

Projet EUSO sur le module Columbus de la Station Spatiale Internationale

Participation du LAPP/LAPTH

Expérimentateurs : J-P. Mendiburu, P. Nédélec, D. Sillou, Y. Zolnierovski, P. Chardonnet

Equipe technique : F. Cadoux, G. Dromby, B. Lieunard, C. Gérard

Stagiaires :

Collaboration

Collaboration pluridisciplinaire internationale regroupant le Japon, les USA et l'Europe (Italie, France, Portugal, Suisse), dont 3 laboratoires de l'IN2P3 : LAPP-Annecy, ISN-Grenoble et APC/PCC-Paris. Des laboratoires Français de physique théorique sont aussi impliqués : LAPTH-Annecy, LPTHE et OdP Paris.

Dates Clés

1999 : Proposition d'expérience EUSO à l'ESA (mission F)

2000 : Etudes d'intégration d'EUSO sur l'ISS

2001 : Acceptation du projet EUSO en Phase A de l'ESA

2001 : R&D EUSO au LAPP

Abstract

The EUSO project is an experiment devoted to the study and the understanding of the extremely high energy cosmic rays, which is one of the most puzzling challenge in modern astrophysics. The principle is the observation, from space, of interactions of cosmic rays in the atmosphere. The detector is a telescope attached to the european Columbus module of the international station, pointing to the nadir. The mission should last for 3 years, enabling one to increase the statistics by at least an order of magnitude.

Objectifs scientifiques

L'expérience EUSO (Extreme Universe Space Observatory) est un projet de détecteur spatial qui se propose d'étudier les rayons cosmiques aux énergies extrêmes (EECR), $E_{CR} > 10^{19}$ eV, avec comme objectifs de :

- Etudier les rayons cosmiques au-delà du seuil de photodissociation de la coupure de GZK.
- Comprendre l'origine du rayonnement : recherche des sources.
- Ouvrir le domaine des interactions de neutrinos cosmiques aux très hautes énergies.
- Mettre en évidence des phénomènes révélateurs de nouvelles physiques.

Par ailleurs, du fait ses caractéristiques et de sa localisation spatiale, EUSO sera sensible aux phénomènes atmosphériques éphémères qui pourront entrer dans son champ d'étude.

Le défi des rayons cosmiques aux énergies extrêmes

L'histoire des rayons cosmiques (CR) aux énergies extrêmes (EECR) commence avec le premier événement détecté en 1962 par l'expérience de Volcano Ranch, qui avait une énergie égale à 10^{20} eV. Depuis, plusieurs expériences ont accumulées quelques dizaines d'événements au-delà de 10^{20} eV. La Figure 1a reproduit le spectre en énergie des rayons cosmiques sur 12 ordres de grandeur, entre le GeV et 300 EeV (ce qui correspond à l'évènement le plus énergétique enregistré par Fly's Eye en 1991. Cette énergie est 40 millions de fois plus élevée que ce que pourra communiquer le LHC à un proton).

Le défi qu'EUSO se propose de relever est de mieux sonder la partie extrême de ce spectre au-delà de quelques 10^{19} eV pour établir l'origine et les caractéristiques des CRs. La Figure 1b montre la répartition actuelle des EECRs.

Le projet EUSO

La méthode de mesure des EECR envisagée pour EUSO repose sur l'utilisation de l'atmosphère terrestre comme milieu sensible. Les rayons cosmiques peuvent y interagir en donnant naissance à des gerbes qui se développent sur plusieurs dizaines de kilomètres. La détection de ces gerbes se fera, depuis l'espace, à l'aide d'un instrument, comprenant un télescope optique pointant au nadir, embarqué sur le module européen Columbus de la Station Spatiale Internationale (ISS), à 380 km d'altitude, comme indiqué sur la Figure 2.

La technique de mesure repose sur l'observation de la lumière de fluorescence émise de façon isotrope par les molécules d'azote excitées par le passage des nombreuses particules chargées contenues dans les gerbes, ainsi que sur la détection de la lumière Cerenkov, produite au cœur de la gerbe, qui se propage colinéairement à la gerbe et qui se réfléchit sur le sol ou sur les nuages. Le détecteur EUSO opère durant les périodes nocturnes.

L'instrument est constitué d'un télescope de 2.5 m de diamètre, composé de deux lentilles de Fresnel bi-face, de grande ouverture angulaire ($\pm 30^\circ$) sélectionnant la lumière UV dans la bande 330-400 nm. La surface focale, de 5 m² de surface, comprendra quelques 100.000 à 200.000 pixels dont chacun couvrira au niveau de la Terre une surface d'environ 1x1 km². Les photodétecteurs envisagés pour équiper cette surface focale sont des photomultiplicateurs multi-anodes. Une électronique

analogique de proximité, complétée par une électronique digitale, de faible consommation, collecte et mémorise le signal. Cette électronique est organisée en sous systèmes mécano-électroniques indépendants : les MacroCellules. Un système de déclenchement complète le dispositif.

La mission, prévue pour voler en 2008, collectera chaque année un millier d'événements provenant d'interaction d'EECR avec l'atmosphère. Sa durée d'au moins trois ans d'observation de la Terre, permettra une étude approfondie de la région GZK du spectre des rayons cosmiques.

Le projet EUSO a été accepté en phase A de l'ESA en avril

2001. Cette phase d'étude et de définition va se poursuivre jusqu'au printemps 2003 et devra conduire à la réalisation de la mission dans son ensemble avec comme objectif la réalisation de l'instrument pour l'automne 2007. Les groupes français participent à cette phase A à travers notamment des études en électronique, en mécanique, en simulation et en étude des transferts radiatifs.

Le coordinateur français EUSO (P. Nédélec) est membre du groupe LAPP. Ce groupe étudie la faisabilité d'un tel projet au laboratoire et les participations possibles en mécanique, en électronique ainsi qu'au logiciel d'analyse et de simulation de l'expérience.

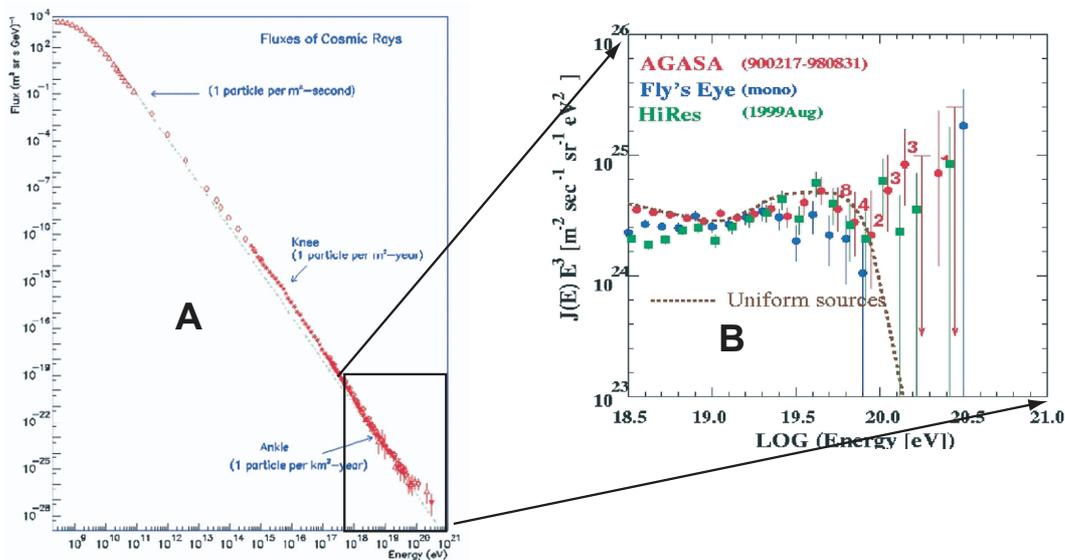


Figure 1a : Flux global des rayons cosmiques entre 100 MeV et 10^{12} GeV. b) Partie extrême (au-delà de 3×10^{18} eV) du spectre des rayons cosmiques. La courbe en pointillés indique la coupure GZK attendue.

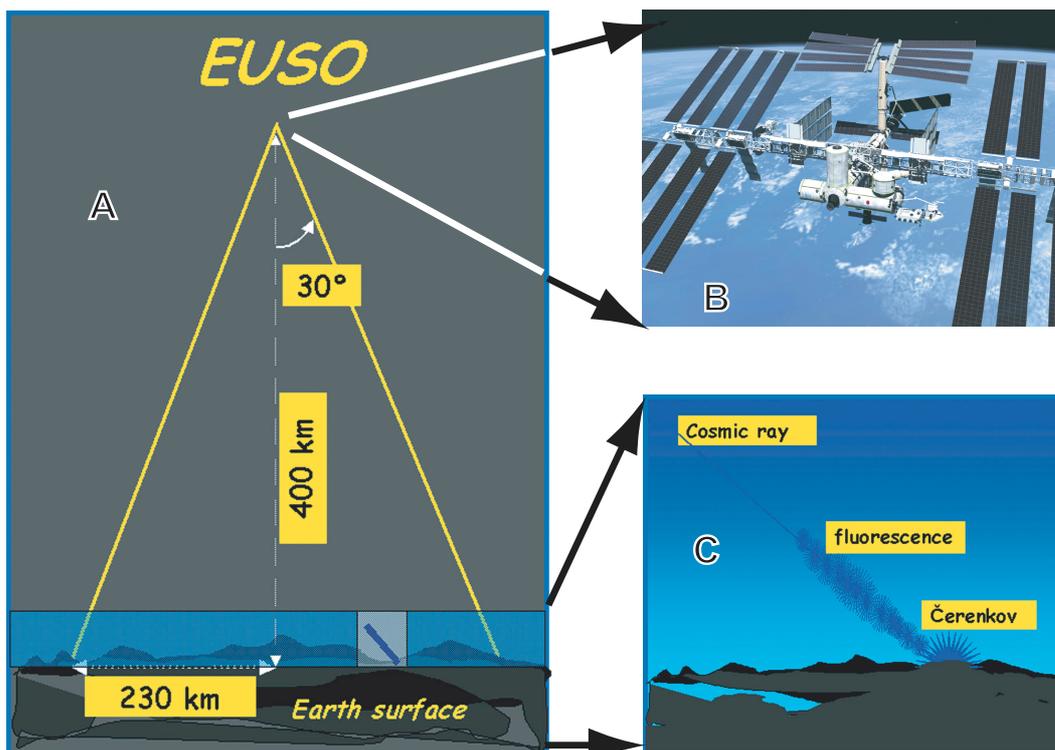


Figure 2a : Représentation schématique du principe de l'expérience. b : L'instrument EUSO installé sur le module européen Columbus de la Station Spatiale Internationale (ISS). c : Développement d'une gerbe atmosphérique.