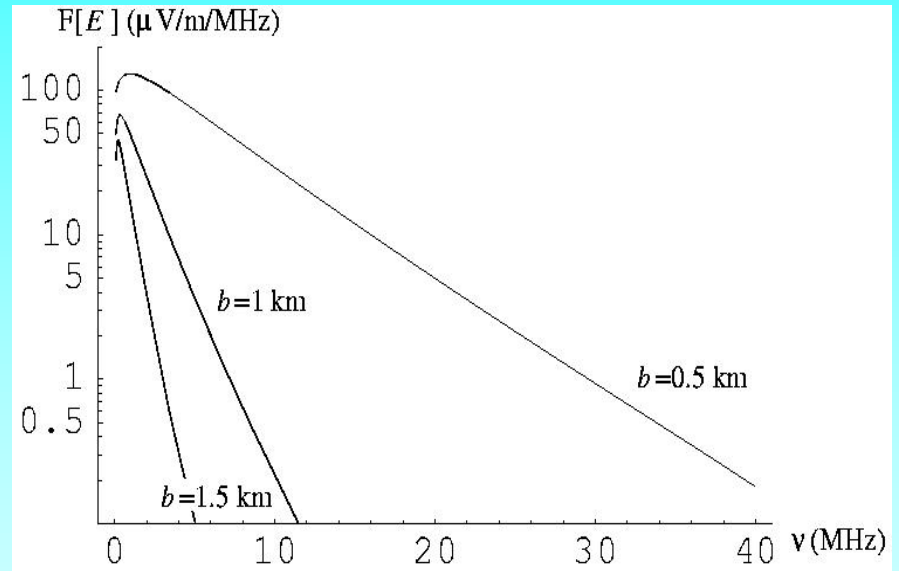
➔ **Antennes à large bande passante**

SIGNAL RADIO A 10^{20} eV

→ Simulation du champ électrique induit par une gerbe verticale ($X_{\max}=1700\text{m}$)



Domaine temporel



Domaine fréquentiel

Radiodétection d'une gerbe à grand paramètre d'impact:

→ **- Antennes à large bande passante (notamment <40 MHz)**

LA RADIODETECTION

→ Le signal radio contient des informations **intégrées sur tout le développement de la gerbe** :

- Amplitude → **ENERGIE DU PRIMAIRE**

- Forme du signal → **NATURE DU PRIMAIRE**

→ Cycle utile proche de 100%

→ Détecteur fiable, robuste et peu onéreux

2001: Début de l'expérience CODALEMA

→ **VALIDER LE PRINCIPE DE LA RADIODETECTION A 10^{17} eV**

L'EXPERIENCE CODALEMA

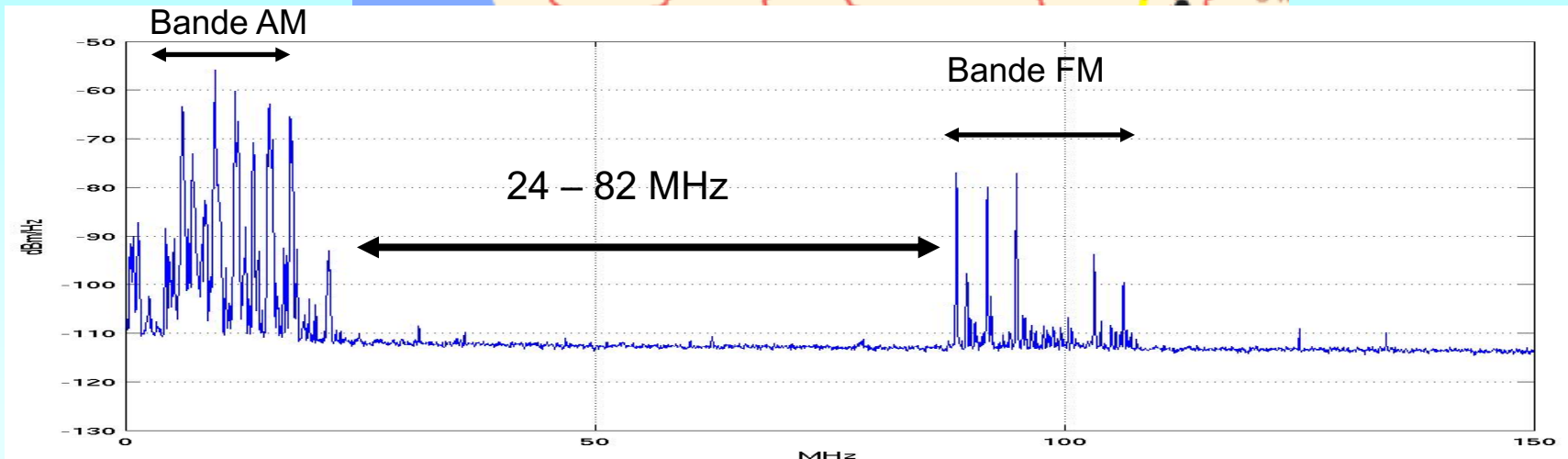
→ Situation géographique: Observatoire de radio-astronomie de Nançay

→ Antennes log-périodiques:

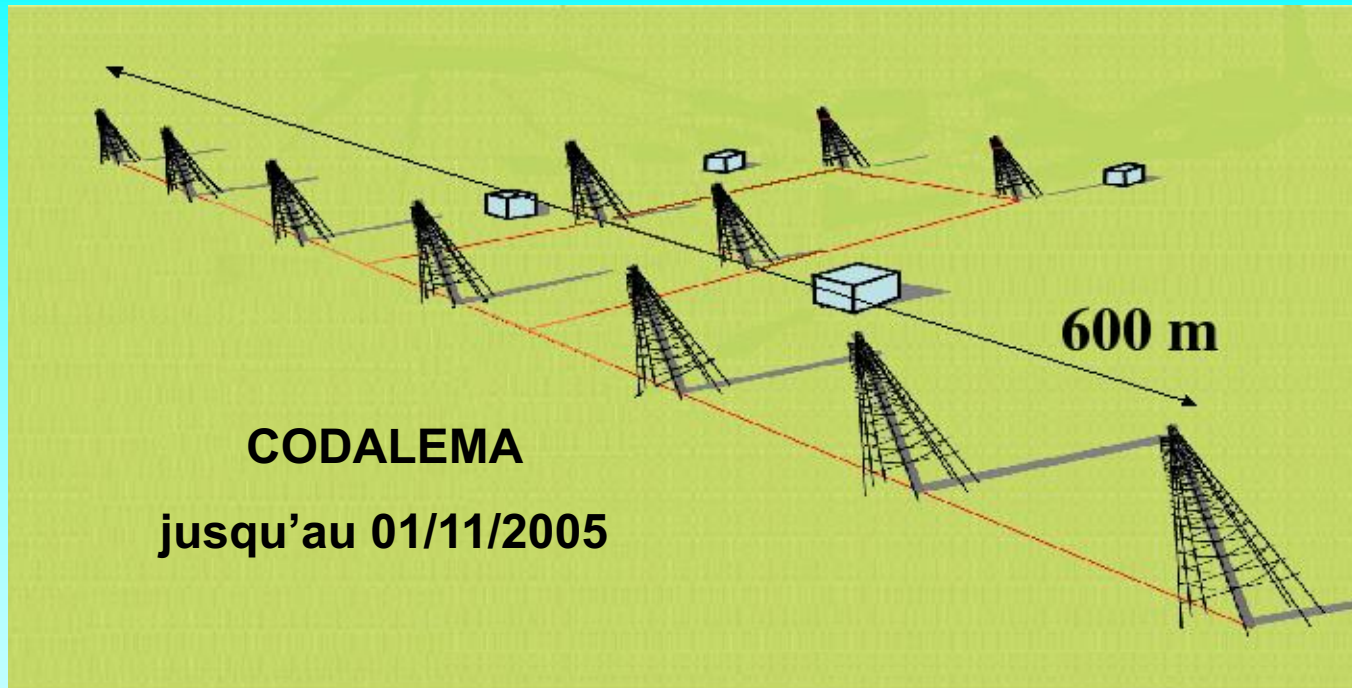
- Utilisées par le réseau décimétrique (DAM)
- polarisées circulairement
- bande passante: 24 – 82 MHz



→ Ciel radio « propre »

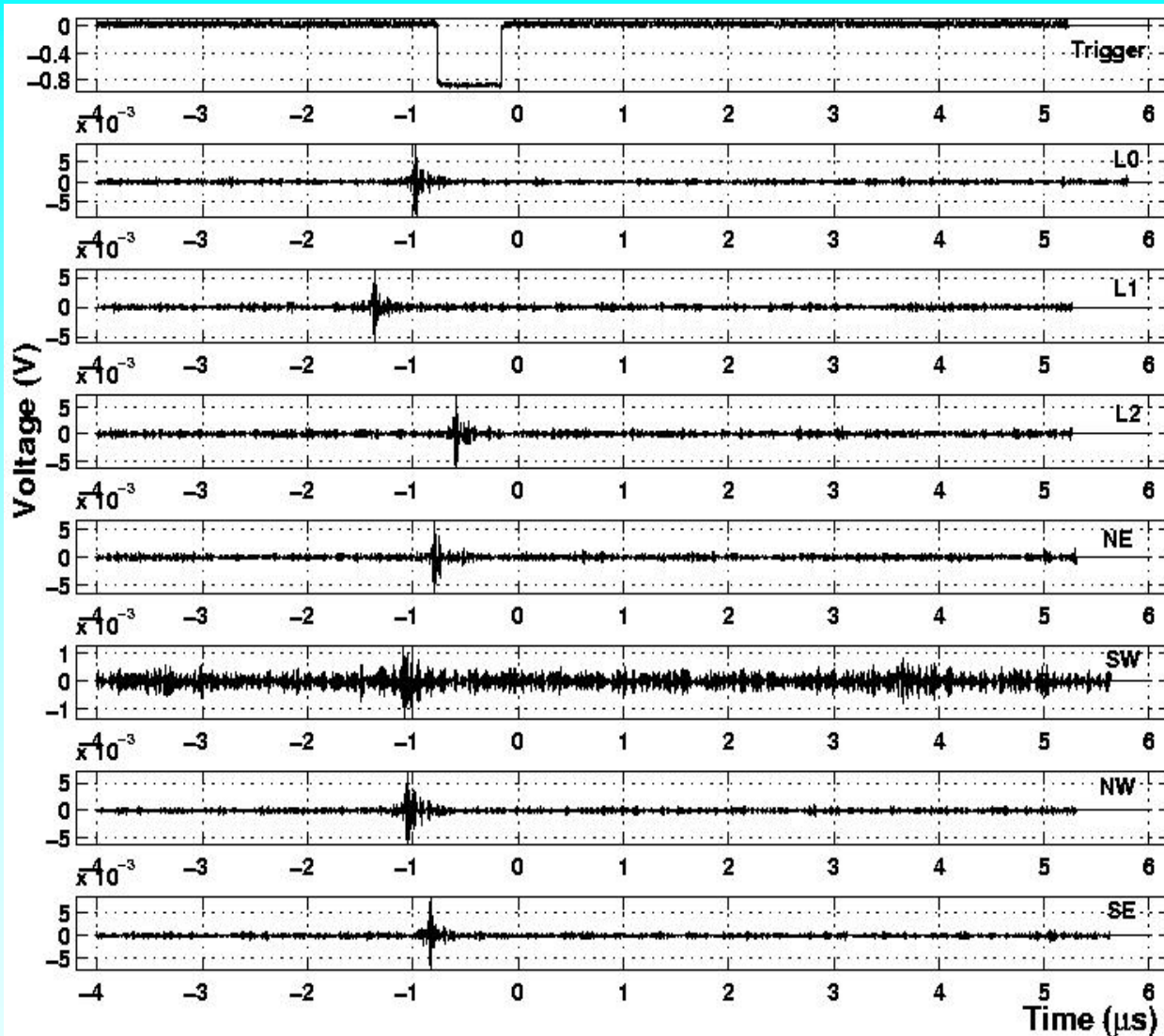


L'EXPERIENCE CODALEMA



- 11 antennes spirales log-periodiques (bande passante 24-82 MHz)
- Trigger : 4 stations scintillateurs (1.5 m x 1.5 m) en coincidence
- Acquisition : oscilloscopes (ADC 8bits, fréquence d'échantillonnage 500 MHz)

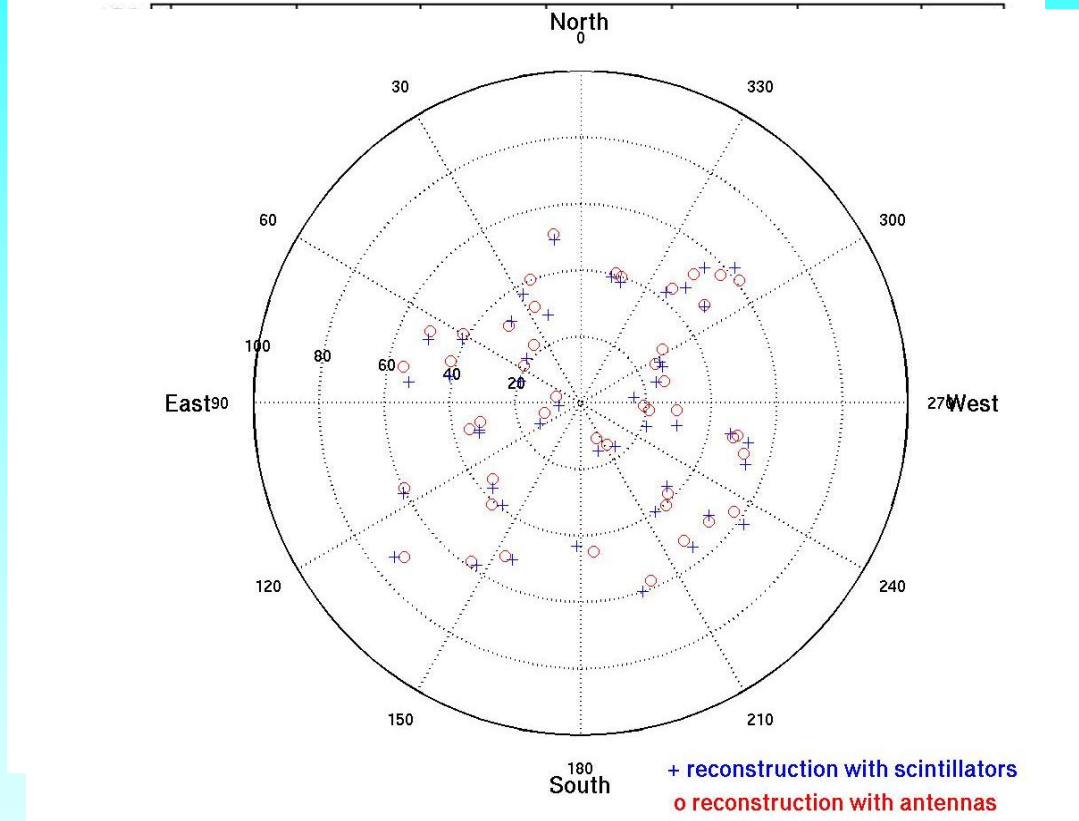
L'EXPERIENCE CODALEMA



IDENTIFICATIONS DES GERBES

➔ Distribution du délai entre l'arrivée du front particule et du front radio:

➔ Distribution de la différence angulaire entre reconstruction particule et radio:



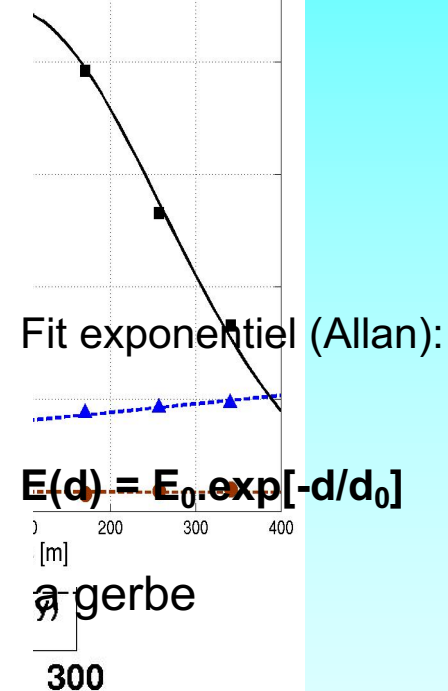
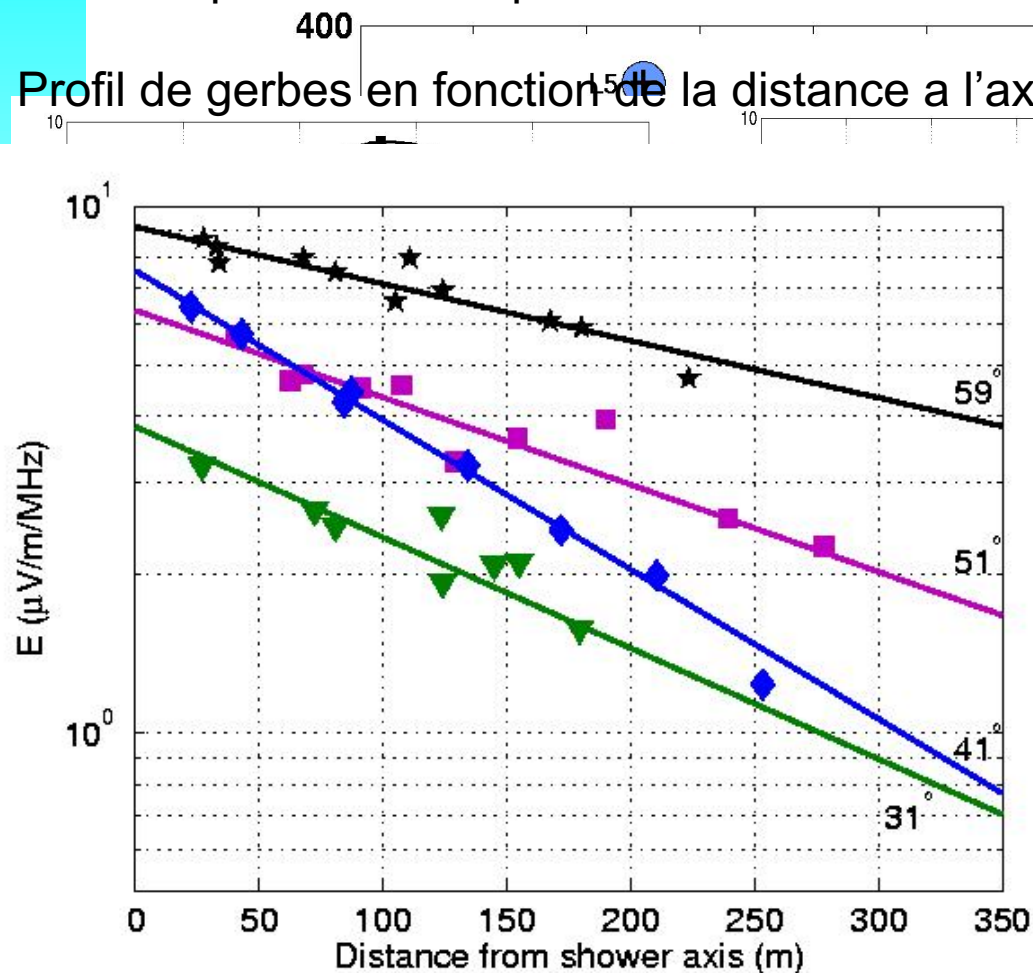
CANDIDATS GERBE

NIM A 555 (2005) 148

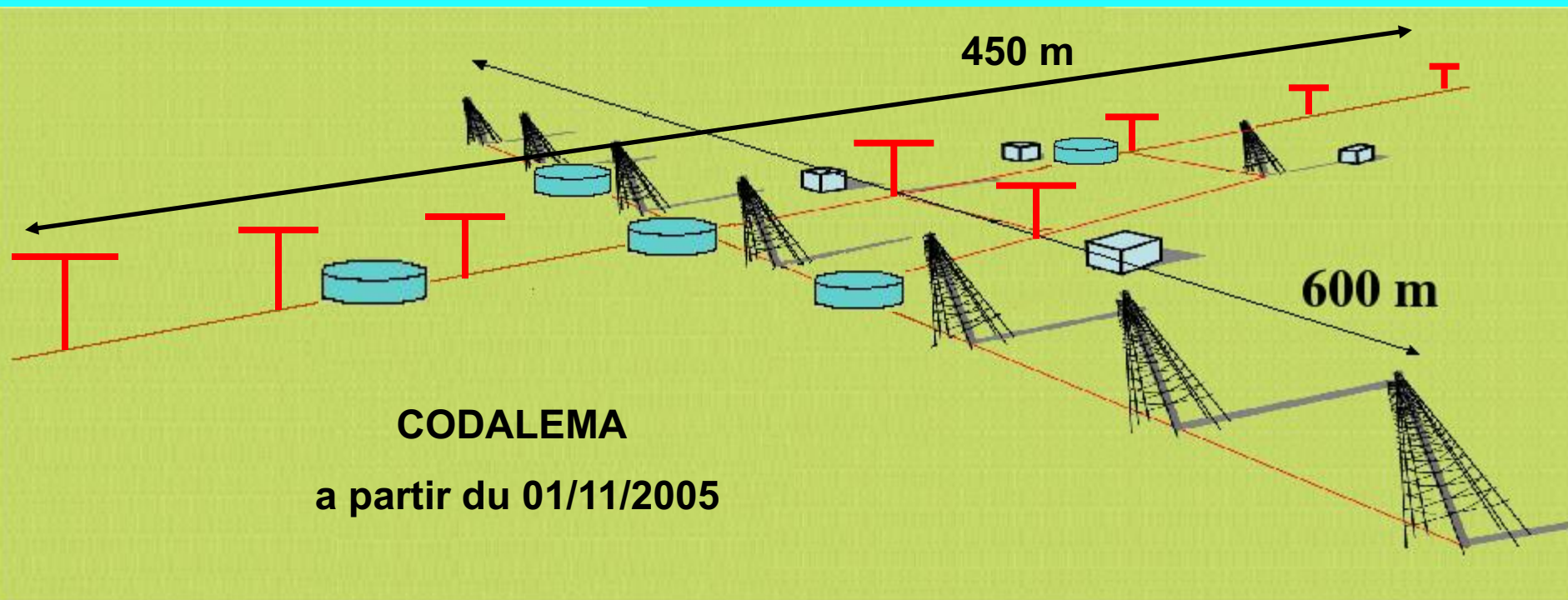
➔ **PREUVE EXPERIMENTALE DE LA RADIODETECTION**

ETUDE DU CHAMP ELECTRIQUE

- ➔ Exemple de la topologie du champ E sur un évènement
- ➔ Etude du profil du champ dans les axes Nord-sud et Est-Ouest
- ➔ Profil de gerbes en fonction de la distance a l'axe



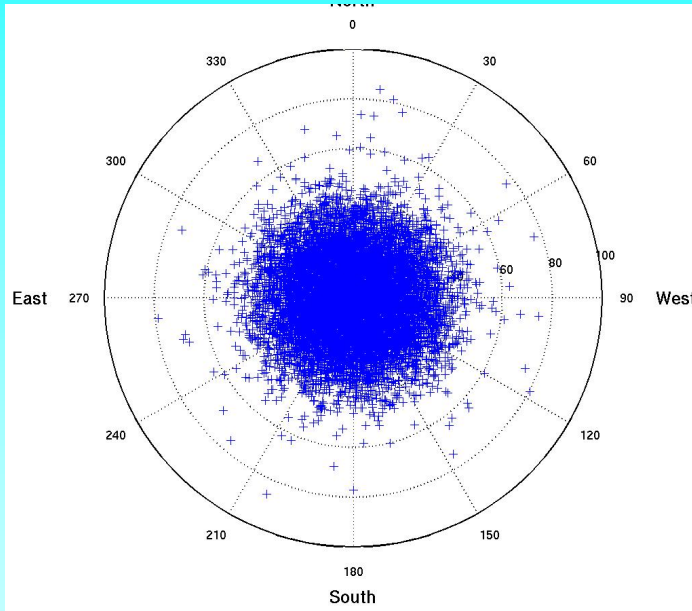
NOUVELLE CONFIGURATION DE CODALEMA



- ➔ Nouvelles antennes: **8 dipôles actifs**
- ➔ Nouveau trigger: **5 scintillateurs** (LPSC Grenoble)
- ➔ Acquisition: **Cartes MATAcq 12 bits, échantillonnage 1 GHz** (LAL)

SCINTILLATEURS

→ Trigger CODALEMA: 5 scintillateurs



Trigger:

200 evts/jour



Seuil en énergie:

$\sim 2 \cdot 10^{15}$ eV

Estimation correcte pour : $\theta < 60^\circ$

→ Seuil en énergie plus élevé

→ Accès à de nouveaux paramètres de la gerbe:

→ Estimation de la position du coeur de gerbe

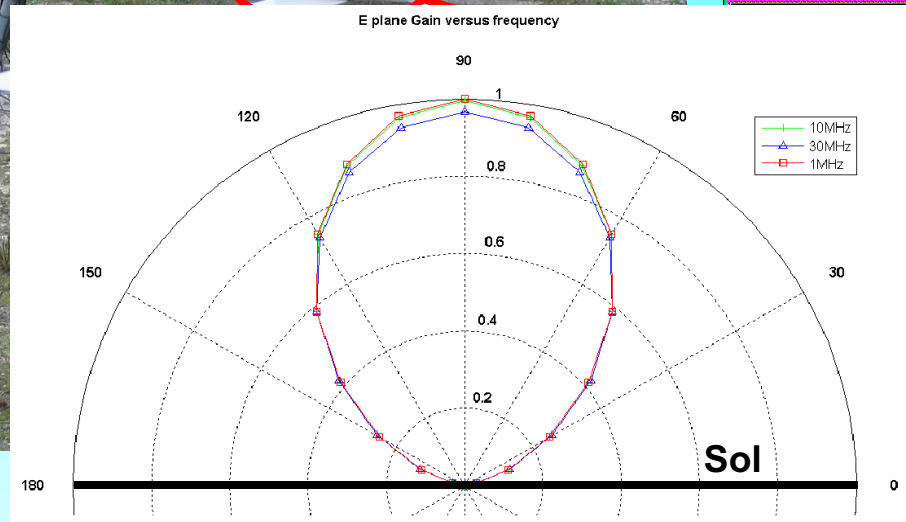
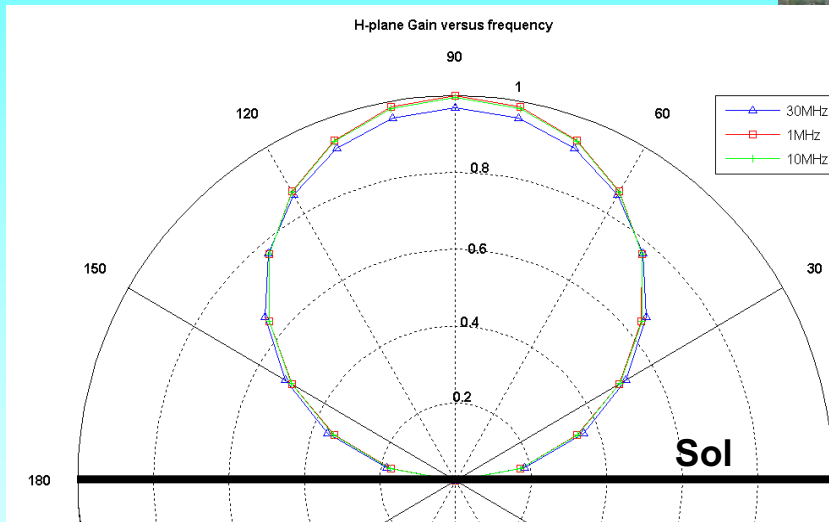
→ Estimation du nombre d'électrons dans la gerbe

DIPOLE ACTIF

→ Antenne active à **large bande passante** (dipole + ASIC)

Caractéristiques du dipole Gain constant assuré par l'ASIC

- Longueur: 0,2 m
- Largeur: 10 cm
- Ouverture angulaire: - **120°** dans le plan perpendiculaire à l'antenne
- **90°** dans le plan **parallèle** à l'antenne

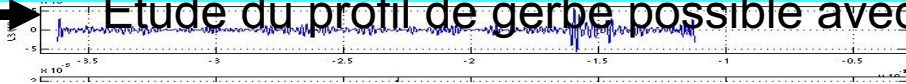


→ Un dipole mesure une **polarisation linéaire**: étude de la polarisation du champ électrique en utilisant des dipôles croisés

PREMIERS RESULTATS

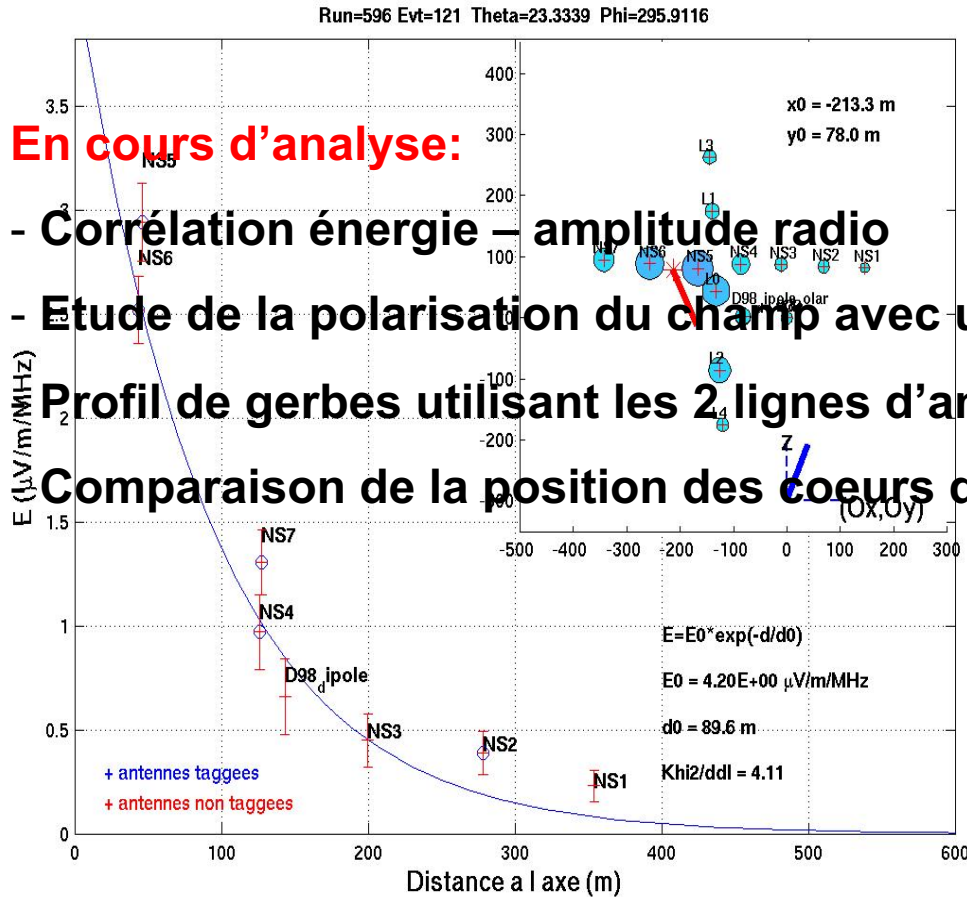
57 évènements type gerbe en 70 jours: ~ 0.8 evt/jour

Etude du profil de gerbe possible avec les dipoles



Log antennes

Dipoles



le actif est capable
de capturer des gerbes

A SUIVRE...

➔ Remplacement de la ligne d'antennes log par une ligne de dipôles

➔ **Facilite l'étude des profils de gerbes**

➔ Extension du champ de scintillateurs

➔ **Meilleure précision sur l'énergie**

➔ Test des stations autonomes

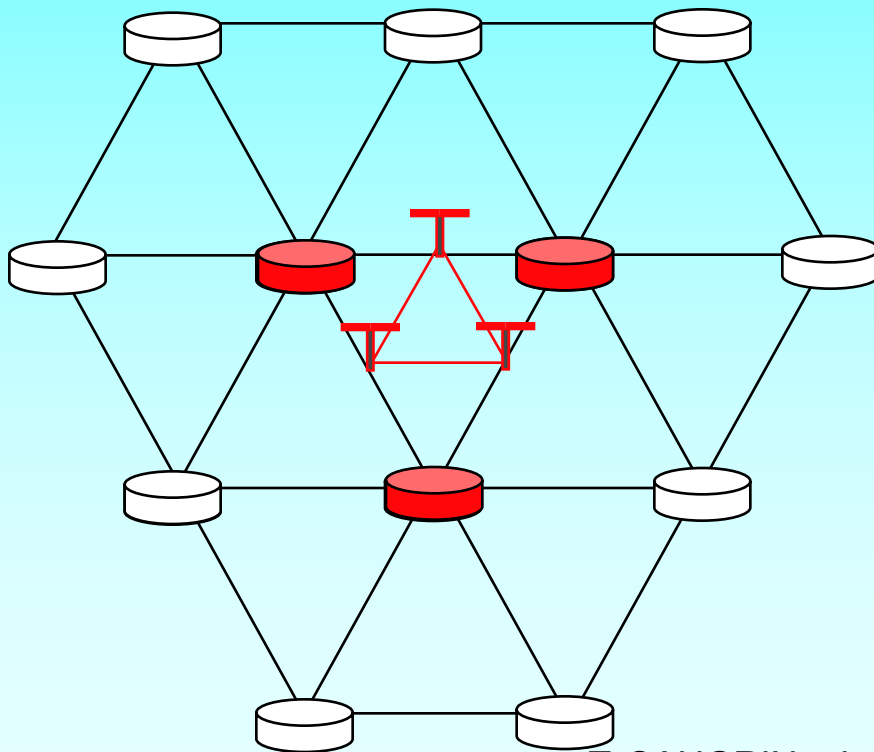
➔ Déploiement de dipôles croisés pour étudier la polarisation du champ électrique

➔ Acquisition commune Trigger - Antennes

RADIODETECTION AUPRES D'AUGER

Implantation de 3 antennes autonomes sur Auger (Novembre 06)

- ➔ **Tester la radiodétection à tres haute énergie**
- ➔ **Tester la radiodétection à grand paramètre d'impact**



- Trigger et acquisition **independants** d'Auger
- Position optimale pour la detection **et** la triangulation
- Taux de trigger radio \approx 1Hz
- Taux d'évènements attendu: ??