



Tomographie Temporelle de la Densité par la Mesure des Muons



Fanny Hivert

Le 16 Avril 2014



Licence en Biologie – Environnement (Université Bretagne Sud – Vannes)

Stage de L3 à Climsat, antenne de l'ONU -> Cartographie de la vulnérabilité présente et future des régions côtières aux changements climatiques: outils et perspectives.

Master Recherche Géosciences – Géodynamique (Université Montpellier 2 – Montpellier)

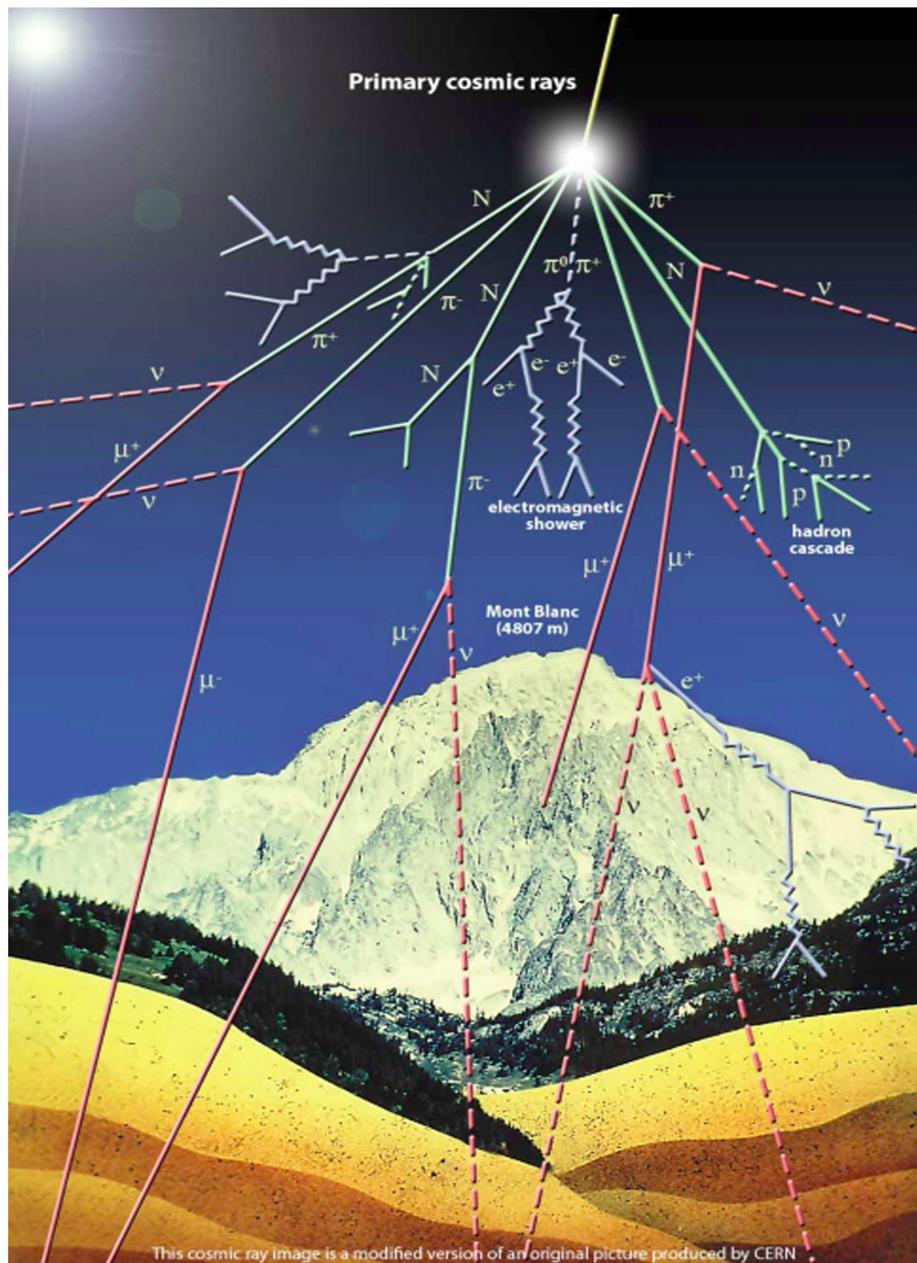
Stage de M1 au laboratoire Géosciences Montpellier -> Etude du séisme du 27 Février 2010 au Chili

Stage de M2 au laboratoire Géosciences Montpellier -> Modélisation numérique de l'érosion et de l'extension dans les chaînes de montagnes peu actives: application au cas des Pyrénées.

Thèse interdisciplinaire Géologie (Laboratoires: Géoazur (Nice) et LSBB (Rustrel)) – Physique des particules (Laboratoire: CPPM (Marseille)) financée par la Fondation MAIF.

Tomographie Temporelle de la Densité par la Mesure des Muons (T2DM2)

Principe de la muographie



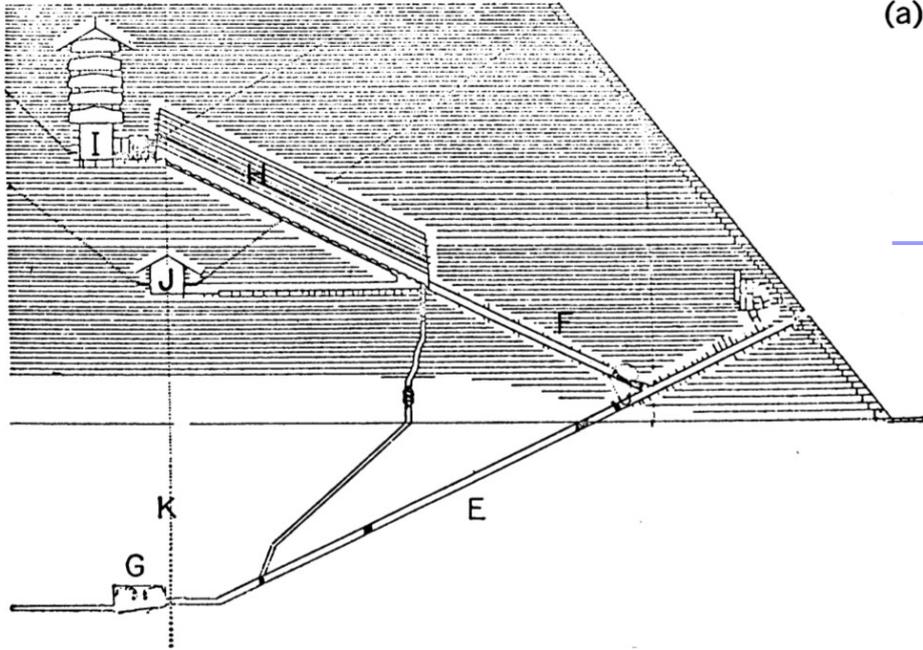
Pourquoi les muons?

- Particule chargée
- Capacité à traverser la roche

Objectif : Observer des hétérogénéités de densité dans la roche à partir de la mesure des muons

Historique

Alvarez et al., 1970



Pyramide de Khéops:

-> structure interne complexe

E: Passage descendant

F: Passage ascendant

G: Chambre souterraine

H: grande galerie

I: Chambre du roi

J: Chambre de la reine

Pyramide de Khéphren

-> Structure interne simple

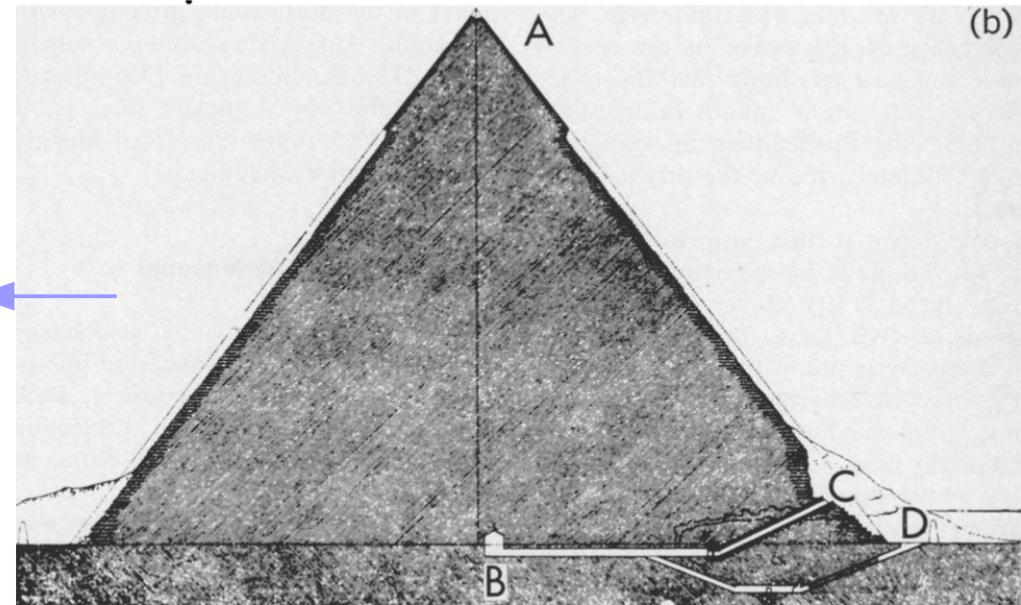
A: Coiffe/Bouchon calcaire

B: Chambre de Belzoni

C: Entrée de Belzoni

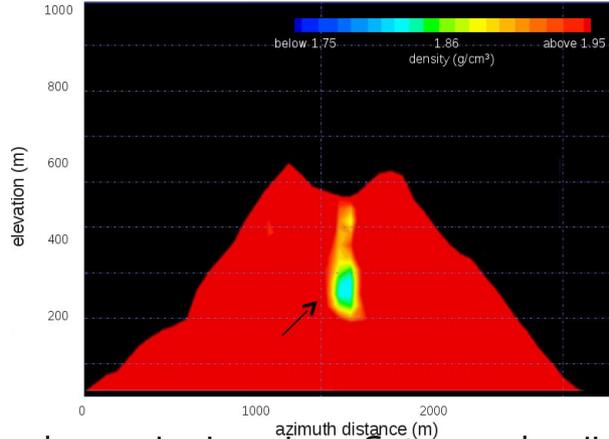
D: Entrée Howard-Vyse

**Y a t'il une chambre inconnue
au-dessus de la chambre de Belzoni?**



Des applications dans une multitude de domaines

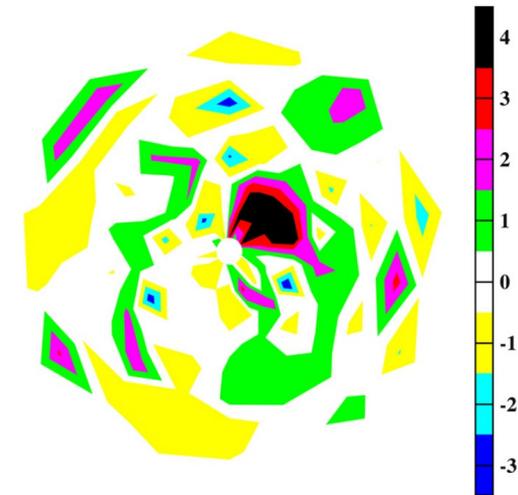
La volcanologie



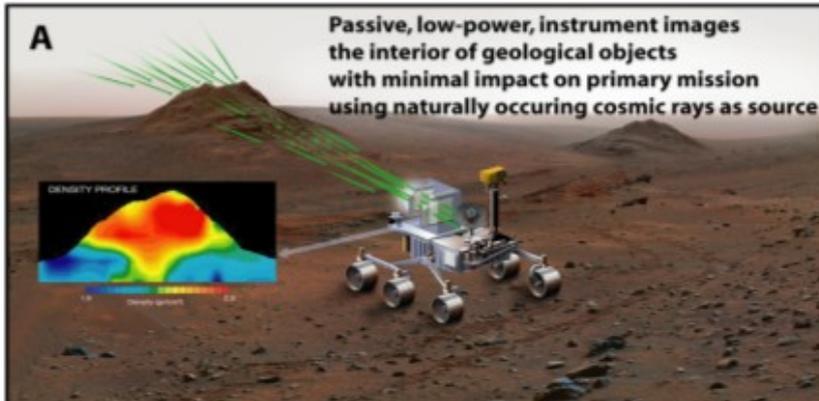
Imagerie du volcan Satsuma-Iwojima
Tanaka et al., 2009

Le stockage

Kudryavtsev
et al., 2012

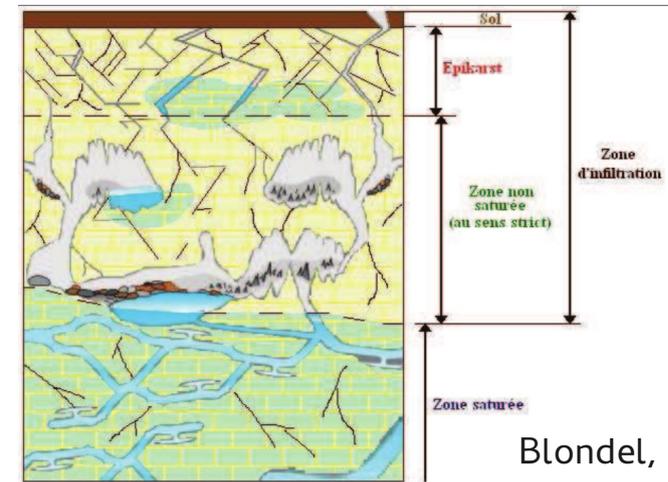


L'exploration des édifices martiens



Kedar et al., 2013

L'hydrologie



Blondel, 2008

Potentielles futures applications: recherche de ressources, gestion des risques (surveillance de barrages, glissements de terrains...)

Site d'étude: le Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB)

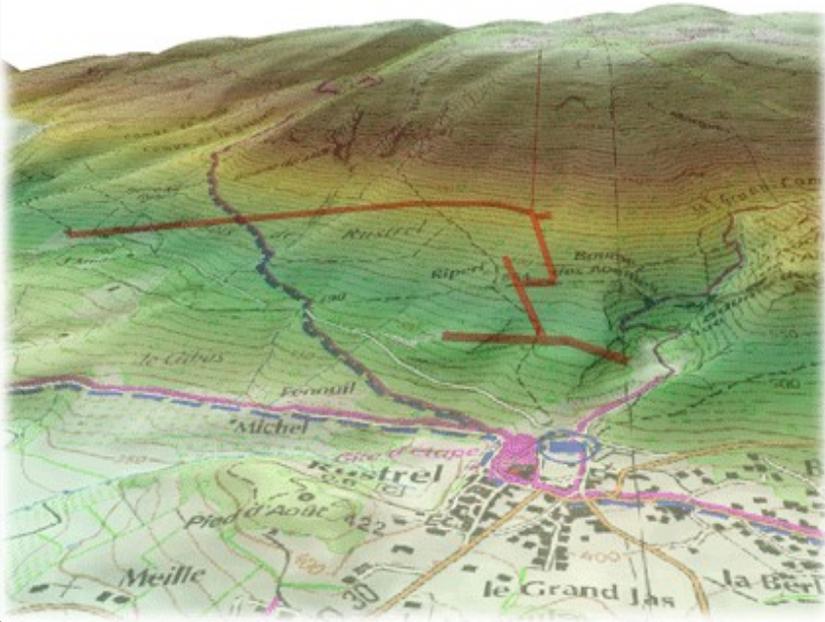
Site d'étude: Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) situé à Rustrel

Rustrel



Carte obtenue à partir de géoportail (www.geoportail.gouv.fr)

Site d'étude: le Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB)



Images tirées du site du LSBB et de wikipedia

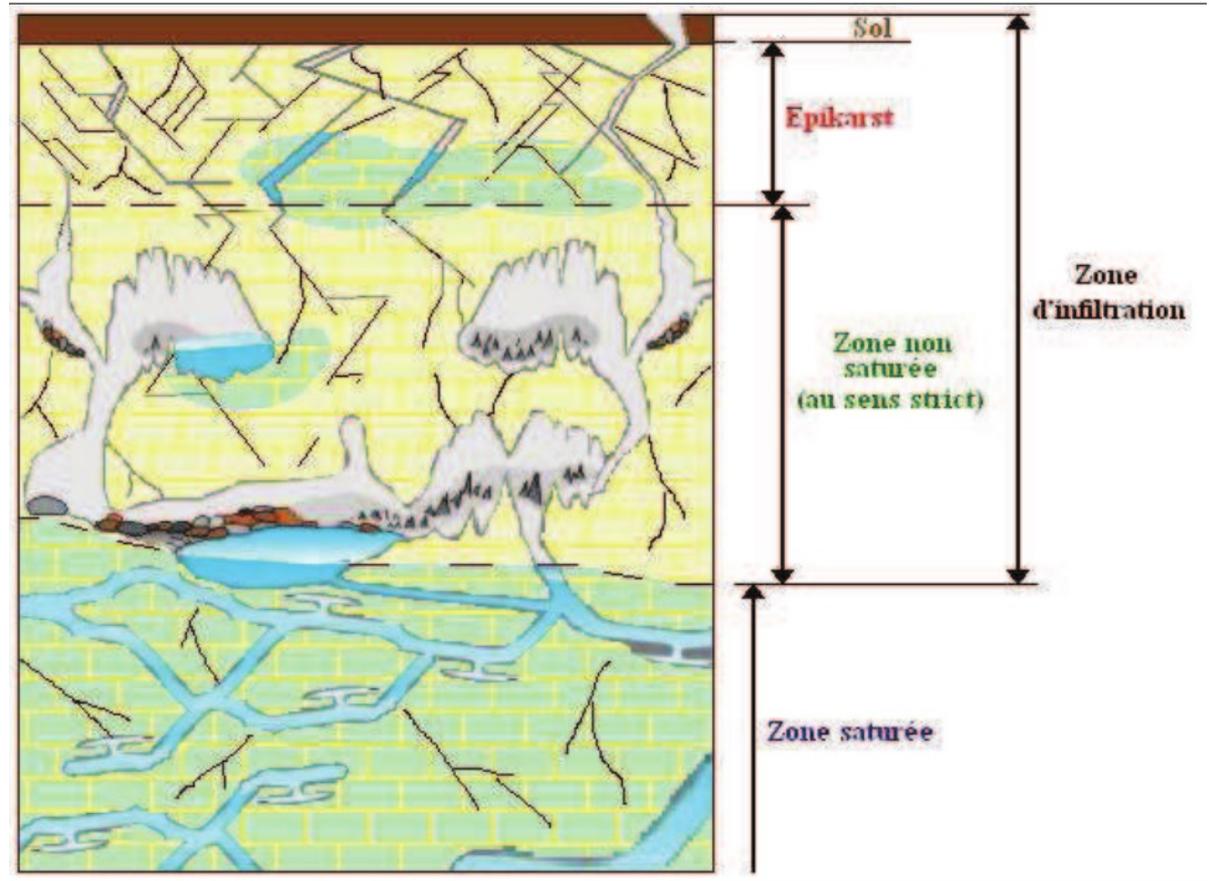
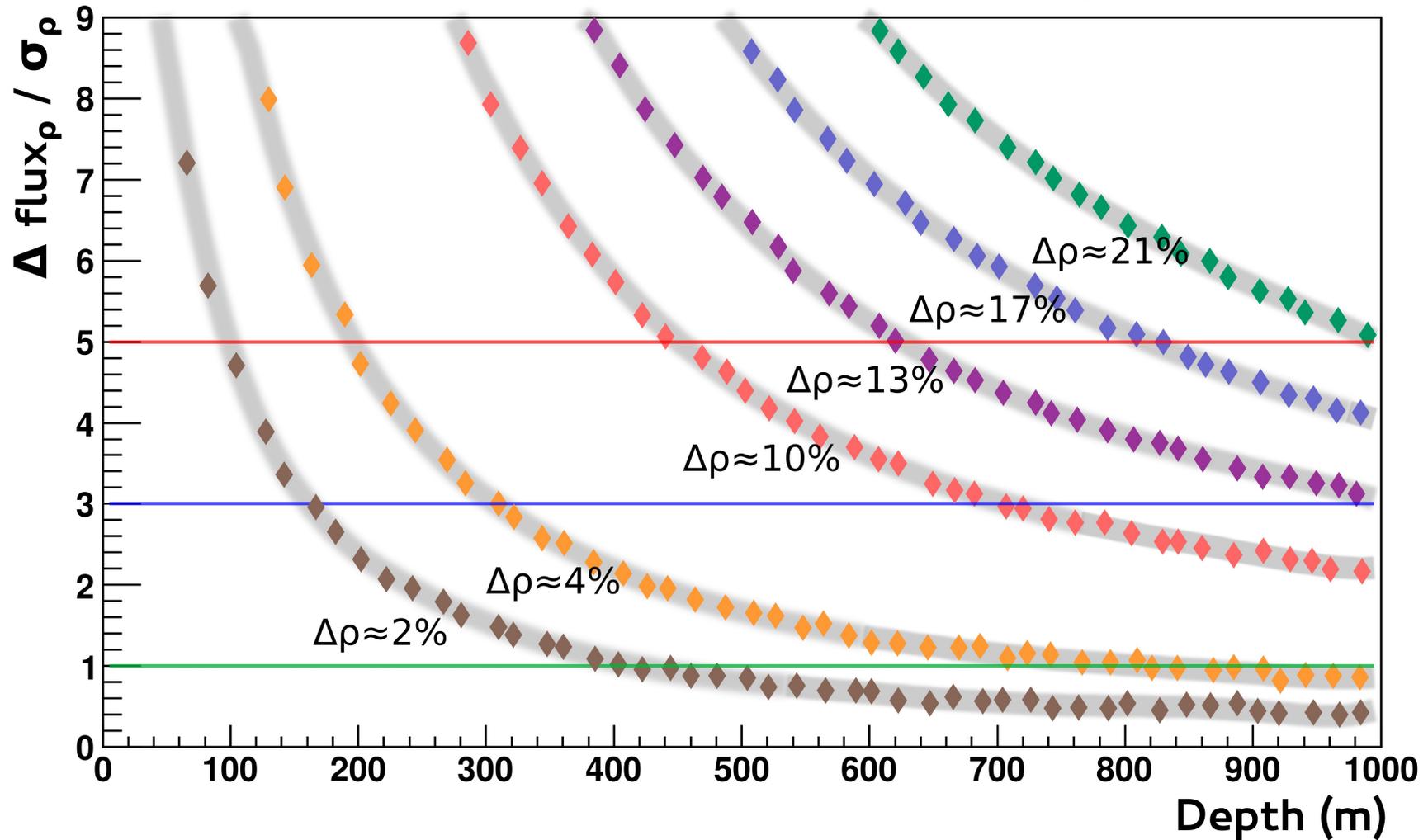


Schéma d'un karst (Blondel, 2008)



Potentiel de détection

Différences de flux liées aux variations de densité de la roche



Simulations réalisées à partir du modèle de Gaisser (Gaisser, 1990) et du code MUSIC (Kudryavtsev, 2009)

1 mois / 1m² / 5° d'ouverture

Les détecteurs

Détecteurs Micromegas

Détecteurs gazeux

Particule ionise le gaz



Electrons dérivent vers la grille



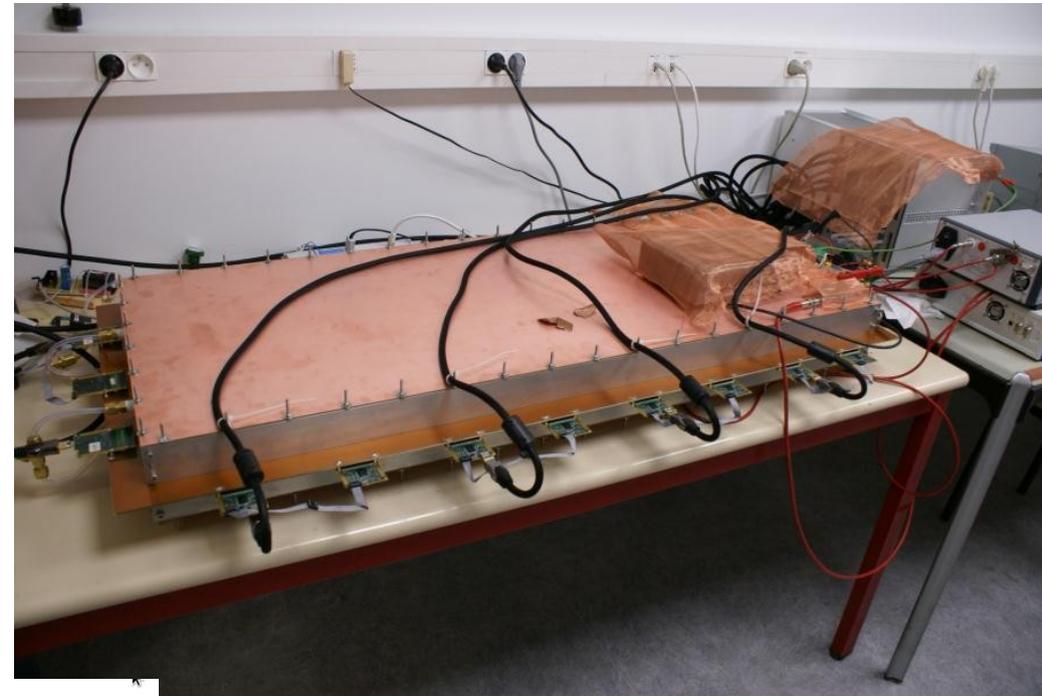
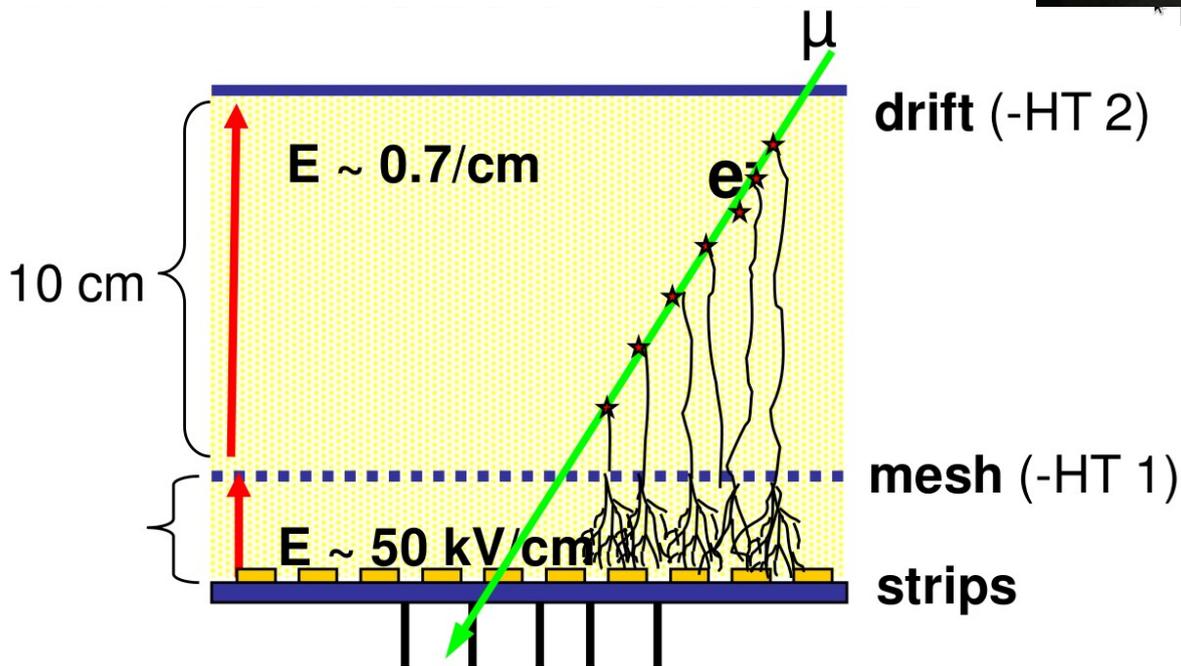
Amplification, avalanche d'électrons



Electrons dérivent vers l'anode



Anode segmentée en pixels



Avantage : très bonnes résolutions spatiales et angulaires

Inconvénient: mélange de gaz nécessite une stabilité importante du dispositif.

Conclusion

Projet : Développement d'un nouvel outil pour observer des hétérogénéités de densité dans la roche à partir de la mesure des muons

Principaux axes de recherche:

- > Etudes des potentiels de mesures en fonction des applications souhaitées
- > Etude du phénomène de diffusion des muons dans la roche et son impact sur le flux de muons
- > Comparaison des données obtenues à partir des muons avec les résultats des techniques de prospection géophysique traditionnelles
- > Adaptations et améliorations des détecteurs