

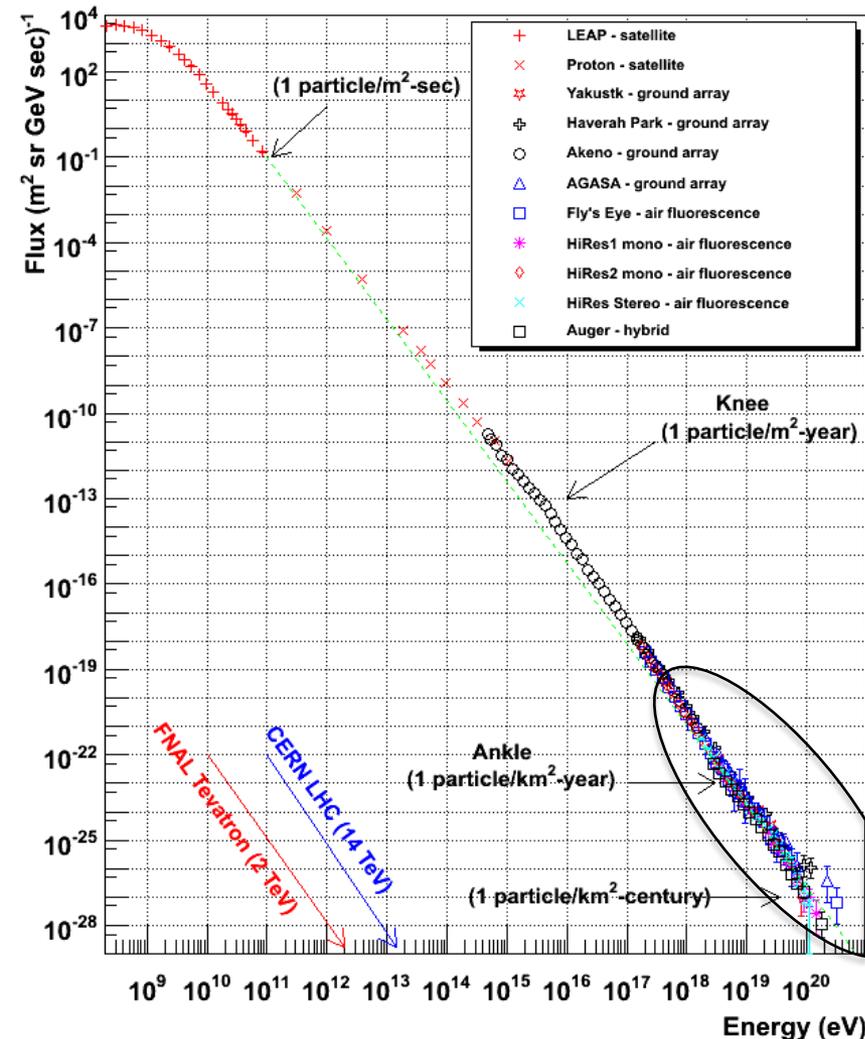
Groupe Auger

Bilan 2010-2014 & perspectives

Thématique de recherche :
Les rayons cosmiques d'ultra haute énergie

Corinne Bérat, pour le groupe Auger

Physique du rayonnement cosmique à ultra haute énergie ($E > 10^{18}$ eV)



• Enjeux

- Astrophysique : études des sources et des processus d'accélération et de propagation.
- Physique des particules : exploration du domaine d'UHE, nouvelle physique ?

• Détection

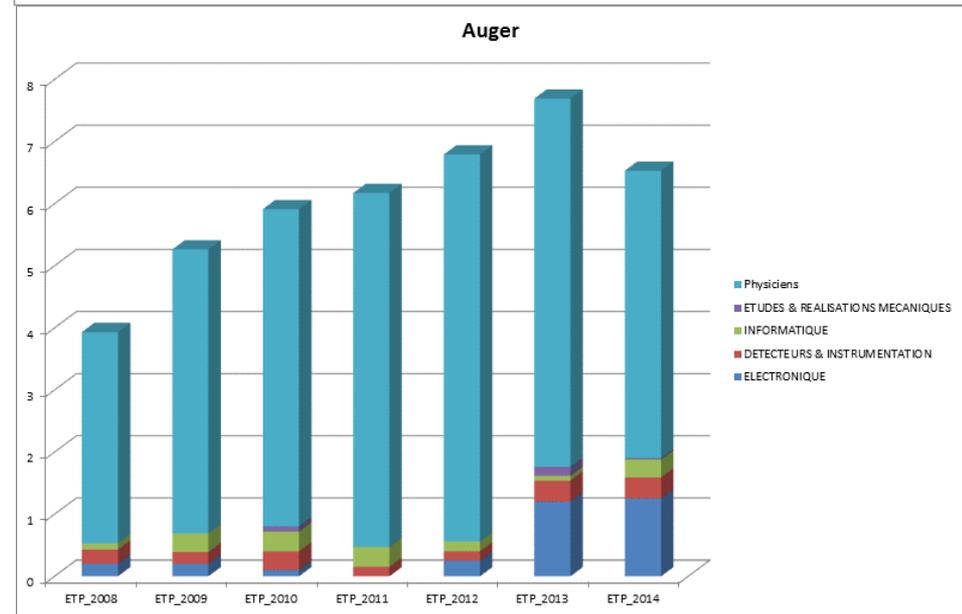
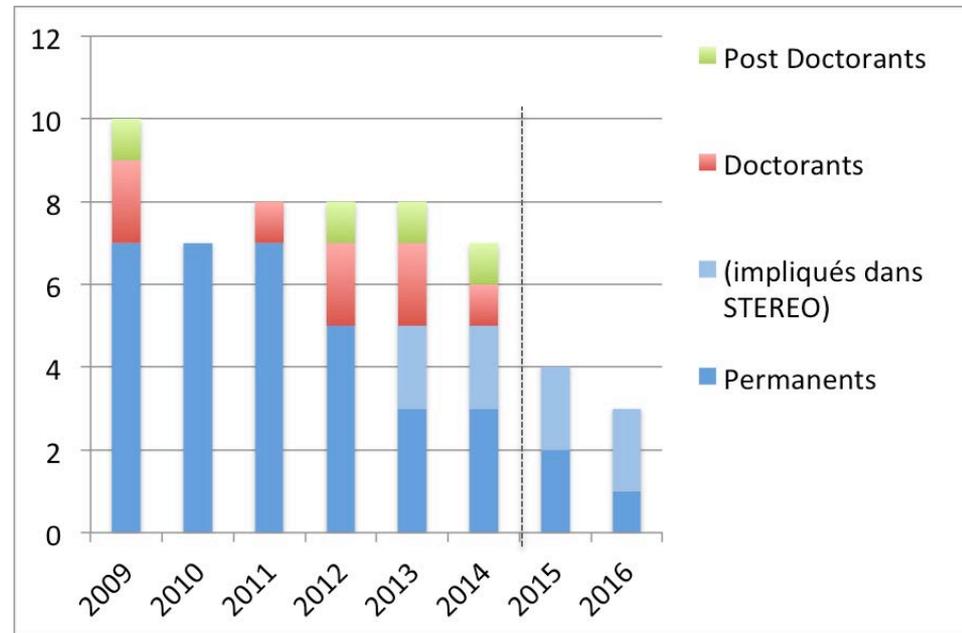
- Flux extrêmement faible
 - Grande surface de détection au sol
 - Mesure des gerbes atmosphériques

• Observatoire Pierre Auger (3000 km^2)

- Détection hybride des gerbes atmosphériques
 - 1660 détecteurs de particules au sol
 - 27 télescopes de fluorescence
- **Collaboration internationale**, 19 pays, 93 instituts

Groupe Auger

- **Physique des RCUHE**
 - Depuis 2002
 - Détection radio des gerbes depuis 2005
 - Membre de la collaboration Auger depuis 2006
- **Services techniques les plus impliqués dans les activités du groupe**
 - détecteurs et instrumentation
 - électronique
 - Informatique
- **Financements**
 - IN2P3
 - 2013 : 30 k€ - 2014 : 19 k€
 - ANR (GIGAS, R&D radio GHz)
 - 2013 : 30 k€ - 2014 : 18 k€



Bilan



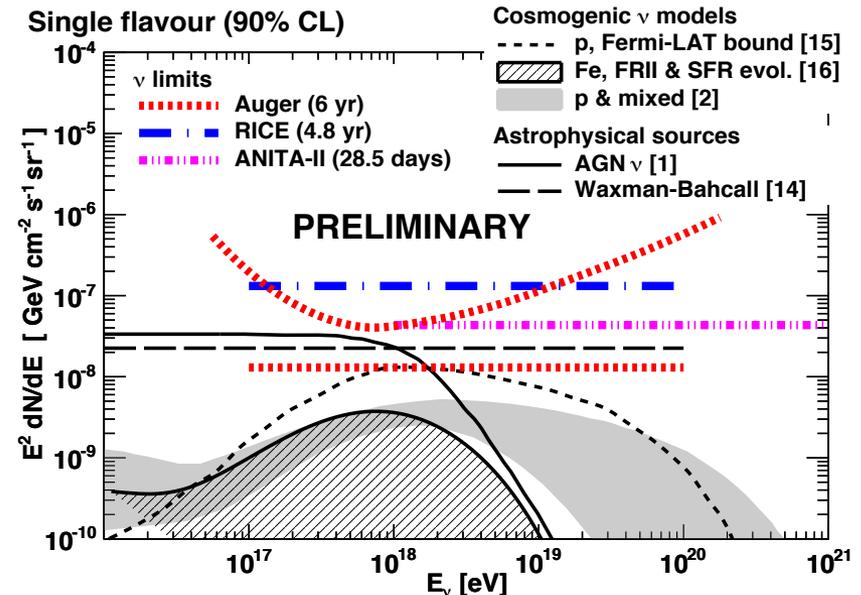
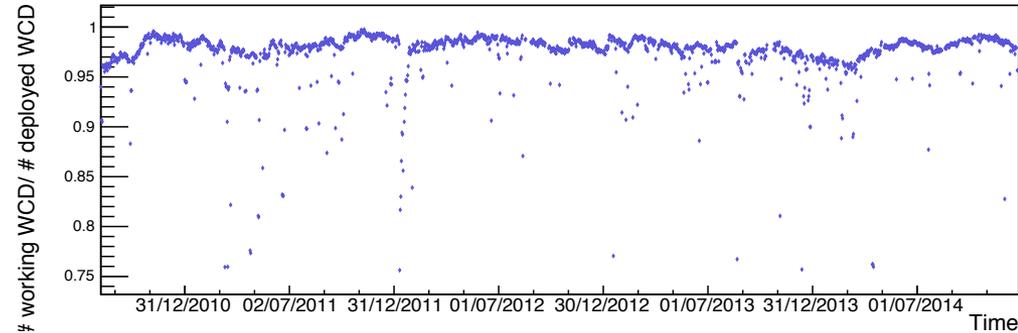
Activités du groupe au sein d'Auger

- **Participation au fonctionnement d'Auger**

- Contrôle en ligne du détecteur
- Caractérisation de l'atmosphère
- Interface graphique pour l'acquisition d'AERA (Auger Engineering Radio Array)

- **Rayons cosmiques d'ultra haute énergie**

- Recherche de neutrinos (thèses soutenues en 2009 et 2013)
- Interactions hadroniques (co-task leader)



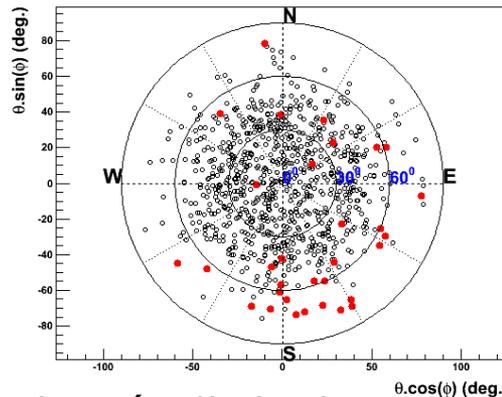
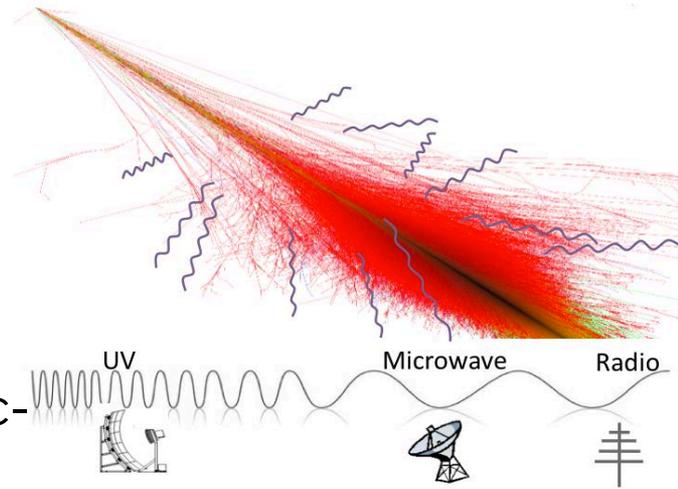
Détection radio des gerbes atmosphériques

- **Objectifs**

- recherche de nouvelles observables liées à la nature des rayons cosmiques

- **Projet EASIER**

- principe : intégration d'antennes aux détecteurs de particules (1 antenne/détecteur)
 - MHz : 7 dipôles → Installation, étalonnage, analyse, caractérisation des signaux détectés



- R&D GHz :
motivée par des résultats de mesures sur faisceau
7 antennes cornet
→ **1^{er} signal GHz en coïncidence avec une gerbe**
⇒ demande de financement à l'ANR



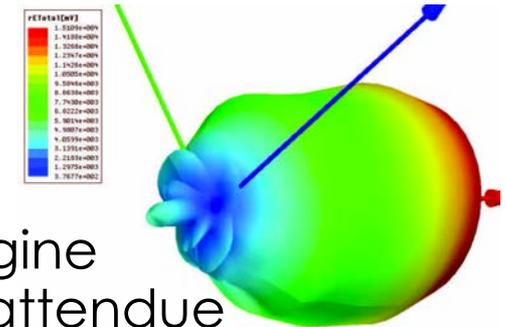
Détection GHz des gerbes atmosphériques

- **ANR GIGAS (pour suite d'EASIER)**

- Financement par l'ANR obtenu mi 2012 (avec IPNO, LPNHE)
- Caractérisation avec un réseau de 61 antennes (GHz) de l'émission MBR attendue

→ **signaux détectés très rares par rapport aux estimations basées sur les mesures sur faisceau**

- Simulation de processus physiques à l'origine des émissions radio, calcul de l'intensité attendue



- Développement de nouveaux détecteurs radio, plus sensibles, installation prévue fin hiver 2015



- Exploitation des résultats et finalisation des limites sur le rendement attendu avant mi-2016
 - Fin des activités sur le projet GIGAS en synergie avec nos partenaires

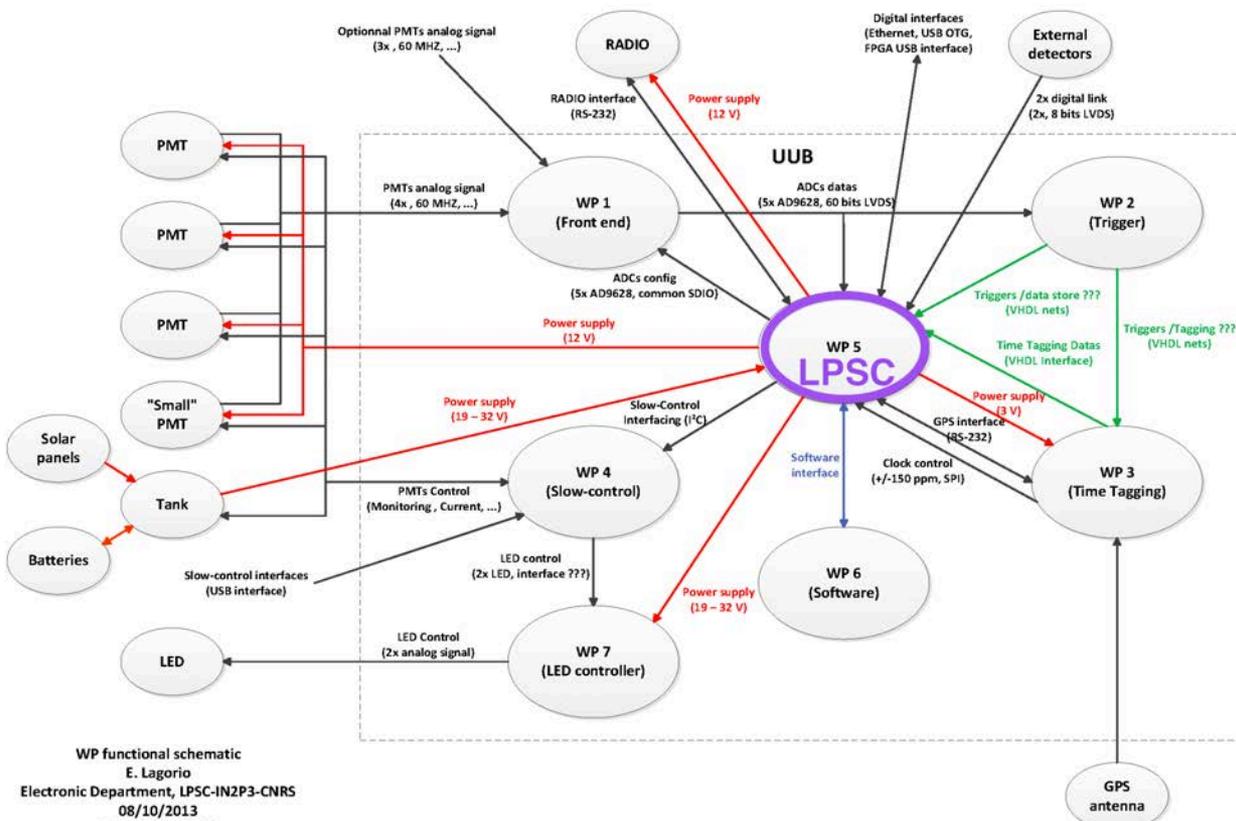
Participation à l'upgrade de l'électronique

• Conception d'une nouvelle électronique du SD

- Pour répondre aux besoins générés par l'upgrade envisagé
 - performances améliorées, avec interfaces plus flexibles pour intégrer les nouveaux détecteurs
- 17 équipes de recherche de la collaboration Pierre Auger

• Rôle majeur du LPSC

- Ensemble du projet divisé en 10 « work packages »
- LPSC responsable du principal WP : **conception et intégration de la nouvelle carte électronique**



A wide landscape photograph showing a valley with a river, green fields, and snow-capped mountains under a clear blue sky. The word "Prospectives" is overlaid in white text in the center of the image.

Prospectives

Photographed by Radomir Smida

Prospectives

- **Objectifs**

- Confrontation des résultats d'Auger avec scénarios astrophysiques → questions encore ouvertes concernant les plus hautes énergies :
 - Origine de la suppression de flux ?
 - Composante de protons ?
 - Changement des interactions hadroniques ?
- Clé : meilleure identification des primaires

- **Moyens**

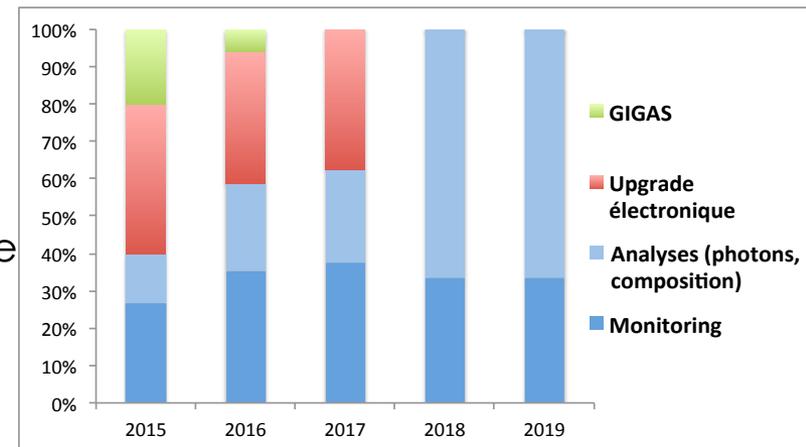
- améliorer la capacité du réseau à séparer composantes électromagnétique et muonique de la gerbe
 - Ajout de nouveaux détecteurs de particules
 - Fonctionnement au moins jusqu'en 2023 dans cette configuration

⇒ nécessité d'une nouvelle électronique

Prospectives

- **Composition du rayonnement cosmique à ultra haute énergie**

- Proposition sujet de thèse : recherche de photons
 - Même problématique que la recherche de neutrinos UHE
 - En synergie avec membres du groupe du LPNHE
- Participation à l'upgrade du réseau de détecteur de surface d'Auger
 - Rôle majeur dans le développement de la nouvelle carte électronique
 - Développement à prévoir du contrôle en ligne (continuité de l'activité passée et actuelle)



- **Si pas de financements de l'upgrade**

- Pas de perspectives à long terme au niveau national dans les rayons cosmiques de haute énergie
- Transfert progressif des quelques forces en présence vers d'autres thématiques (neutrinos pour les uns, à définir pour les autres...)

SWOT

FORCES

- Responsabilités dans la collaboration (« tasks », revues)
- Activité reconnue sur le monitoring
- Travail de R&D très important et visible dans la recherche de signaux radio
- Responsabilités dans les upgrades d'Auger
- Rôle moteur pour l'électronique
- Soutien du laboratoire

FAIBLESSES

- Groupe affaibli en termes de ressources humaines
- Pas de jeunes chercheurs

OPPORTUNITES

- Upgrade d'Auger
- Fort potentiel de physique

MENACES

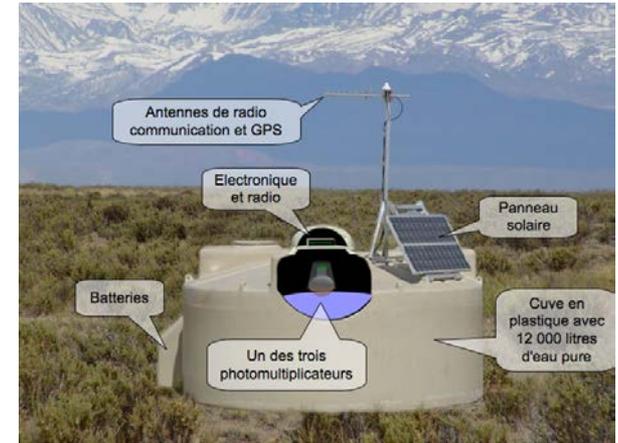
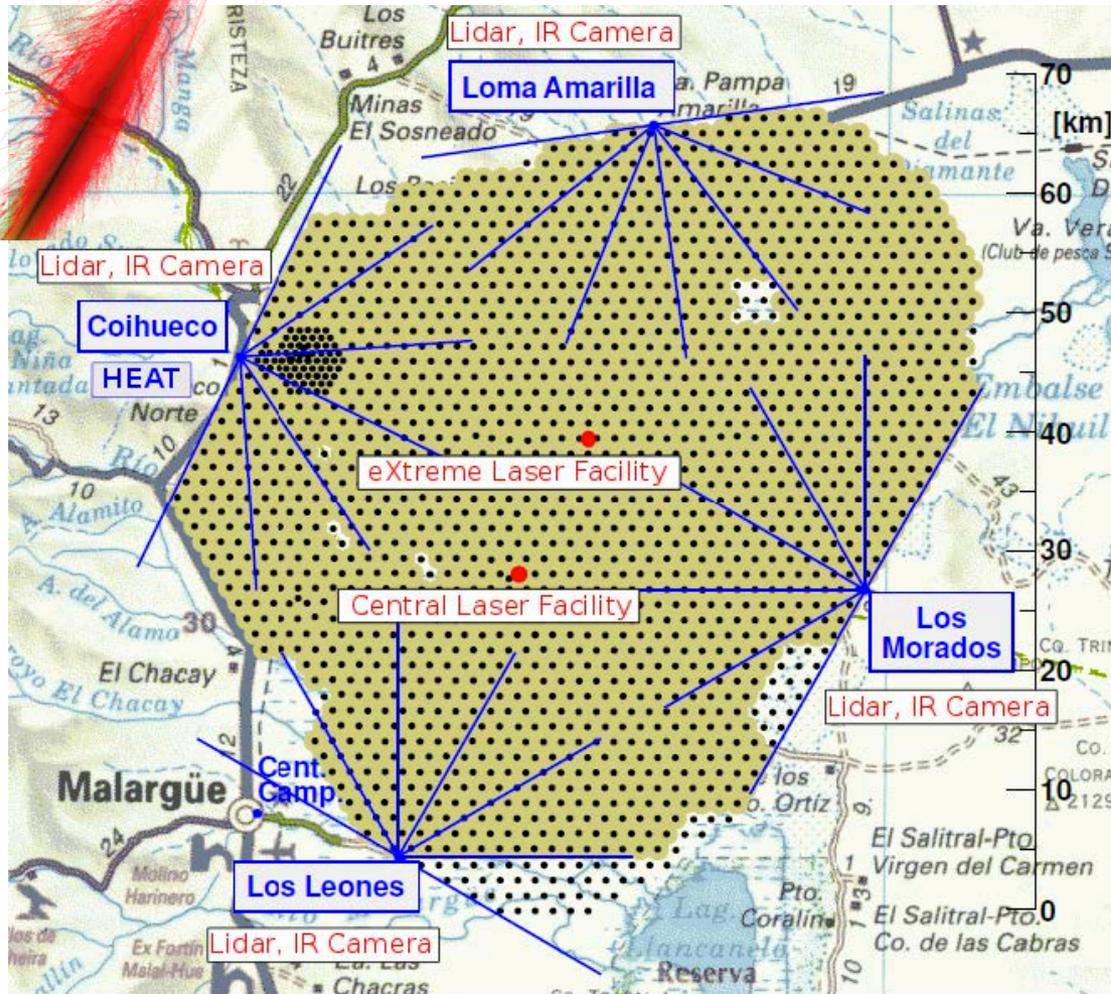
- Non renforcement du groupe
- Financement insuffisant

Annexe 1

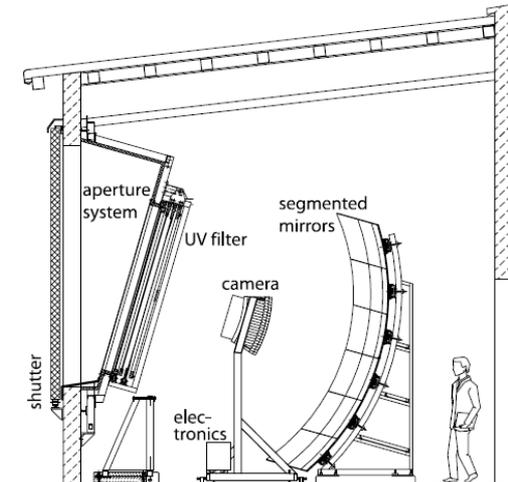
Observatoire Pierre Auger
Résultats RCUHE (spectre, compo)
Émissions Radio
Upgrade électronique

L'Observatoire Pierre Auger

- Détection hybride des gerbes atmosphériques



1660 détecteurs Cherenkov

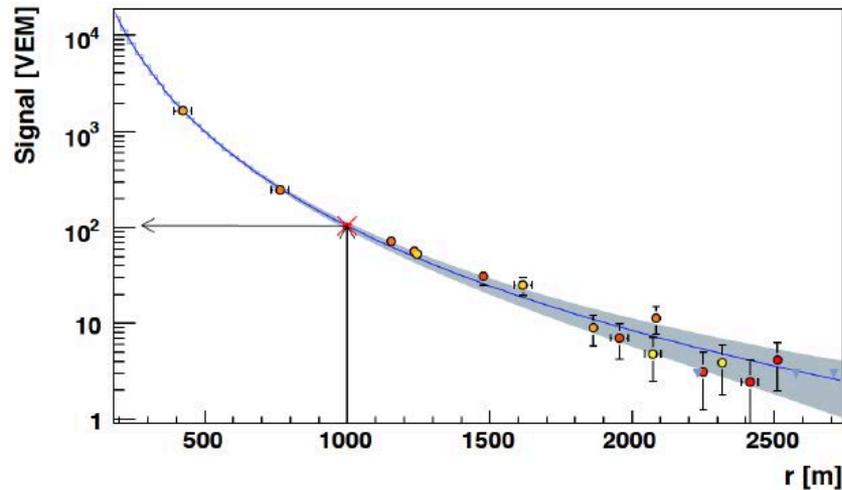


27 télescopes à fluorescence

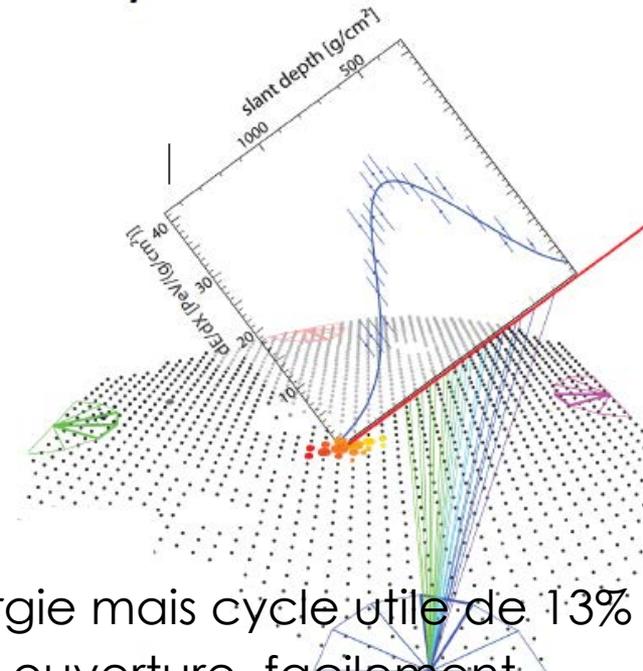
L'Observatoire Pierre Auger

• Avantages cumulés des 2 détecteurs

SD: distribution des particules au sol,
profil latéral de la gerbe



FD: développement de la gerbe,
profil longitudinal



- FD : mesure calorimétrique de l'énergie mais cycle utile de 13%
- SD : 100% de cycle utile, très grande ouverture, facilement calculable, mais détermination de l'énergie dépendante des modèles
- Détection hybride : étalonnage en énergie quasi indépendant des modèles

Spectre en énergie mesuré par Auger

- **Combinaisons de 4 spectres**

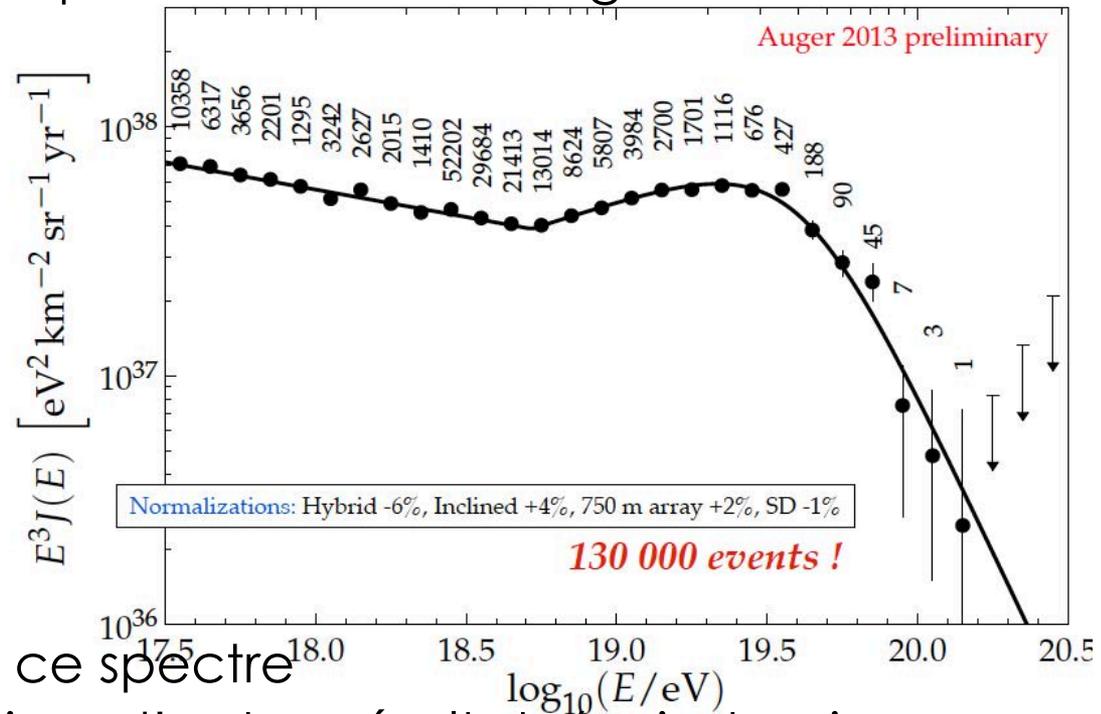
- Très grande statistique
- Incertitude systématique de 14% sur l'énergie

- **Particularités**

- Rupture de pente à 5 EeV
- Suppression du flux au-delà de 40 EeV

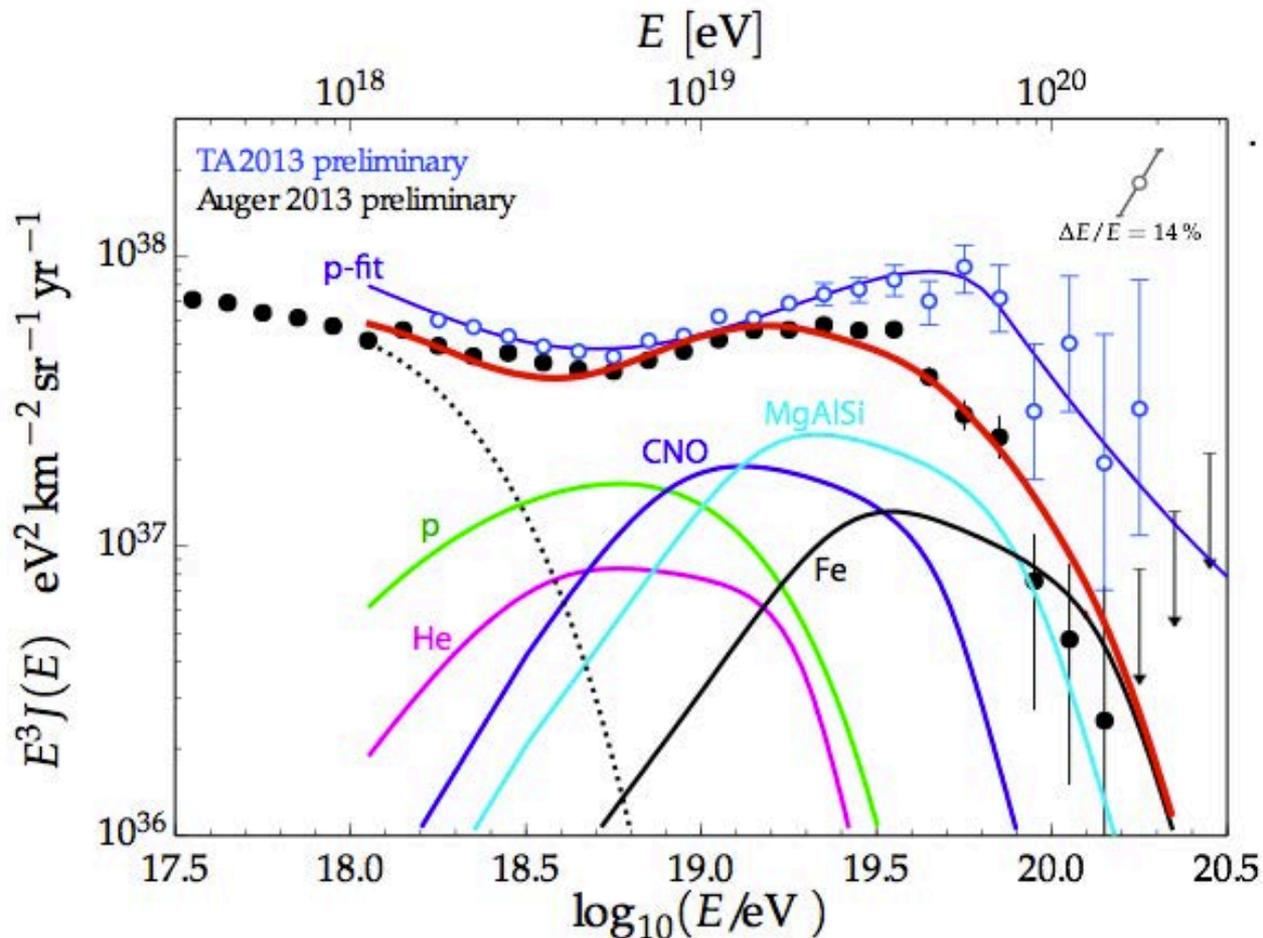
- **Interprétation**

- Différents modèles peuvent reproduire ce spectre
- Nécessité de combiner d'autres résultats (anisotropies, composition)



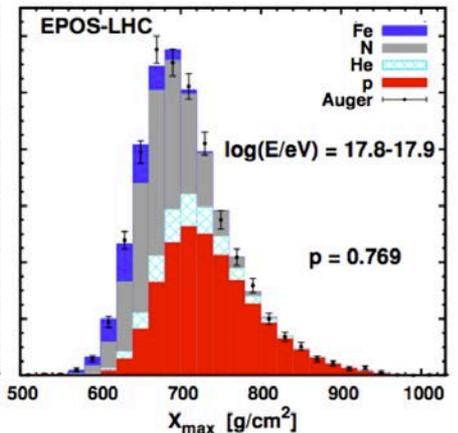
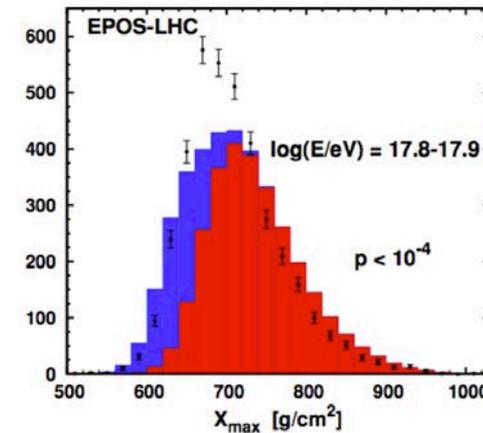
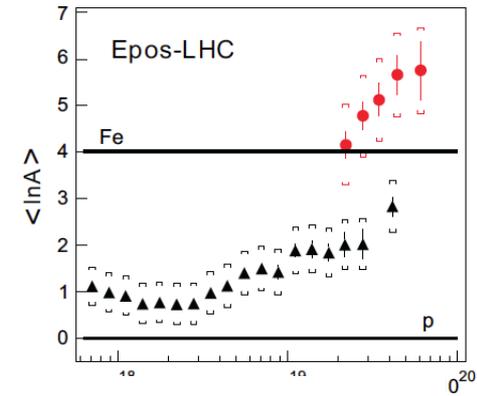
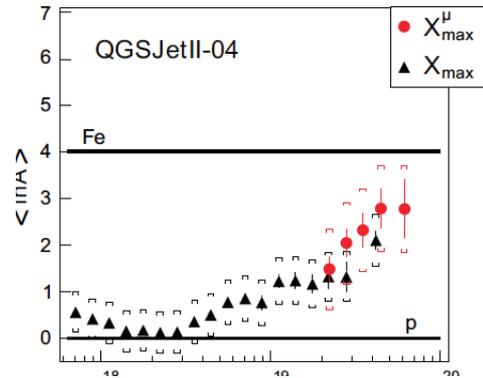
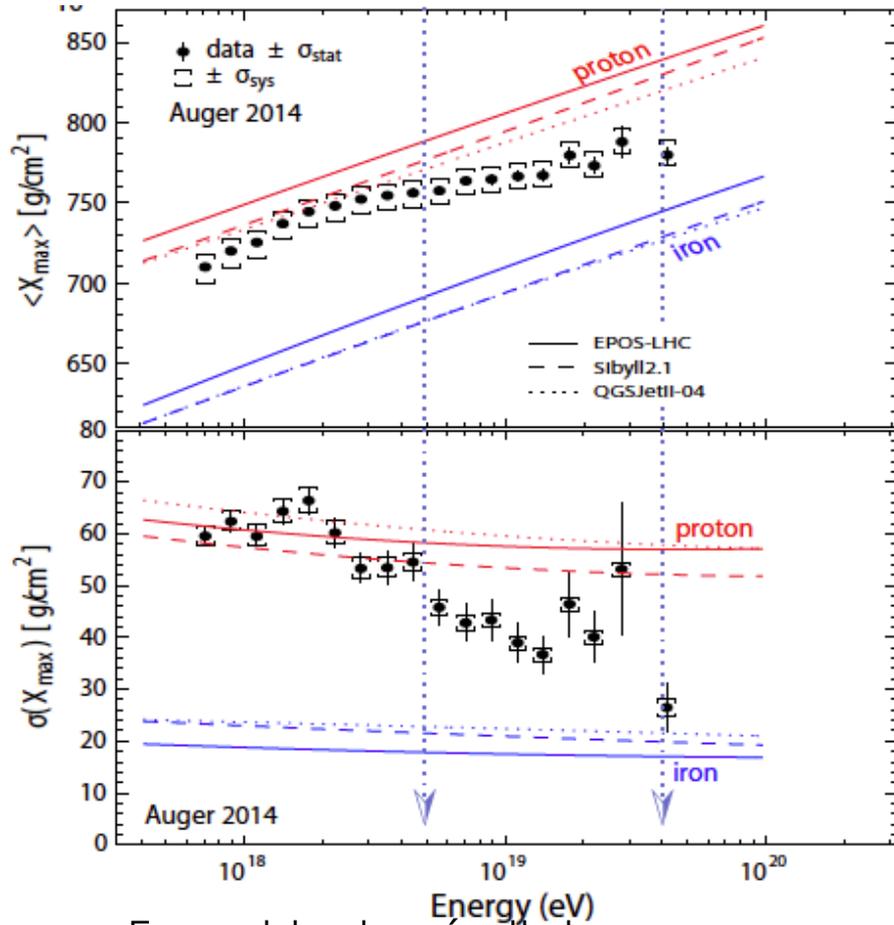
Spectres en énergie mesurés par Auger et TA

- Comparaison TA et Auger



Résultats sur la composition

• X_{\max} indicateur de la composition



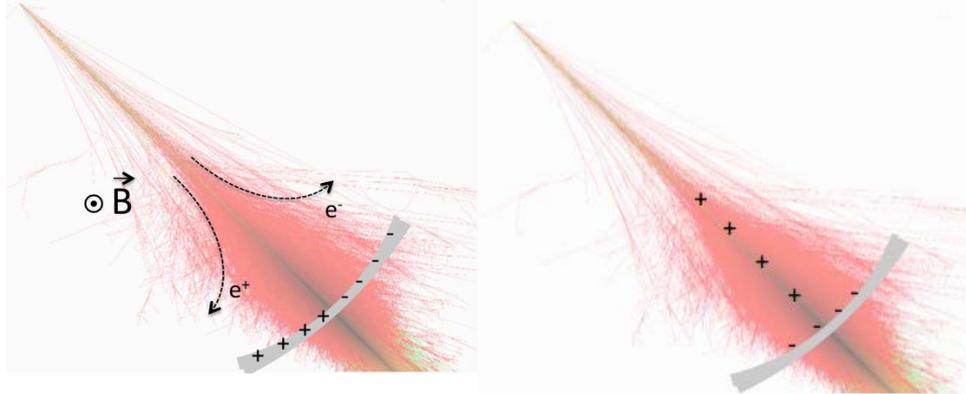
Ensemble des résultats:

- Transition composition en éléments légers vers composition en éléments plus lourds $E > 2EeV$
- Mélange de composants, éléments de plus grand A devenant dominants quand E augmente

Processus d'émissions radio

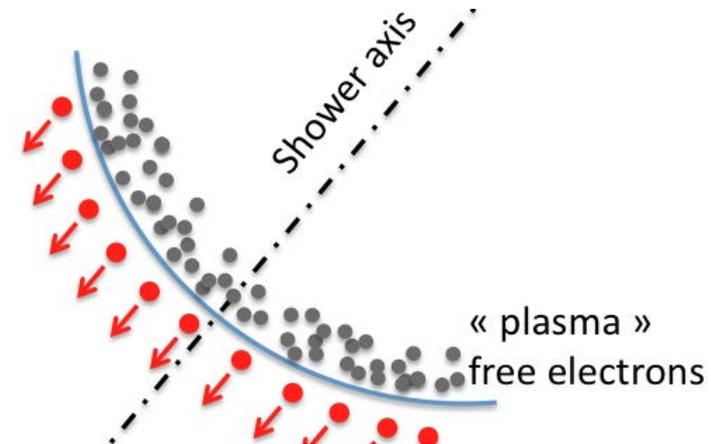
- **Identifiés dans la gamme MHz**

- Variation courant transverse (origine géomagnétique)
- Variation de l'excès de charge



- **Recherché dans le GHz**

- Diffusion « free-free » des électrons d'ionisation produits par le passage de la gerbe par les molécules d'air
- Isotrope, non polarisé



Upgrade de l'électronique

- **Nouvelle électronique implémentée sur une nouvelle carte unifiée (UUB, Upgraded Unified board)**
 - FPGA avec microprocesseur inclus augmentant les capacités de calculs et d'implémentation de nouveaux triggers
 - ADC : taux d'échantillonnage augmenté de 40 à 120 MHz et réduction de leur niveau de bruit
 - Augmentation de la gamme dynamique (éviter saturation)
 - Meilleure résolution temporelle (nouveau composant GPS)
 - Capacités d'étalonnage et de contrôle en ligne accrues
- **Upgrade de l'électronique : priorité de la collaboration P. Auger**
 - 17 équipes de recherche de la collaboration Pierre Auger (en France (3 labos), en Italie, en Allemagne, aux US, en Argentine...)
 - Ensemble du projet divisé en 10 « work packages »
 - Laboratoire français : traitement du signal analogique, assemblage, déploiement sur site et validation, simulation et validation des performances

Upgrade de l'électronique : statut

- Le design prototype terminé
 - intègre les anciennes spécifications et aussi les nouvelles fonctionnalités requises.
- Design capable de s'adapter à chacune des propositions d'upgrade détecteurs
 - carte prototype s'adapte parfaitement au détecteur récemment choisi
- Coordination et intégration des sous design des équipes de Lecce, Turin, Wuppertal avec le design de Grenoble.
- Approvisionnement des composants pour 20 cartes fait et payé par le KIT, les US et l'INFN
- 5 premières cartes de circuits imprimés lancées en fabrication fin janvier, déjà payées par le groupe Auger de Grenoble.
- Câblage des cartes en février, par les ateliers du KIT
- Premiers bancs de test en cours de réalisation à Siegen
- Sous-ensemble de slow control réalisé par Wuppertal, software associé en cours de développement
- Equipe US/Italie/France mise en place pour développement de la partie software et firmware

- Objectifs : valider le design complet au printemps 2015

Annexe 2

Composition du groupe
Publications
Responsabilités

...

Composition du groupe

- **Actuelle**

- 4 permanents

- M. Avenier (CR), C. Bérat (DR), F. Montanet (PR), A. Stutz (CR)
(dont 2 membres du groupe STEREO)

- **Evolutions entre 2010 et maintenant**

- 3 départs à la retraite

- J. Chauvin (2012), D-H. Koang (12/2011), D. Lebrun (12/2014)

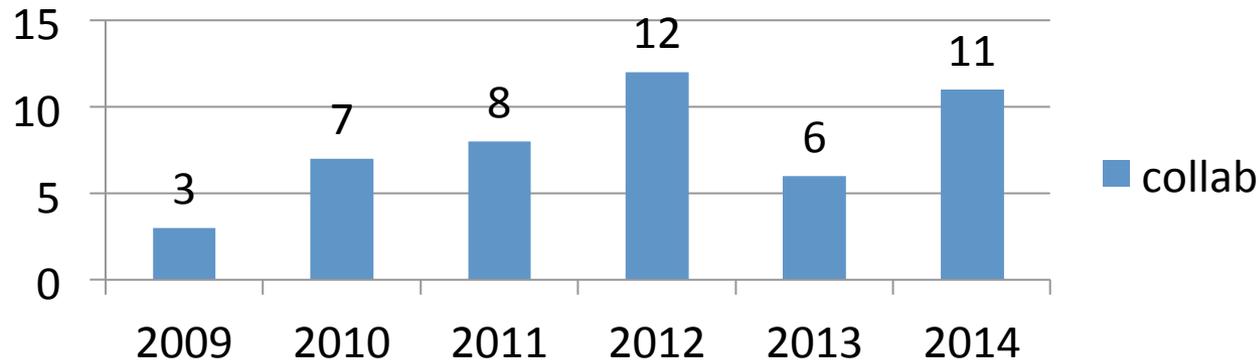
- 4 doctorants

- 2 soutenances fin 2009 : K. Payet (Neutrinos UHE),
C. Rivière (Radio à CODALEMA),
 - 10/2010- 10/2013 : M. Tartare (Neutrinos UHE)
 - 10/2011- 10/2014 : S. Le Coz (Radio MHz/GHz EASIER @ Auger)

- 1 post doc Aspera : K. Louedec (10/2011-09/2014)

Publications

- **Publications de la collaboration Auger**



- **Publications hors collaboration**

- 7 + 1 soumise

- **Proceedings**

- Pour la collaboration Auger : 7

- Hors collaboration : 8

- **Présentation à des conférences**

- Exposés : 12 (dont 10 avec actes)

- Posters : 7 (dont 5 avec actes)

Responsabilités

- **Responsabilités au sein de Pierre Auger**
 - 1 Co-responsable de la tâche « Monitoring »
 - 1 Co-responsable de la tâche « Hadronic Interactions »
- **Organisations de conférence/workshops/écoles**
 - 1 Membre du comité national d'organisation de l'Ecole « School of Statistics » depuis 2010.
 - 1 membre du comité d'organisation du « 4th International Workshop on Acoustic and Radio EeV Neutrino detection Activities » (ARENA), Nantes, 2010.
 - 1 membre fondateur et membre du bureau de l'association ARISF qui organise la conférence annuelle internationale « les Rencontres de Moriond ».
 - 1 membre du comité scientifique de la session annuelle "Electroweak Interactions and Unified Theories" de la conférence internationale « les Rencontres de Moriond » depuis 1999 et du comité scientifique des "Rencontres du Vietnam VHEPU" en 2014.
 - 1 membre du comité d'organisation du workshop international « Atmospheric Monitoring for High-Energy Astroparticle Detectors » (AtmoHEAD) sessions en 2013, 2014

Comités - Outreach

- **Participation à des comités d'expertise**
 - Université
 - Membre élu au CNU, 29^e section
 - Membre de comités de sélection universitaires (UJF, U.de Savoie, U.Aix-Marseille,...)
 - Evaluation de projets
 - Expert pour l'évaluation d'un projet JC (ANR), et d'un projet financé par le CNES
 - Comité scientifique
 - Président du Conseil Scientifique de l'IPNL
 - Jurys
 - Une 10aine de jury de thèse, 2 jurys de HDR
- **Actions de Communication**
 - Interventions régulières en lycée (Cosmos à l'Ecole, olympiades de physiques)
 - Conférences grand public
 - Fêtes de la science