

Le Spectromètre AMS sur la Station Spatiale Internationale

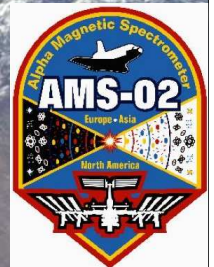
- *A la recherche d'anti-matière, de matière noire, de surprises ...*
- *Pour une meilleure compréhension des rayons cosmiques*



Divic RAPIN

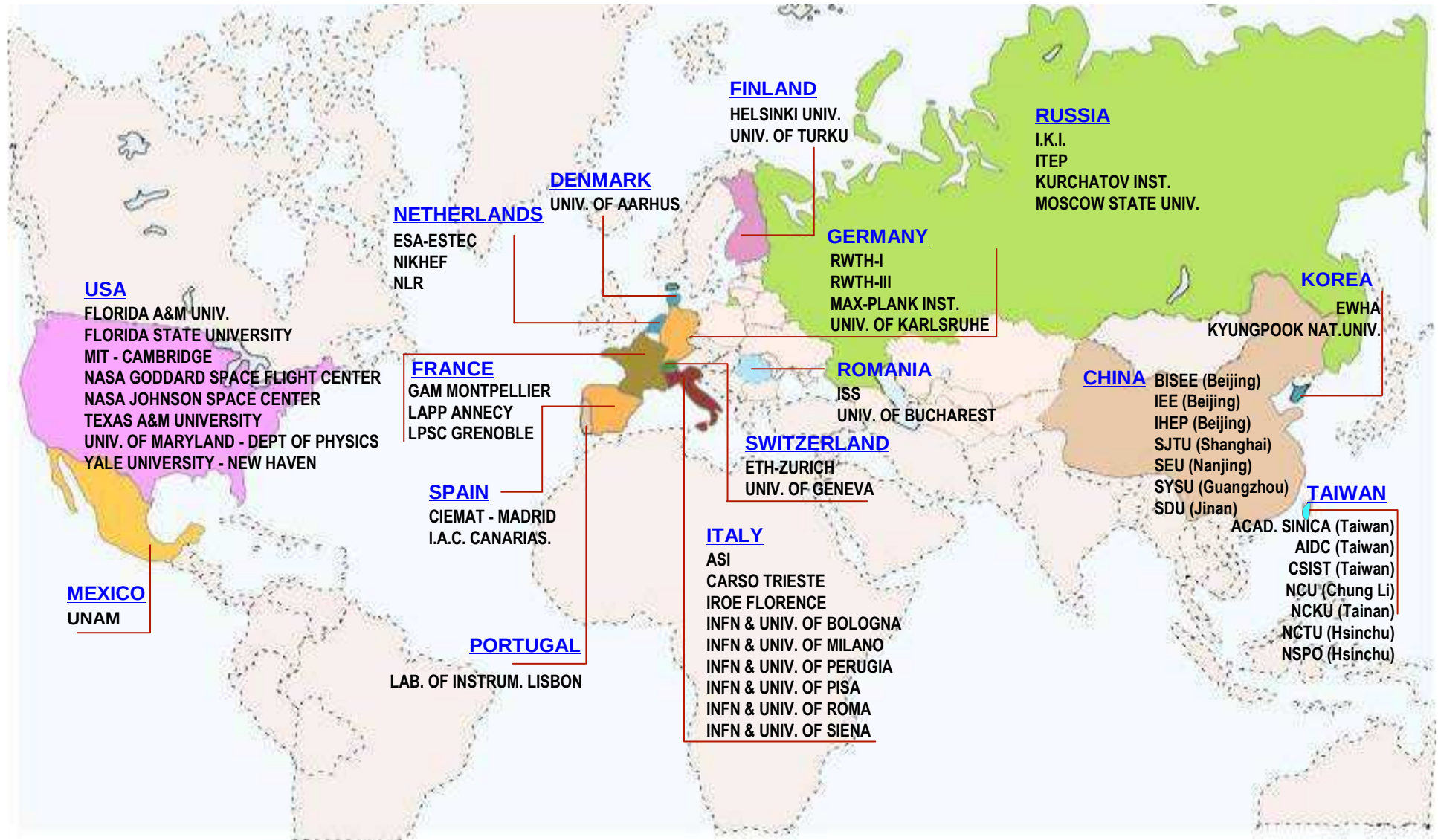
**Département de Physique Nucléaire et
Corpusculaire,
Université de Genève**

Féerie d'une nuit, Signal de Bougy, 9 juillet 2011



AMS International Collaboration

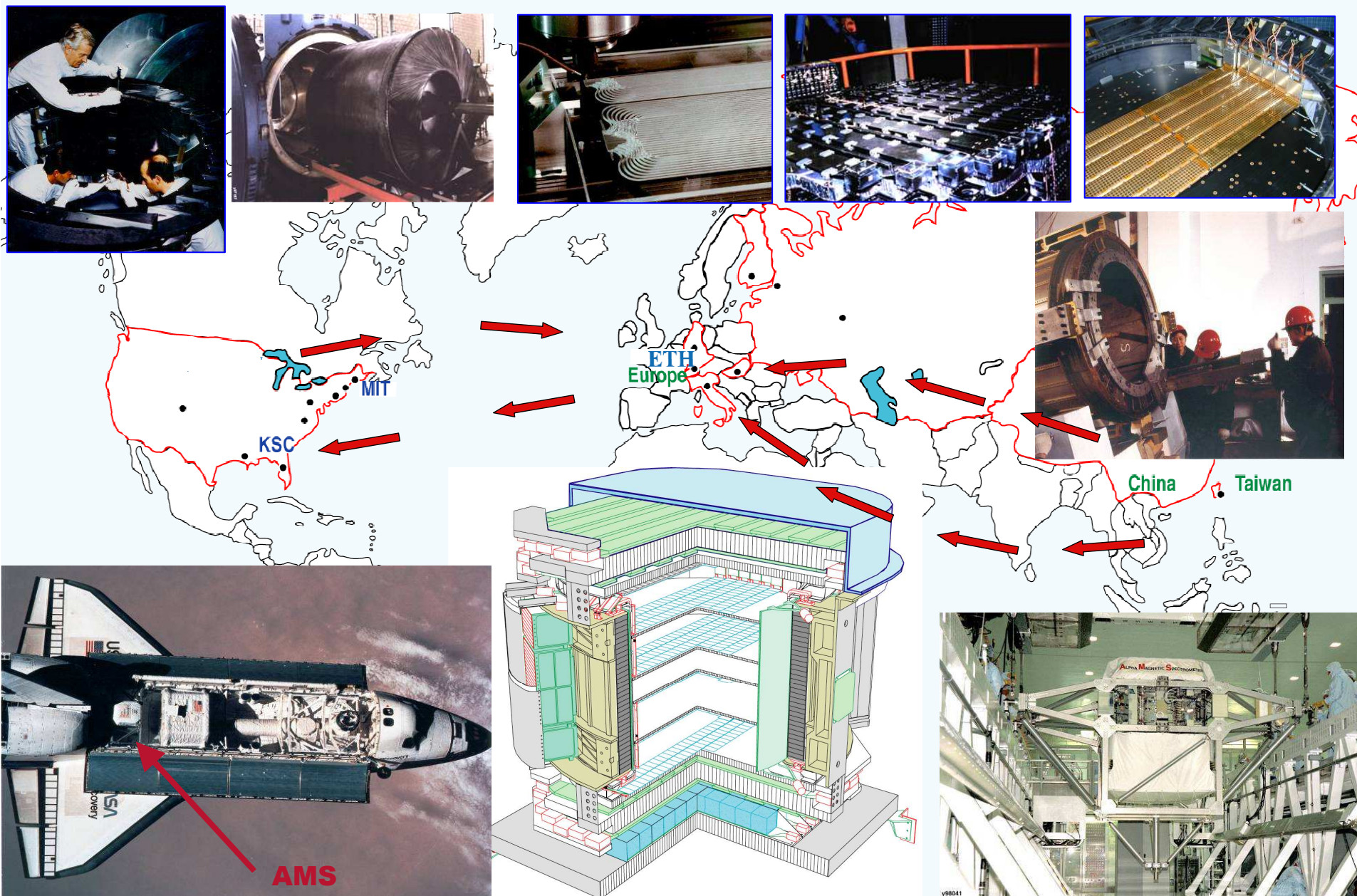
16 Countries, 60 Institutes and 600 Physicists



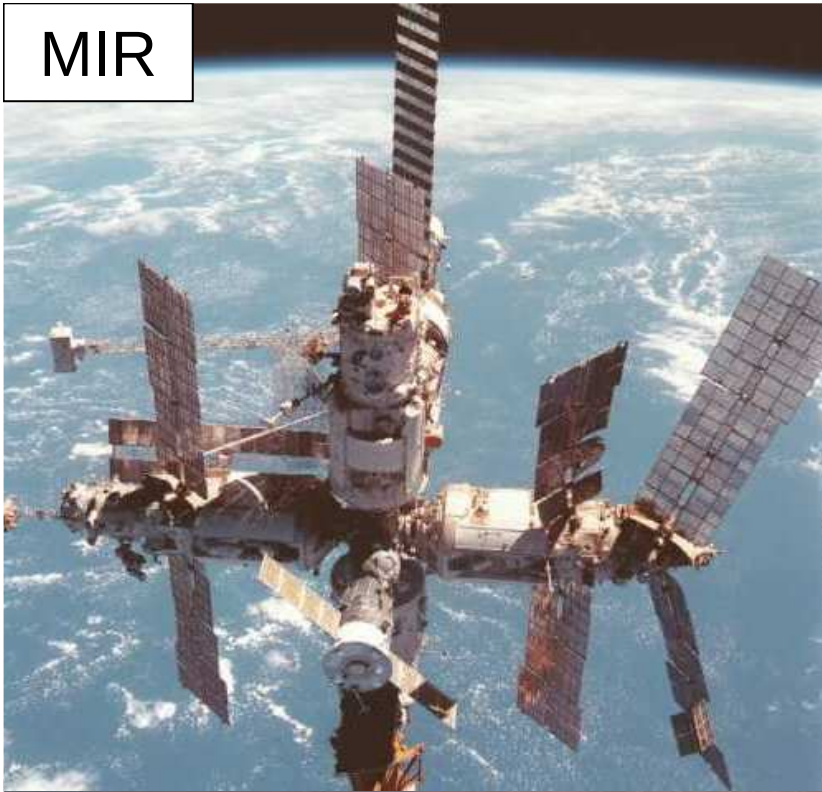
based on NASA's commitment to deploy AMS on the ISS

Premier vol: AMS-01 (STS-91 Ravitaillement de la station MIR)

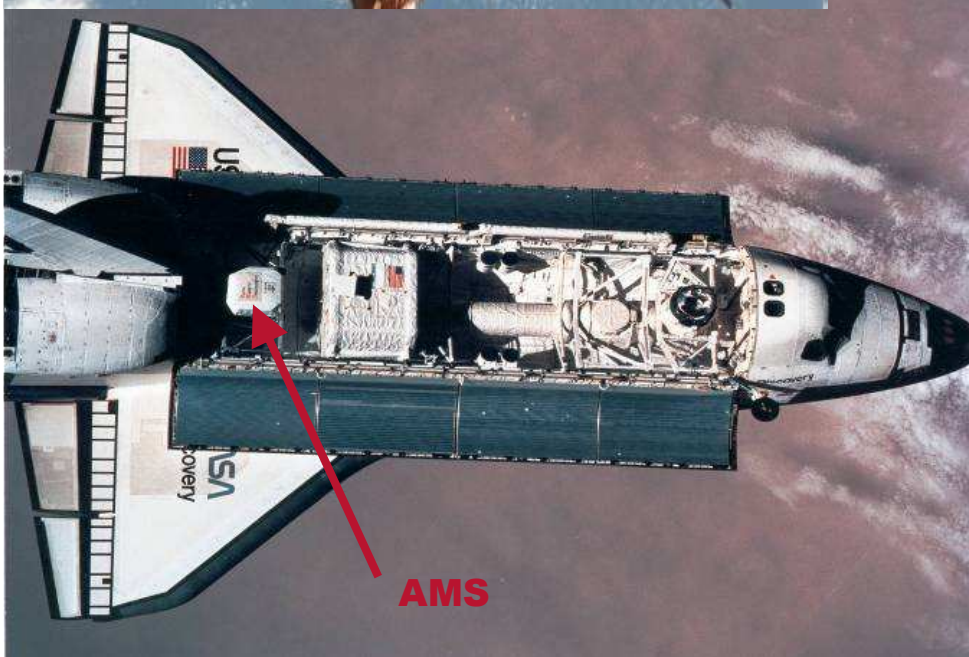
Approbation: April 1995, Assemblage: Decembre 1997, Vol: 10 jours en Juin 1998



MIR



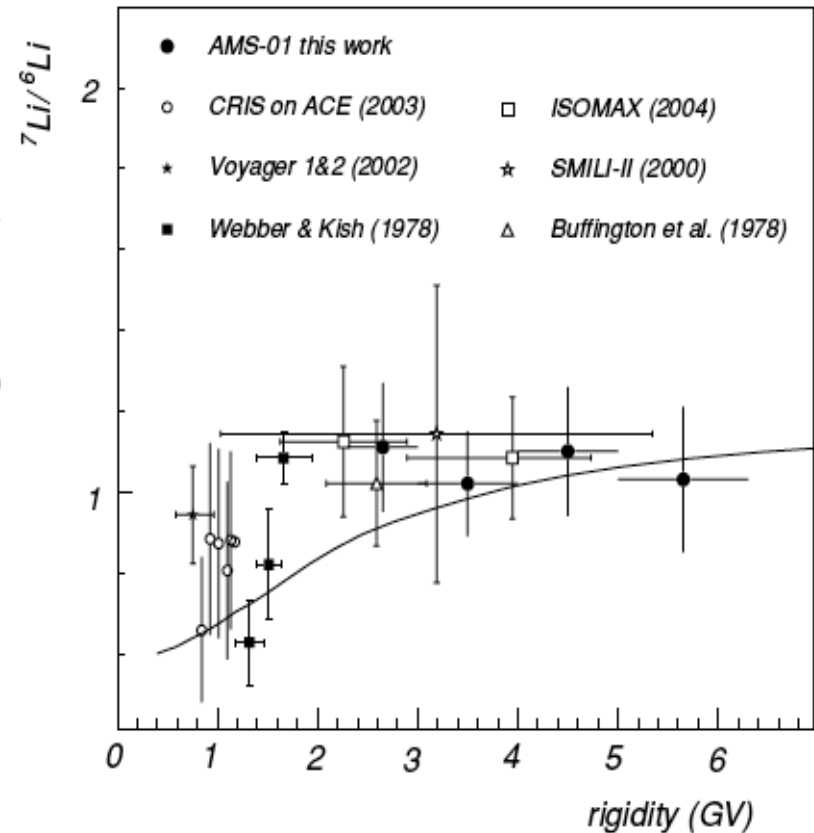
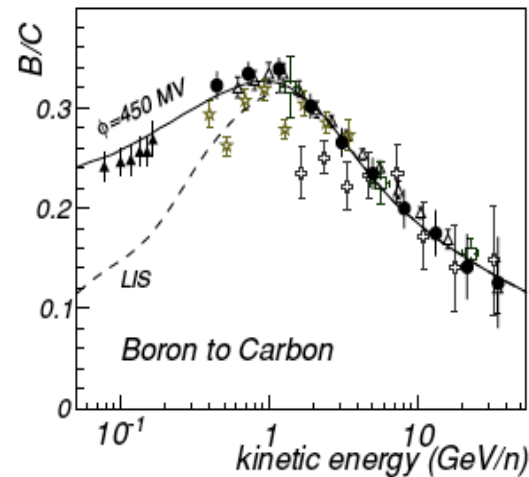
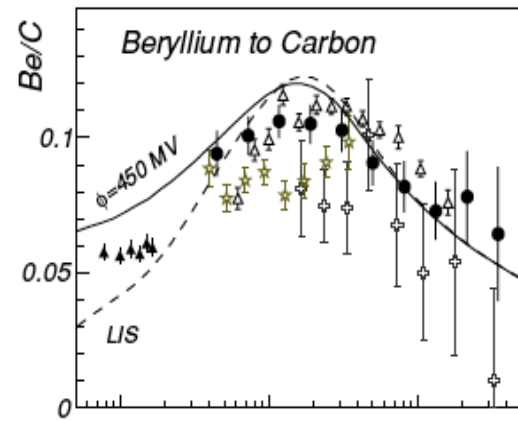
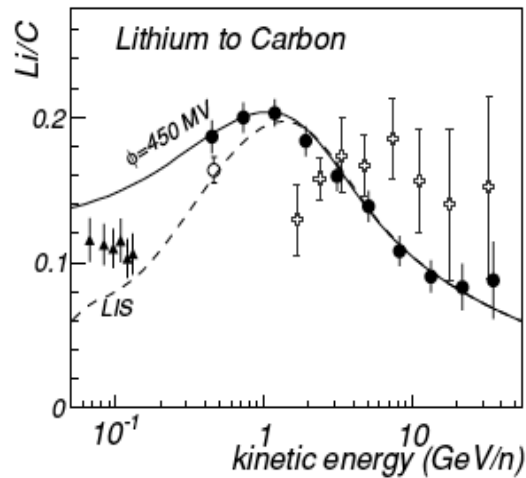
Images de STS-91 (*ravitaillement de MIR*)



F. CHANG-DIAS
changeait les
disques toutes les
8 heures

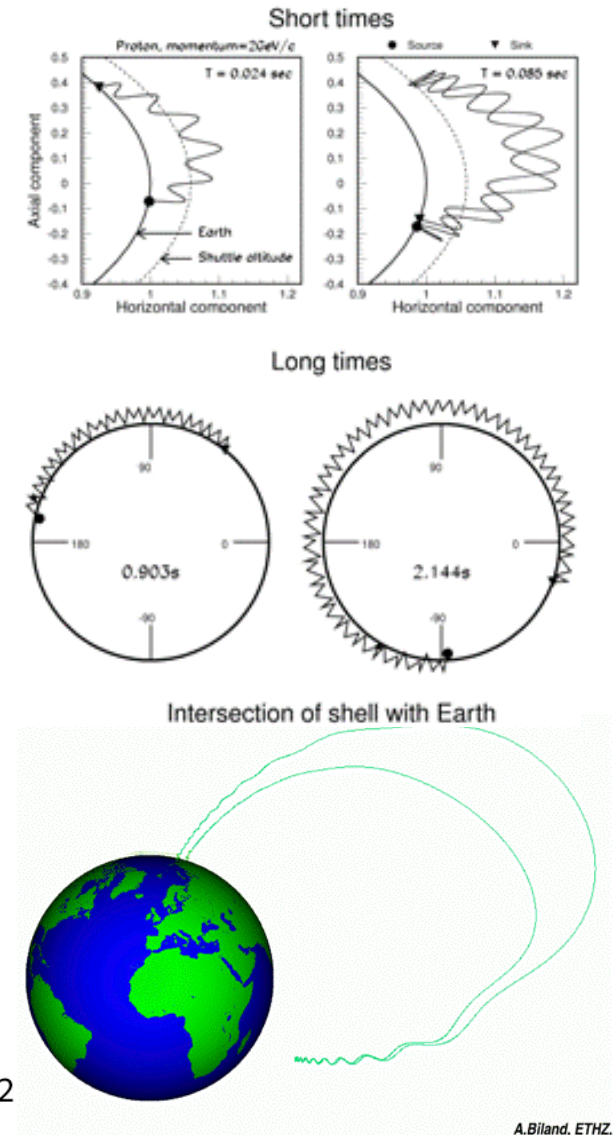
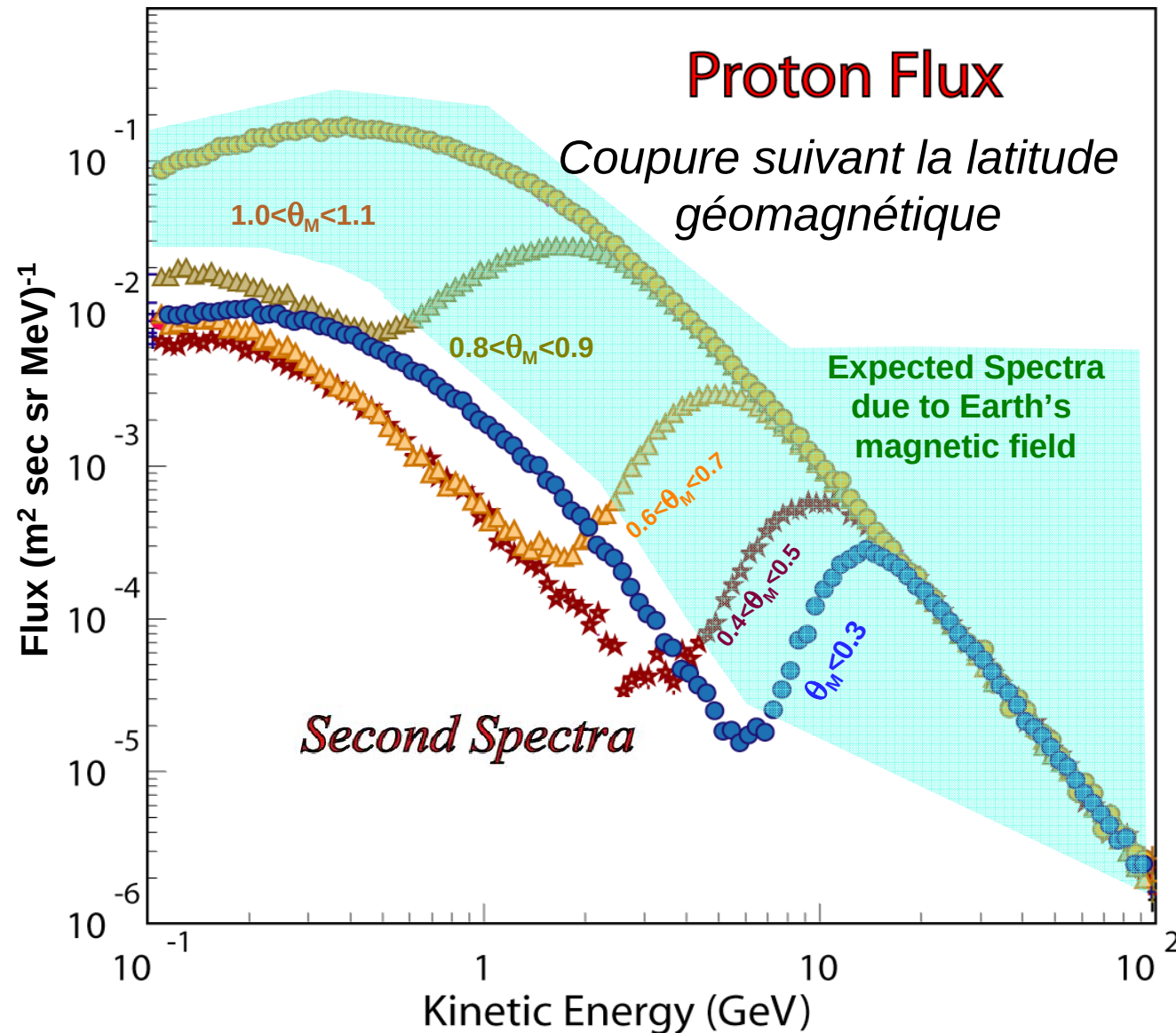


Quelques rapports isotopiques et d'abondance d'éléments mesurés par AMS-01



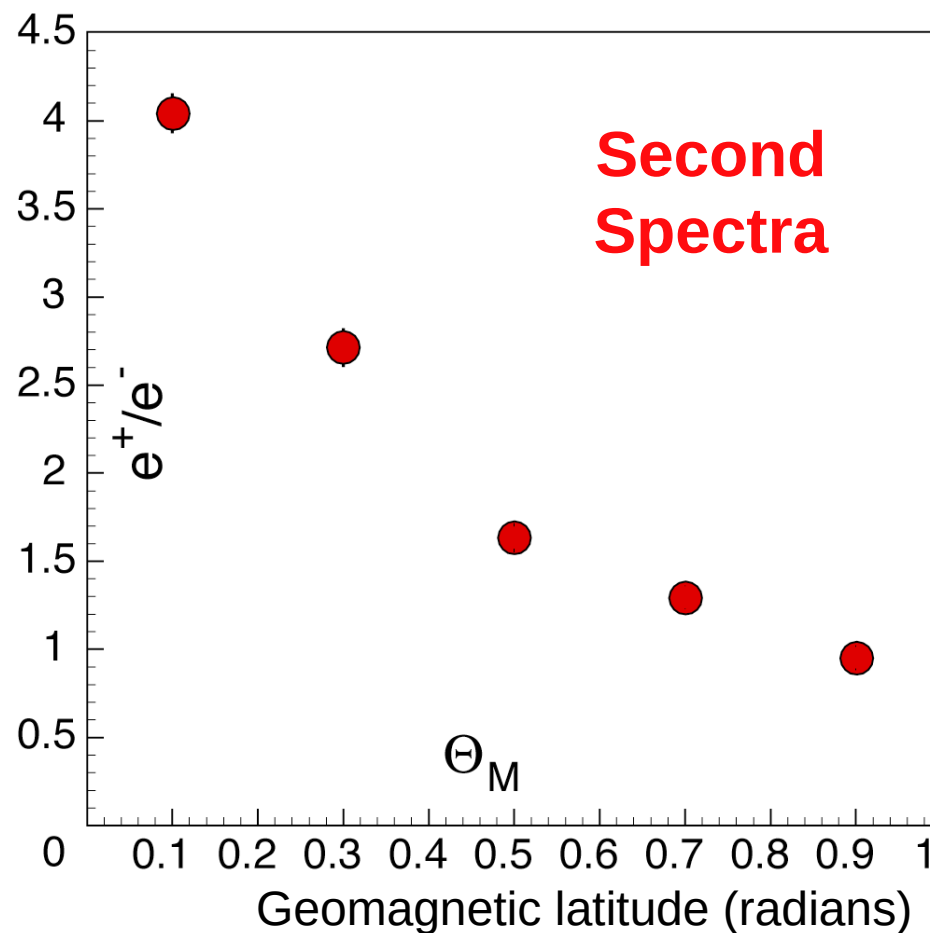
Unexpected results from first flight:

1- the existence of two Spectra in proton flux

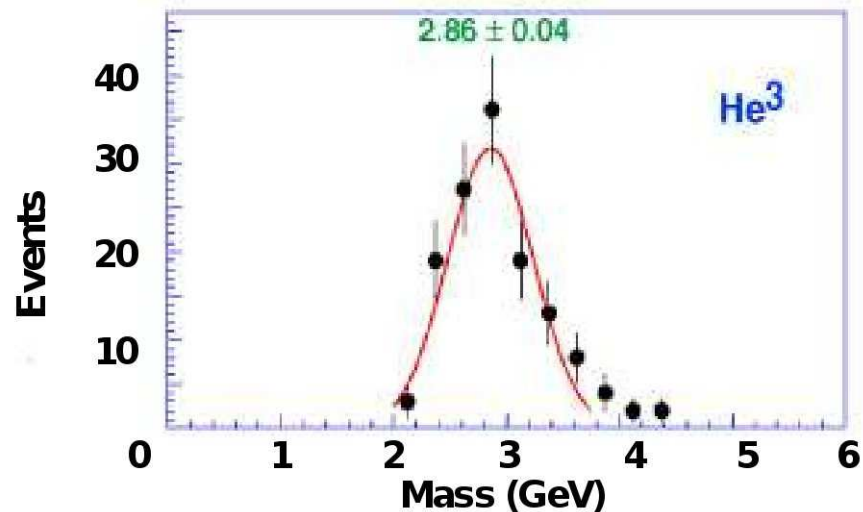
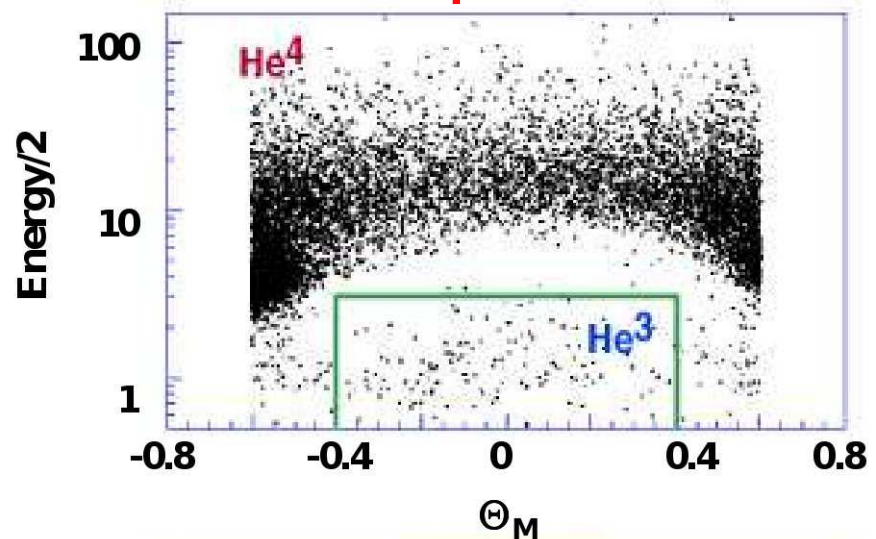


Unexpected results from first flight:

2- Under the geomagnetic cut, there are many more positrons (e^+) than electrons (e^-)



3- He^4 and He^3 isotopes are completely separated in space



Science Fondamentale sur la Station Spatiale Internationale

Les messagers: 1- Neutral component:

γ, ν

Hubble, Chandra, GLAST,
JDEM, INTEGRAL

Discoveries:

- (1) Pulsar,
- (2) Microwave,
- (3) Binary Pulsars,
- (4) X Ray sources,
solar neutrinos

... ..

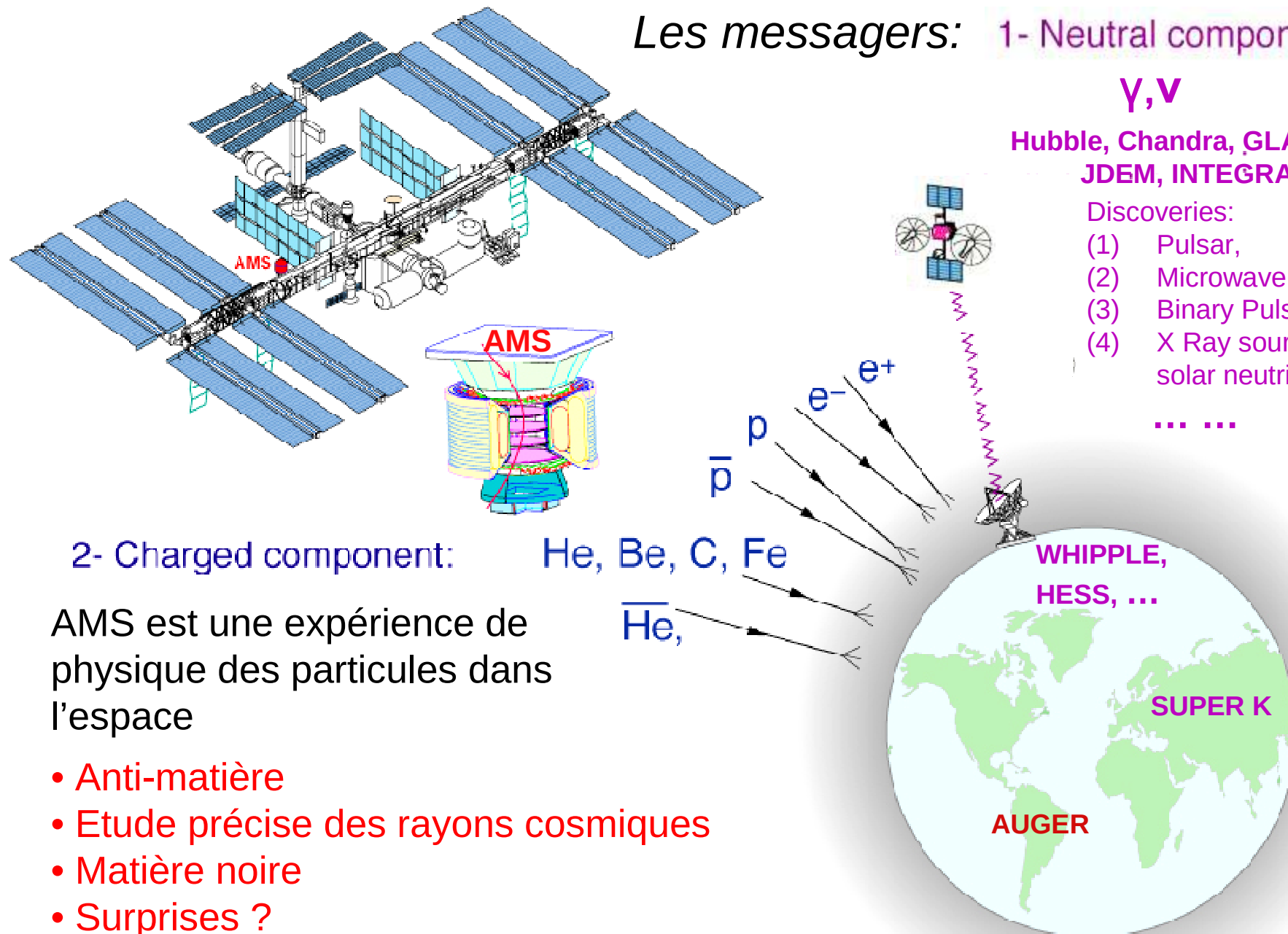
2- Charged component:

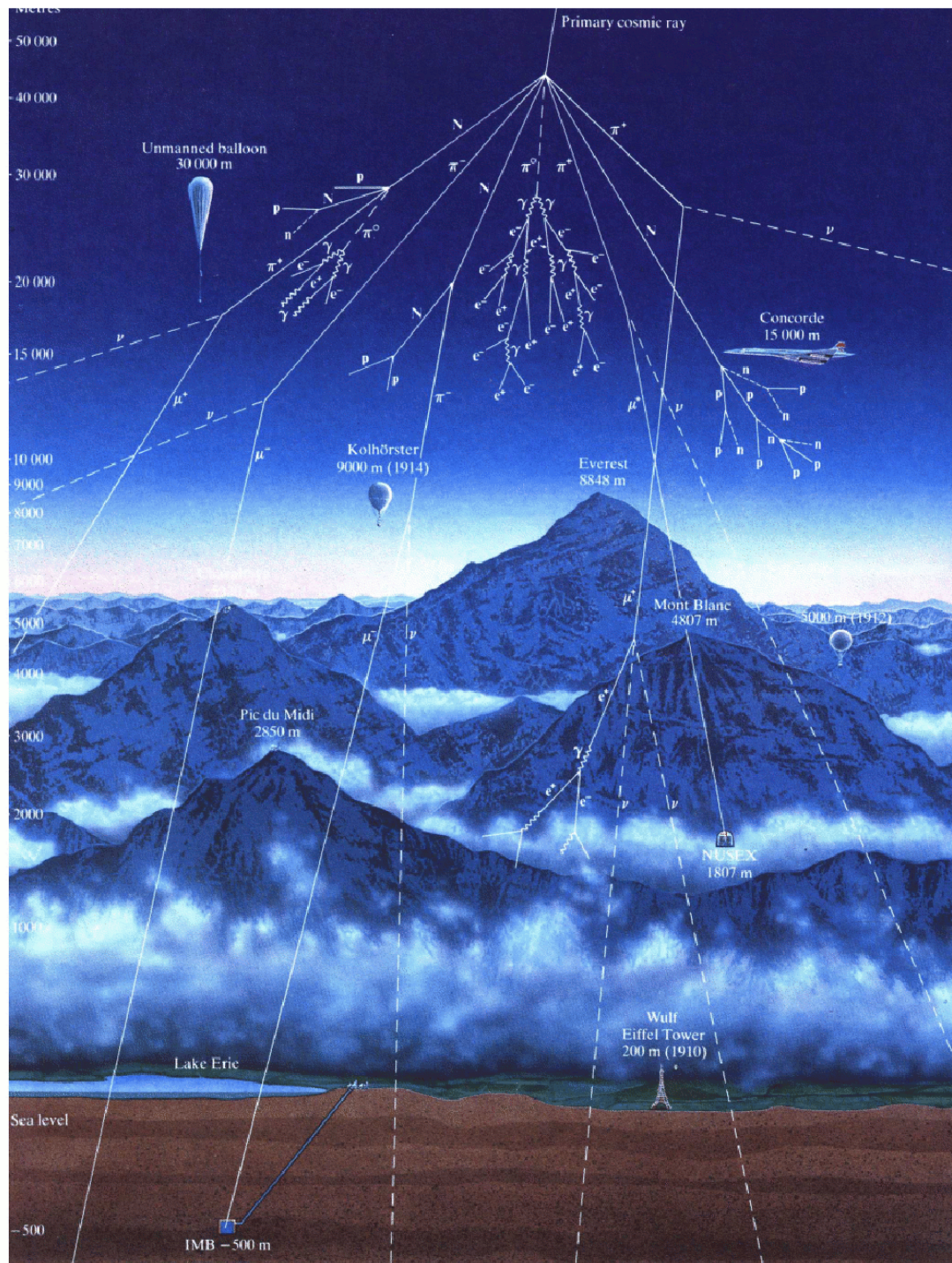
He, Be, C, Fe

$\bar{\text{He}}$,

AMS est une expérience de
physique des particules dans
l'espace

- Anti-matière
- Etude précise des rayons cosmiques
- Matière noire
- Surprises ?

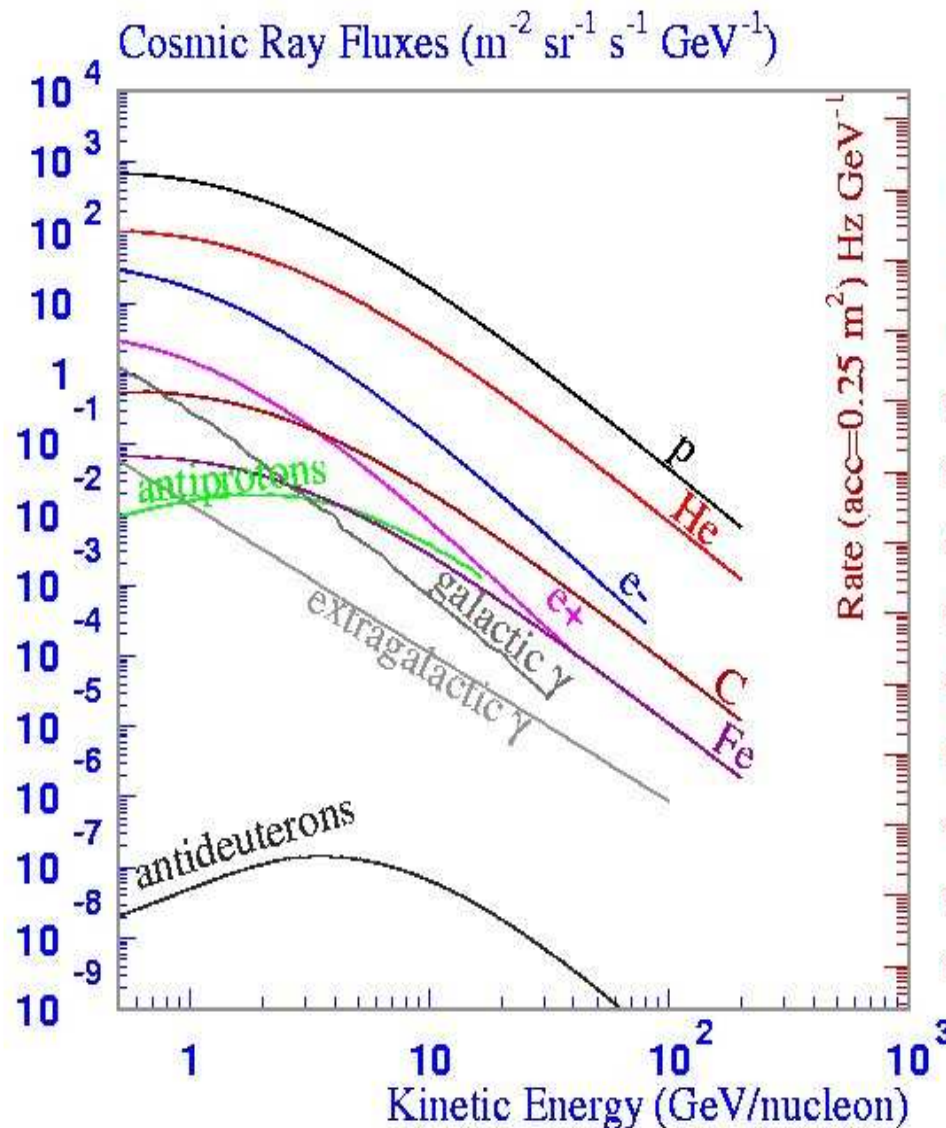




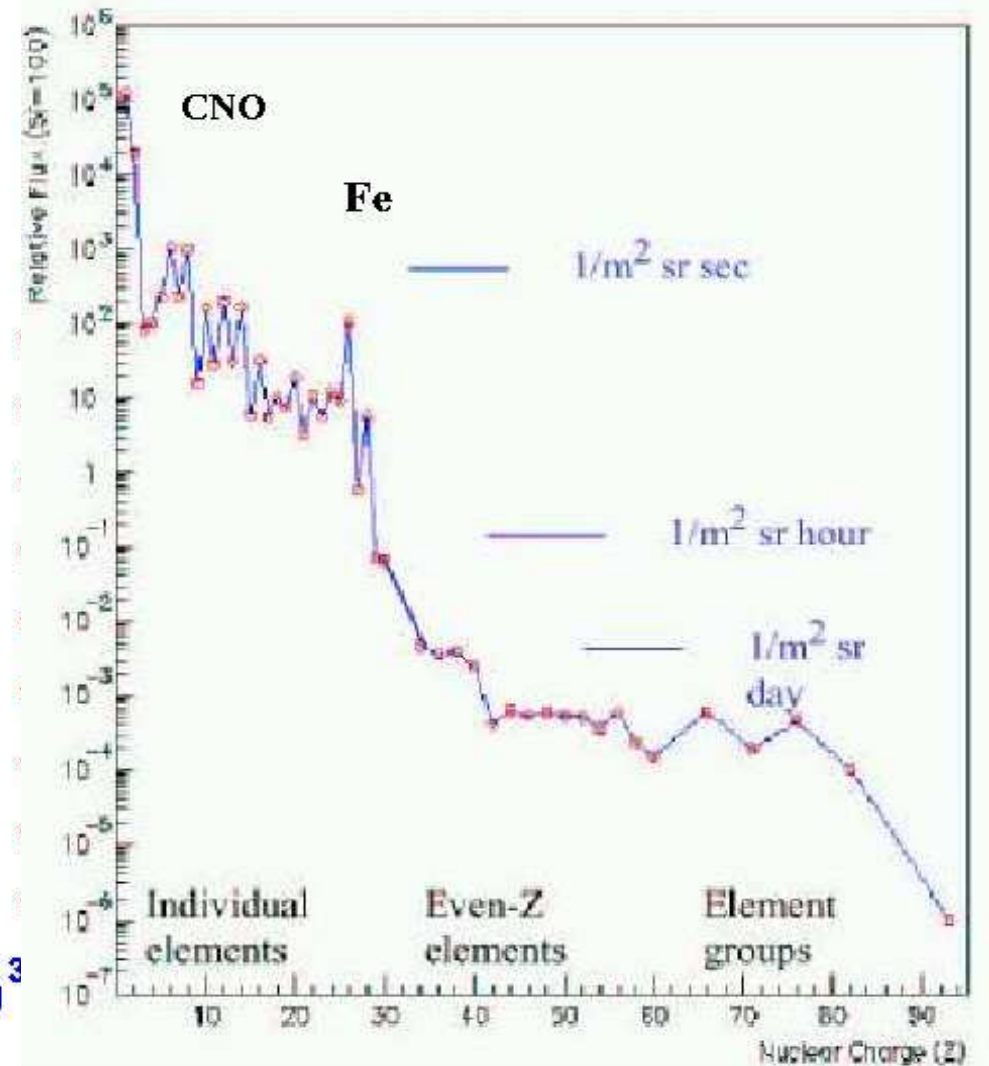
Pourquoi aller dans l'espace ?

- L'atmosphère n'est pas transparente aux particules chargées ou aux rayons X ou gamma. Les interactions dégradent l'information sur la particule initiale.
- Son épaisseur massique, de 1kg/cm^2 , correspond à un blindage de 4 m de béton.
- Ballons à 35 km (5 g/cm^2) mais le temps d'exposition est limité à ~20 jours.
- Les détecteurs sur satellites ont des temps d'exposition de plusieurs années (3-15 ans).

Abondance des différentes
particules ($\rightarrow$ *identification*)



Abondance des différents
noyaux (éléments)



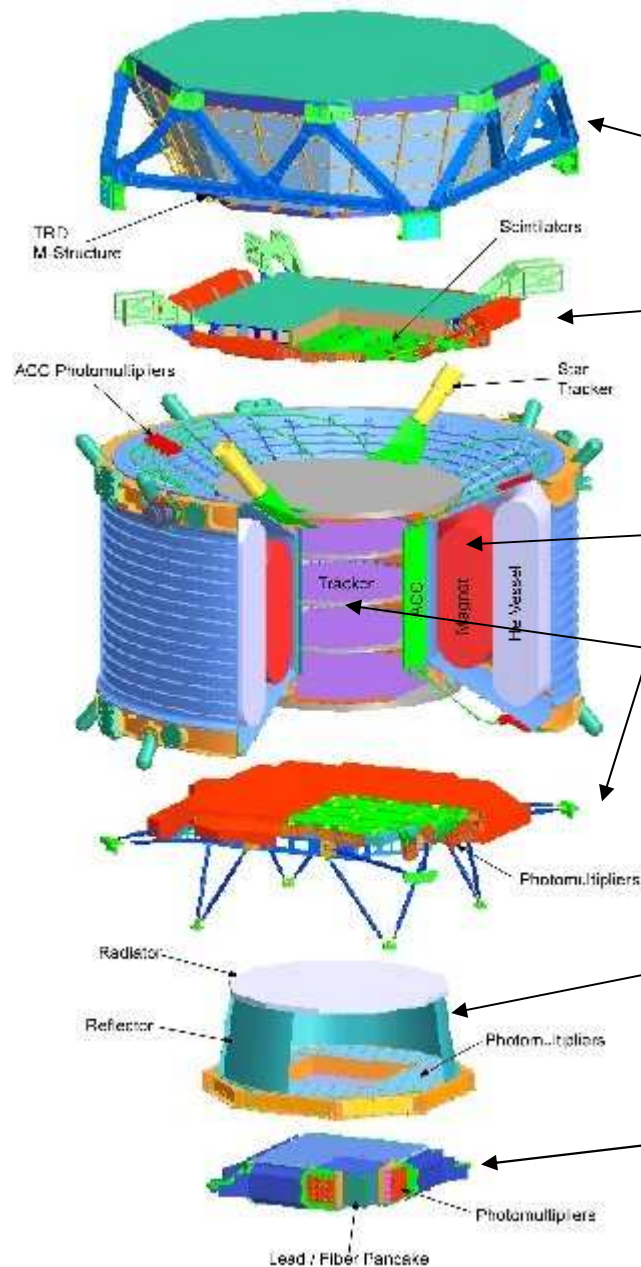
La détection des particules

- Une particule chargée ou un rayon gamma pénétrant dans de la matière produit de l'ionisation en perdant un peu de son énergie.
- Des électrons sont excités ou arrachés aux atomes.
- On détectera la lumière de la désexcitation ou les charges électriques libérées par l'ionisation.
- La matière est choisie de façon *ad hoc*.
- L'ionisation $\sim Z^2 \rightarrow$ identification de l'élément (noyau)

Mesures dynamiques

- Impulsion (quantité de mvt): Courbure trajectoire dans un champ magnétique
- Energie: Ionisation lors de l'arrêt de la particule
- Vitesse: Diverses méthodes

Le détecteur AMS-02

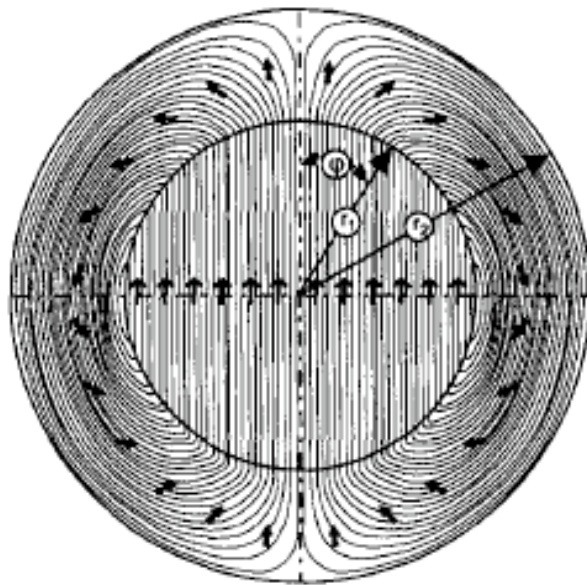


- *TRD*: Transition Radiation Detector
- *TOF*: Scintillateurs pour déclenchement et mesure du temps de vol (vitesse)
- Aimant (champ magnétique) pour courber les trajectoires selon P . (impulsion)
- *Tracker* pour mesurer les trajectoires et les charges
- *RICH*: Compteur Cherenkov à imagerie annulaire. (mesure de vitesses relativistes et de charge)
- *ECAL*: Calorimètre électromagnétique pour identifier les $e^\pm$, γ et mesurer leur énergie.

L'aimant permanent d'AMS-01

Les moments de forces sont interdits sur les vaisseaux spatiaux

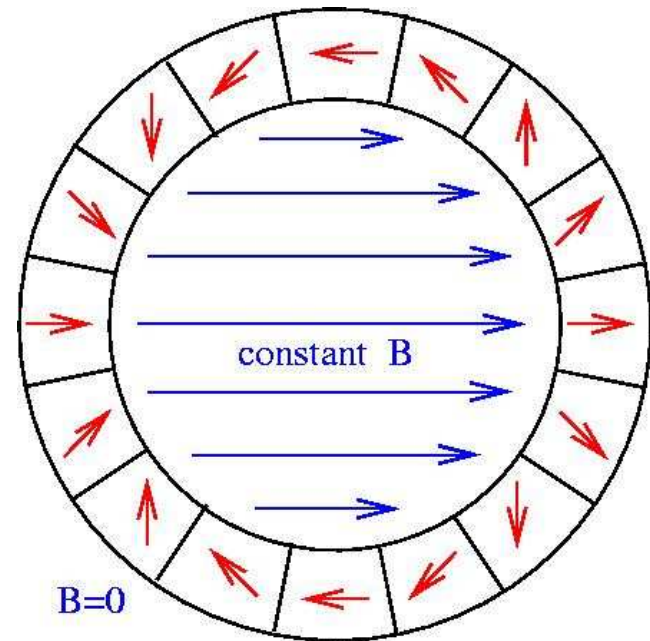
→ Le moment magnétique total doit être nul



$B=0.13 \text{ T}$

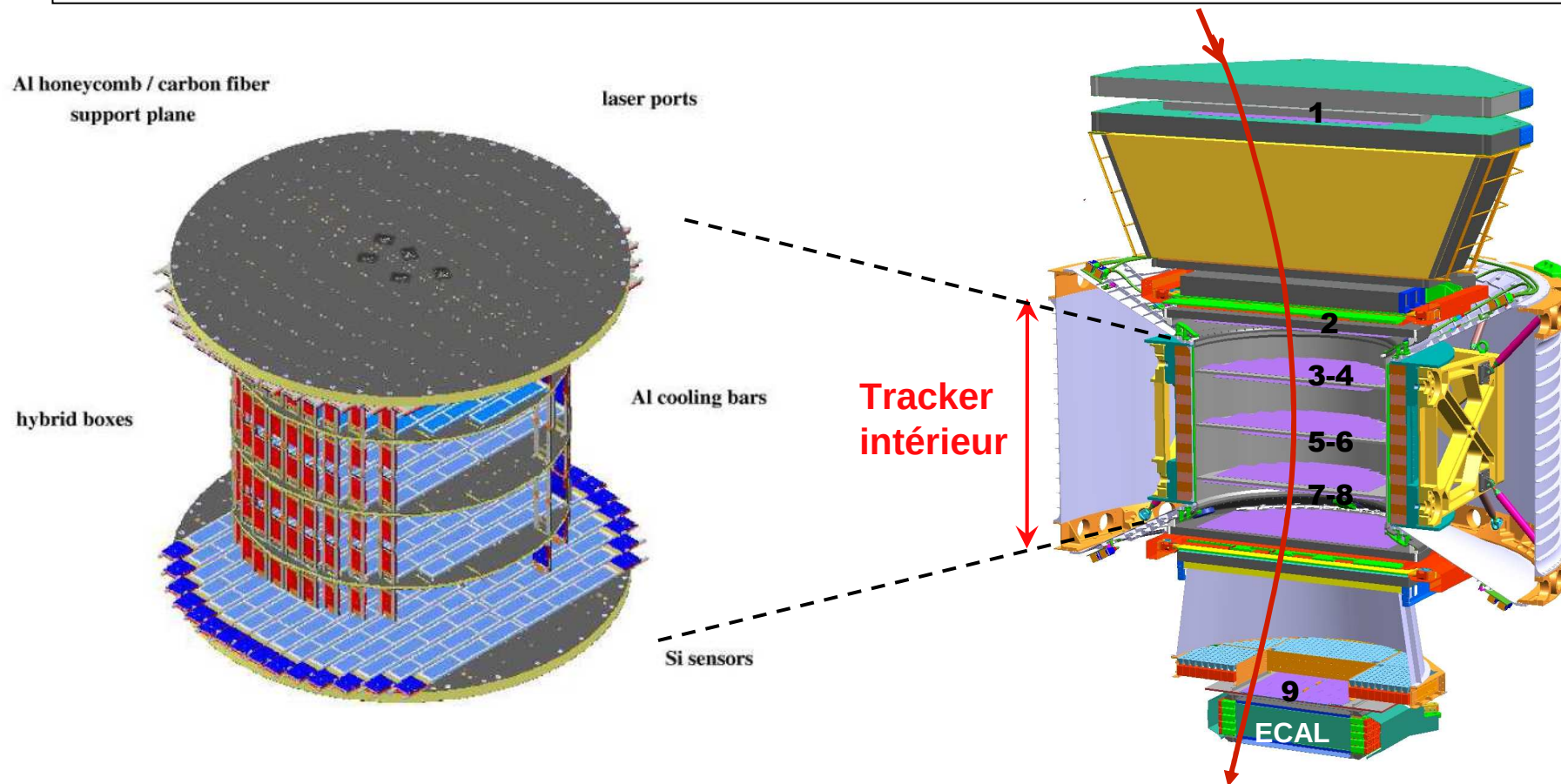
$L=1 \text{ m}$

Fig. 6. Magnetic field distribution at a cross-section of the center of the magnet.



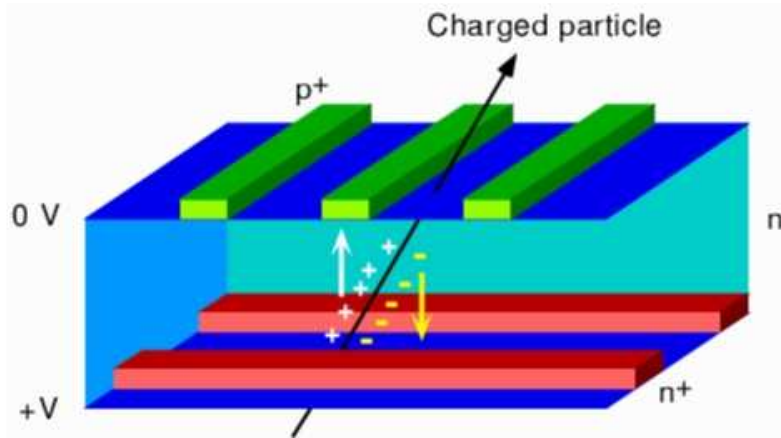
Le *Tracker* à micropistes au Silicium

La trajectoire est mesurée en plusieurs points (9) par son intersection avec des plans de détecteurs

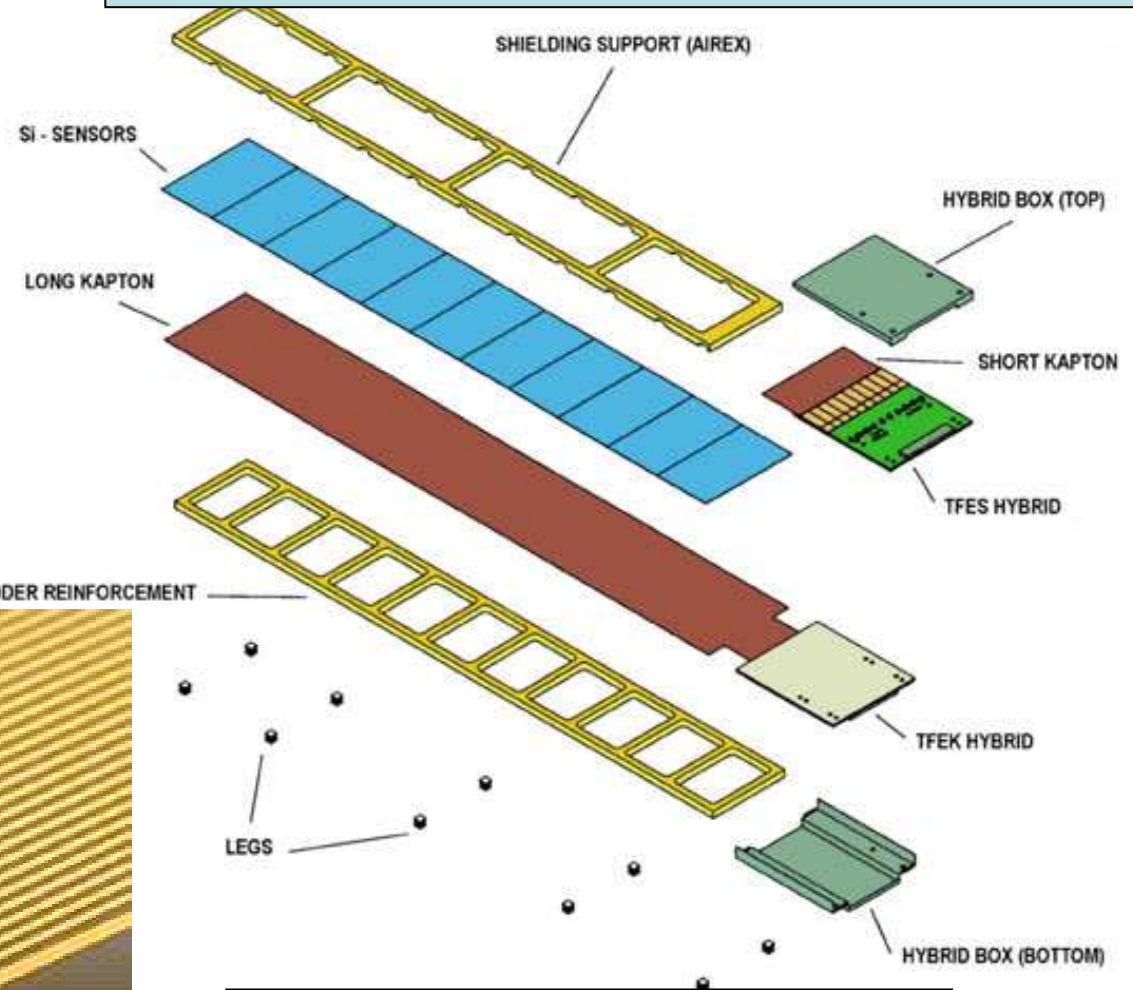
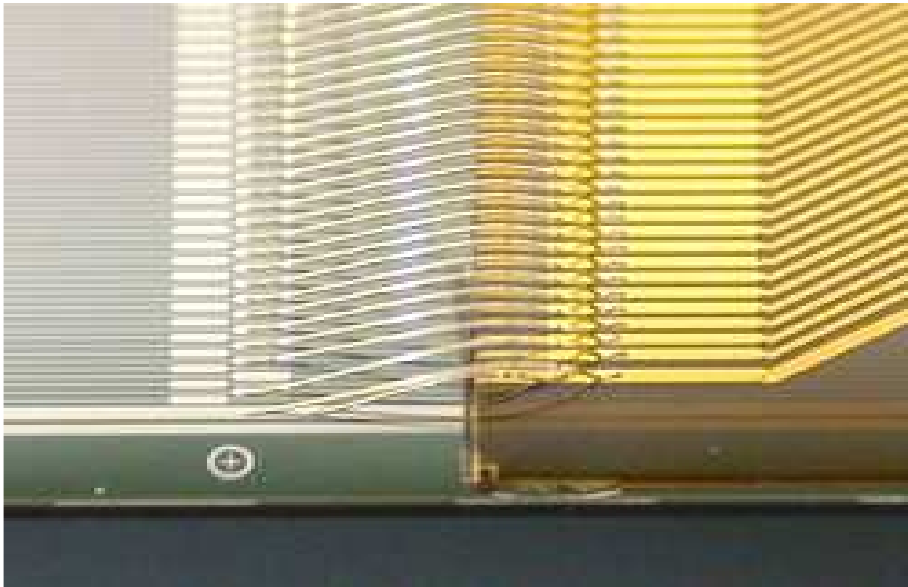


Mesure de la trajectoire
et de la charge

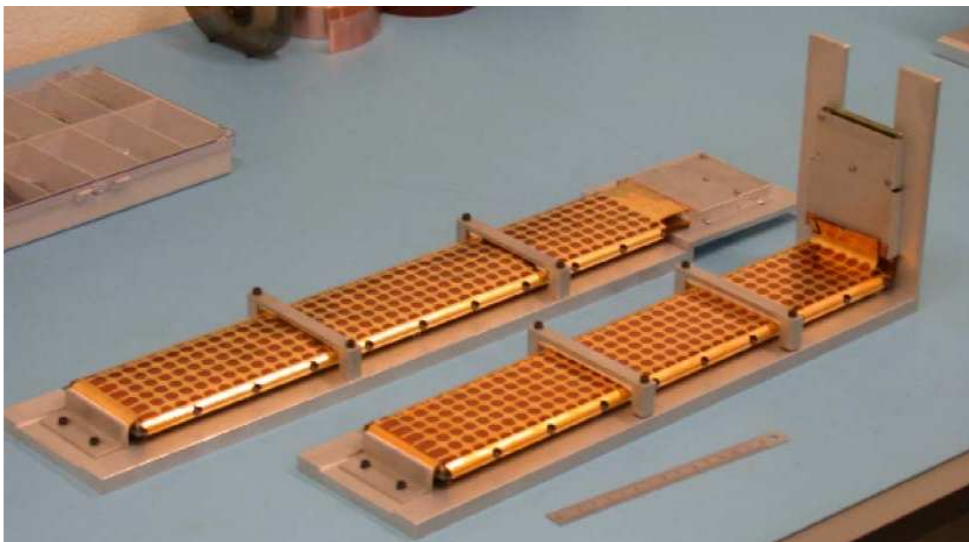
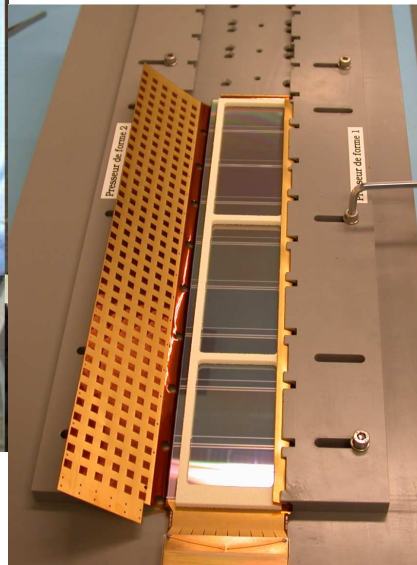
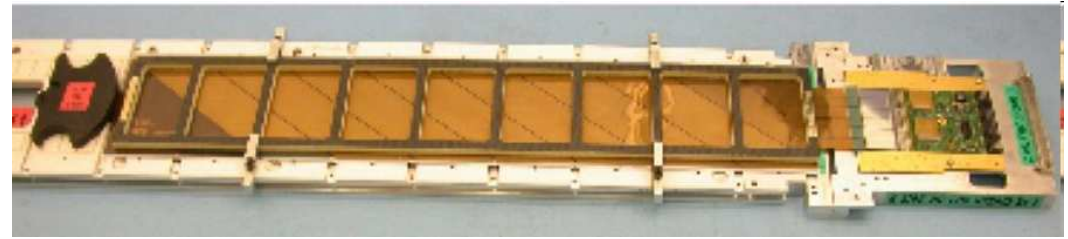
Le Tracker à micropistes au Silicium



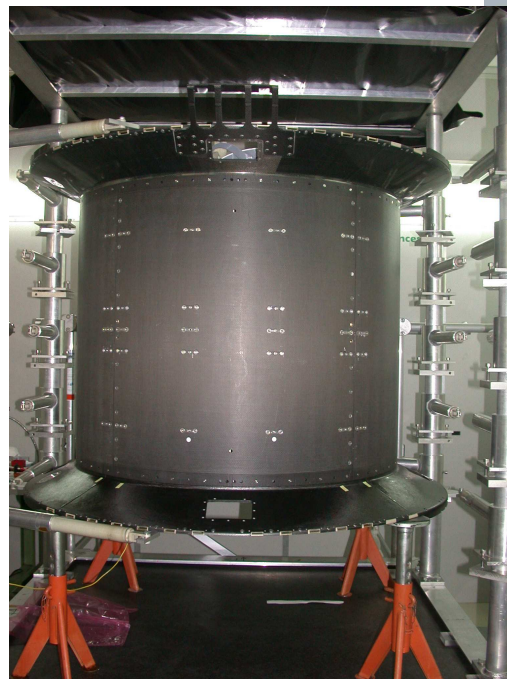
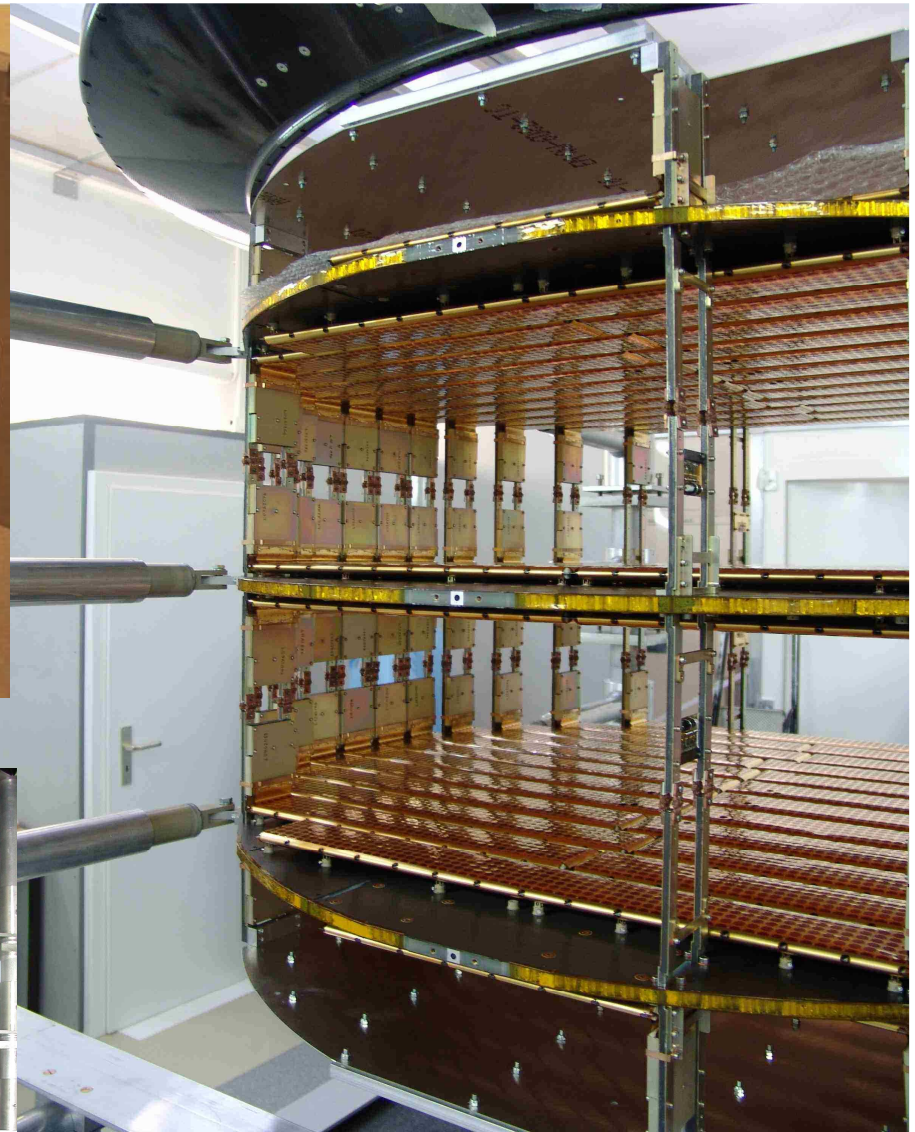
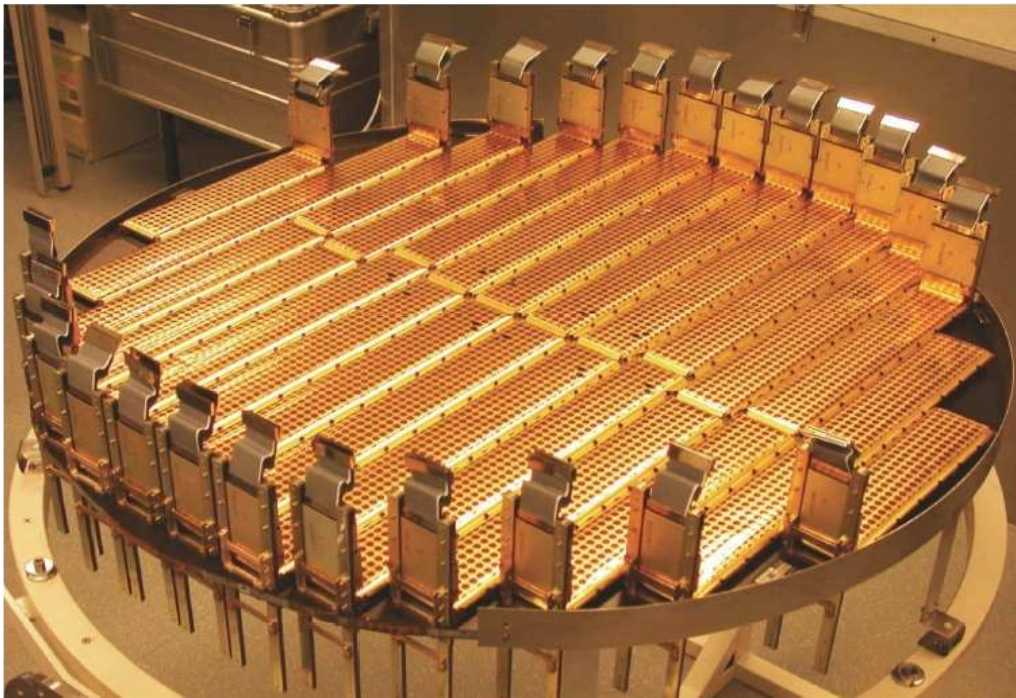
- Epaisseur: 300 μm
- Piste chaque 25 μm
- Lecture 1 piste/4: 100 μm
- Total 200'000 canaux
- Résolution spatiale (σ) $\sim 8\mu\text{m}$



Mesure de la trajectoire
et de la charge



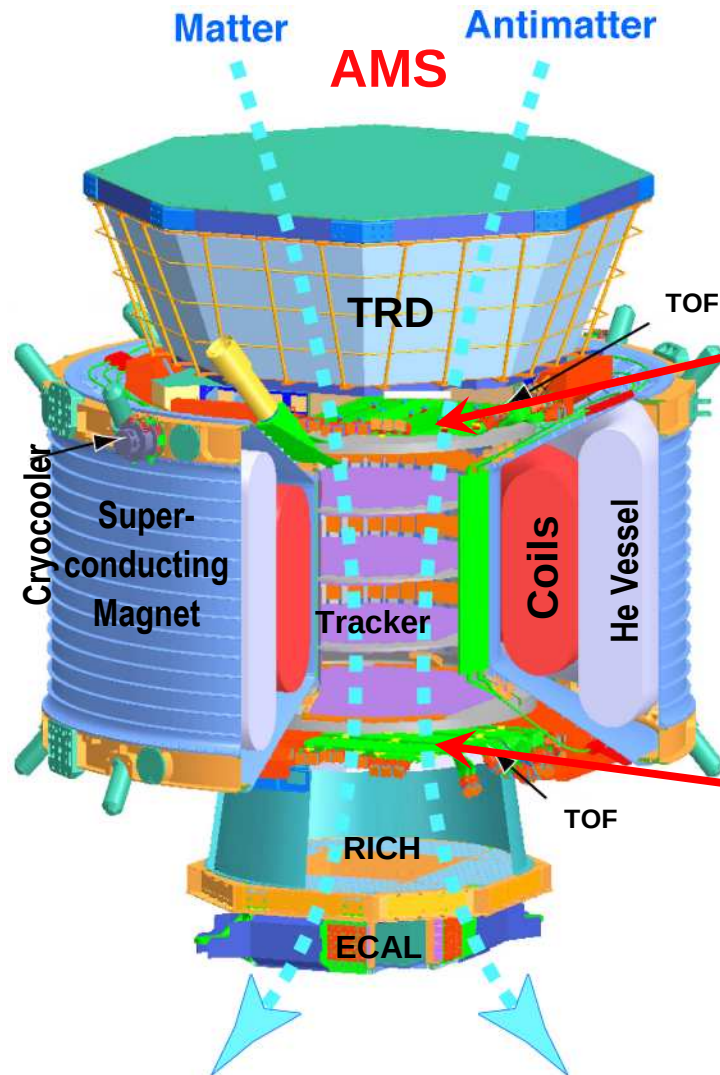
Fabrication d'un module
(échelle)



Montage des 192 échelles sur
des plans *nid d'abeilles* et
assemblage du tout dans une
structure en fibres de carbone

Time of Flight (TOF) *(Temps de vol)*

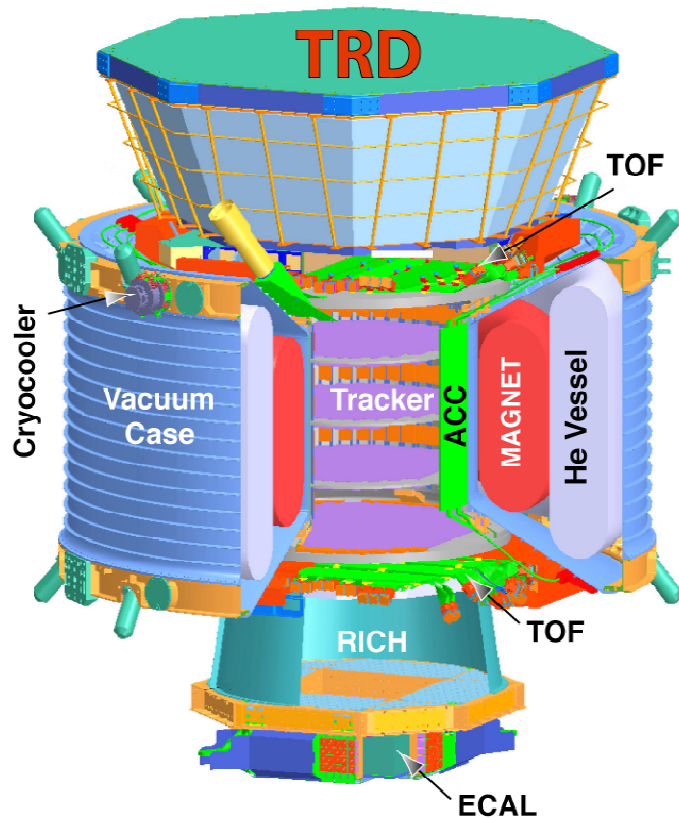
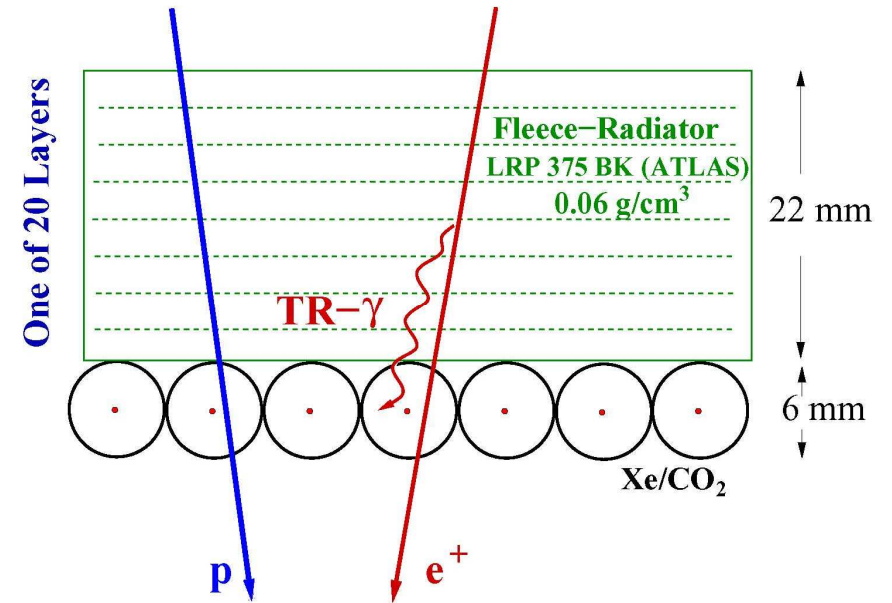
Measures the time of particles to ~ 100 picoseconds



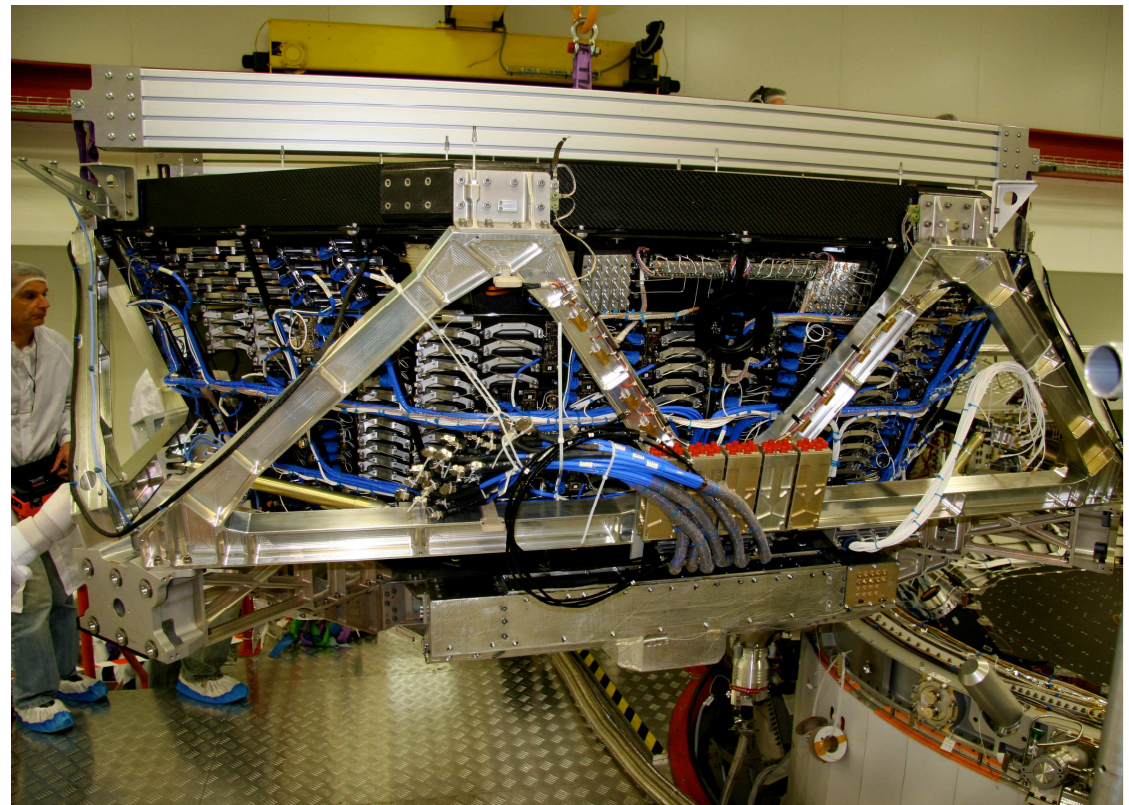
Transition Radiation Detector: **TRD**

Identify electrons/positron

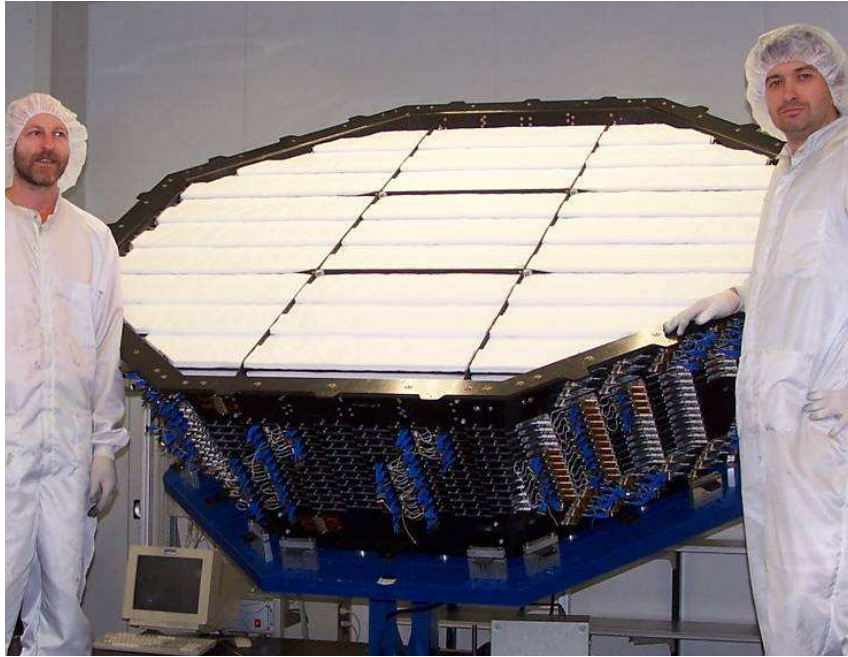
*Sensible au facteur
relativiste de Lorentz*



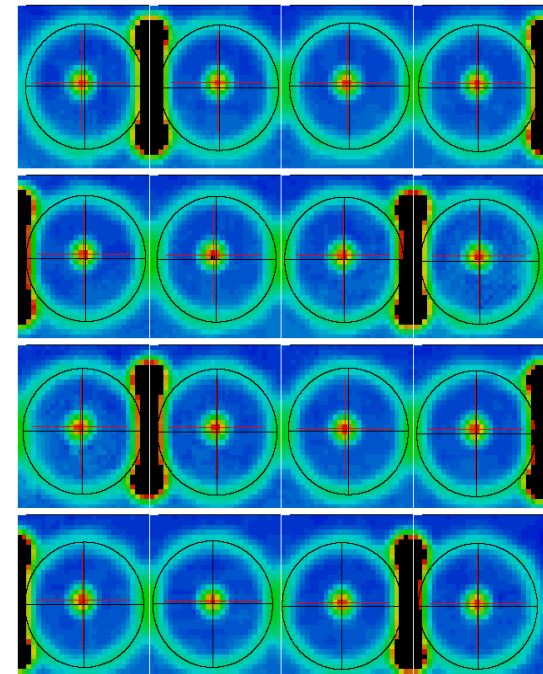
y03K193_04daChin/98205 TRD



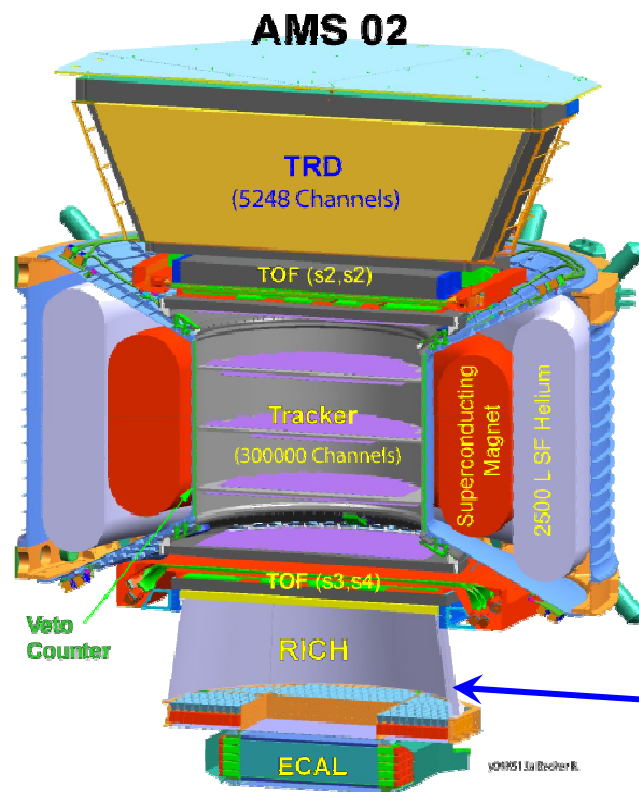
Transition Radiation Detector: **TRD**



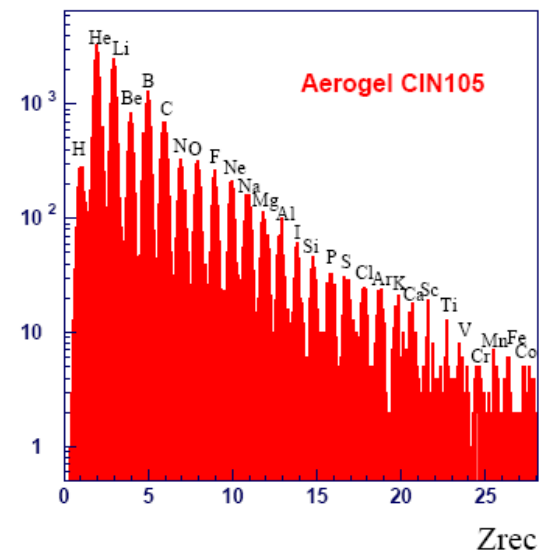
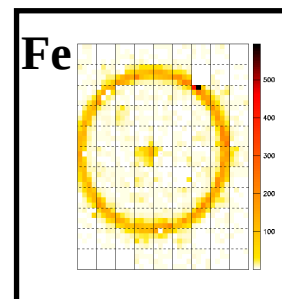
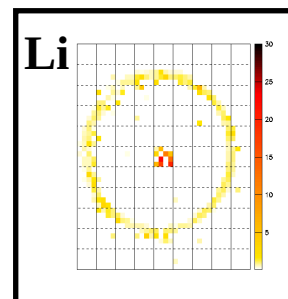
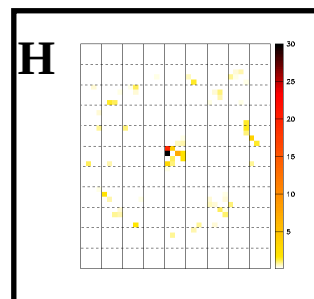
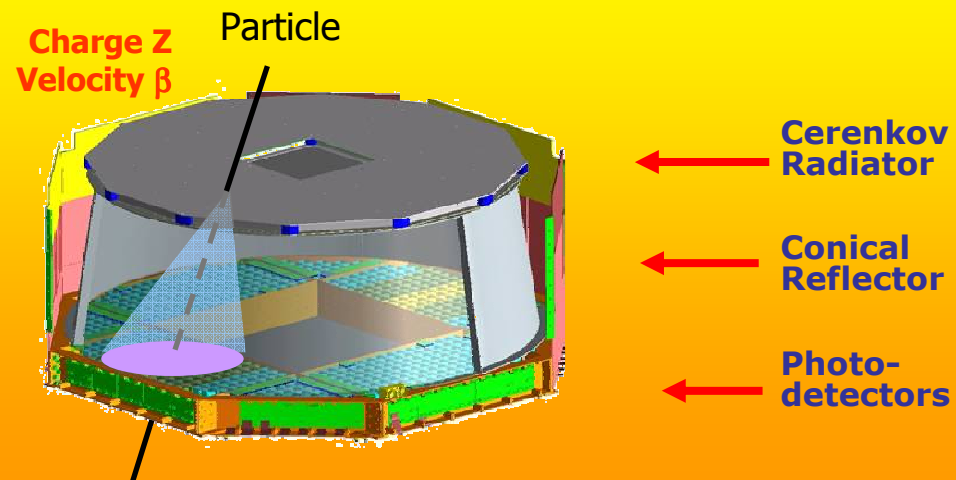
**5248 tubes
2 meter length
centered to 0.1mm**



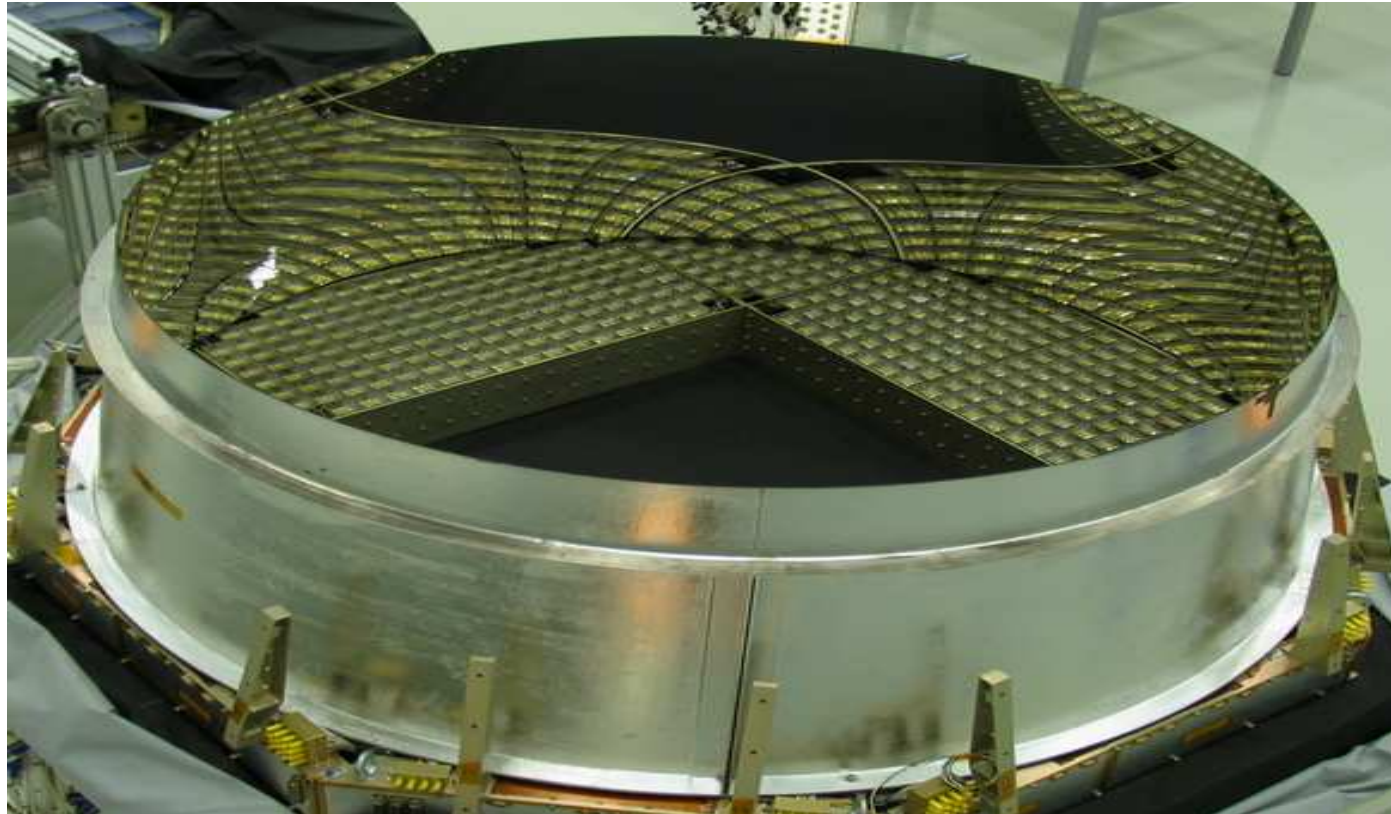
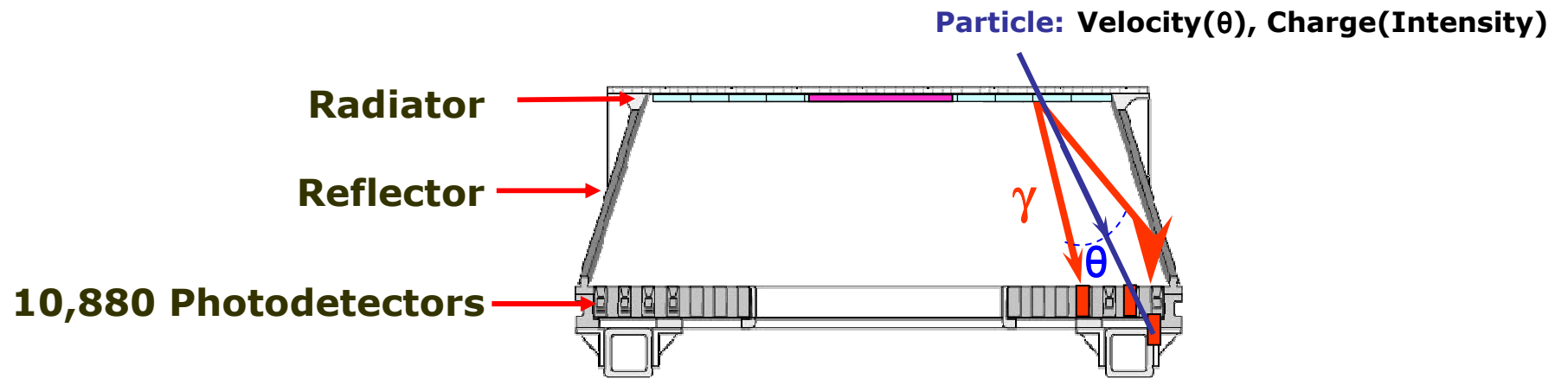
RICH: Ring Imaging CHerenkov



Precise measurement
of the velocity & charge

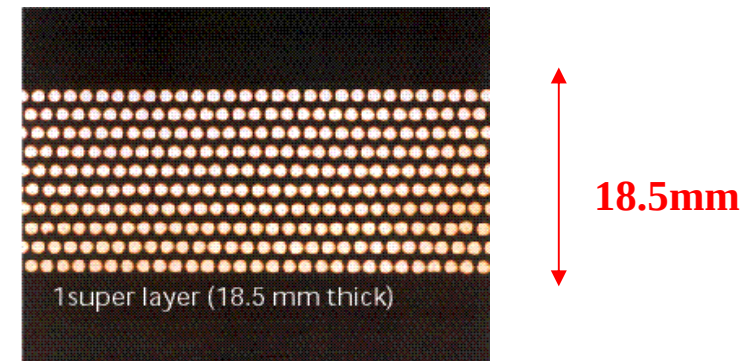
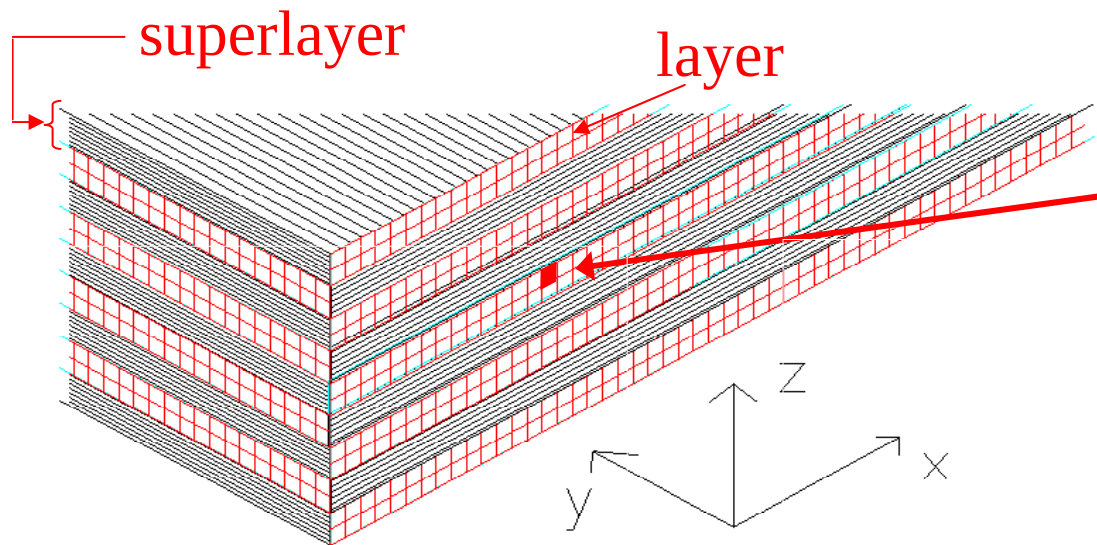
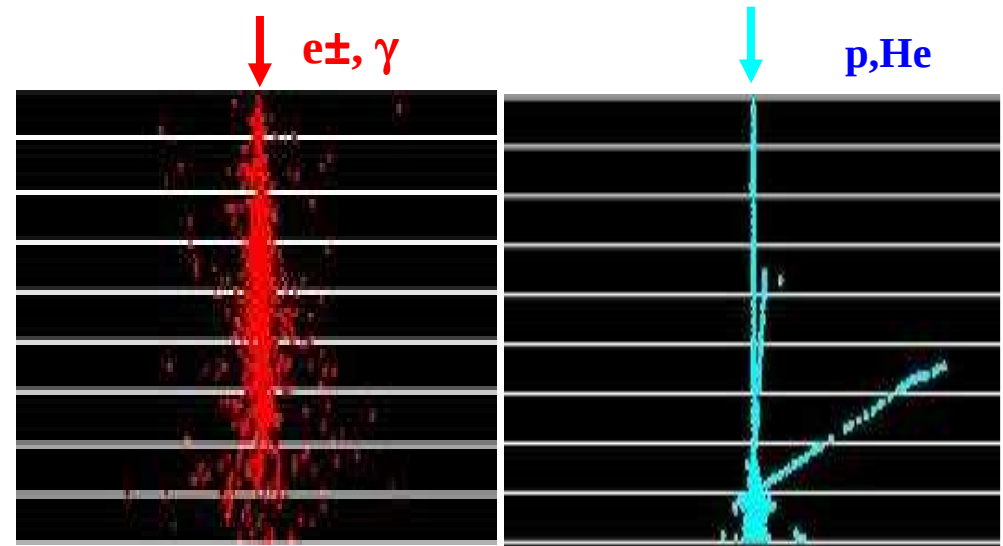


Ring Imaging Cerenkov Counter (RICH)

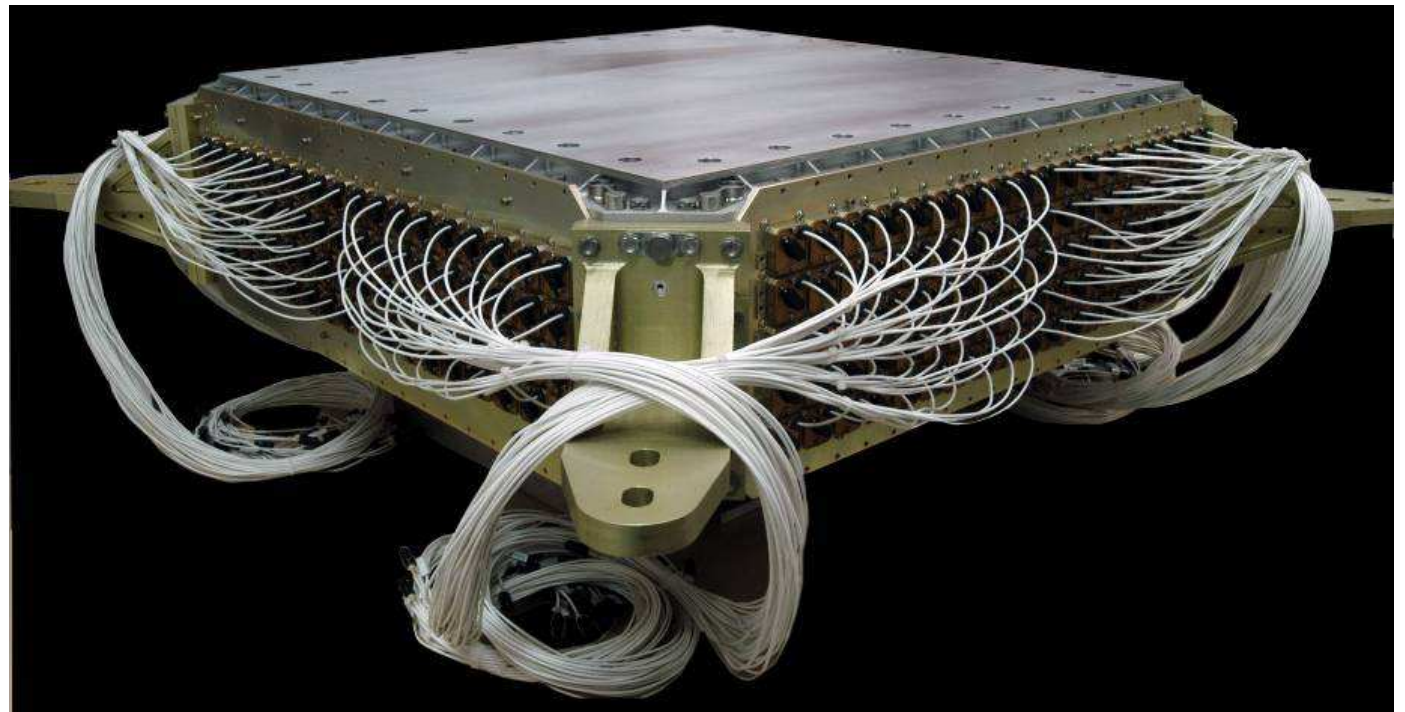
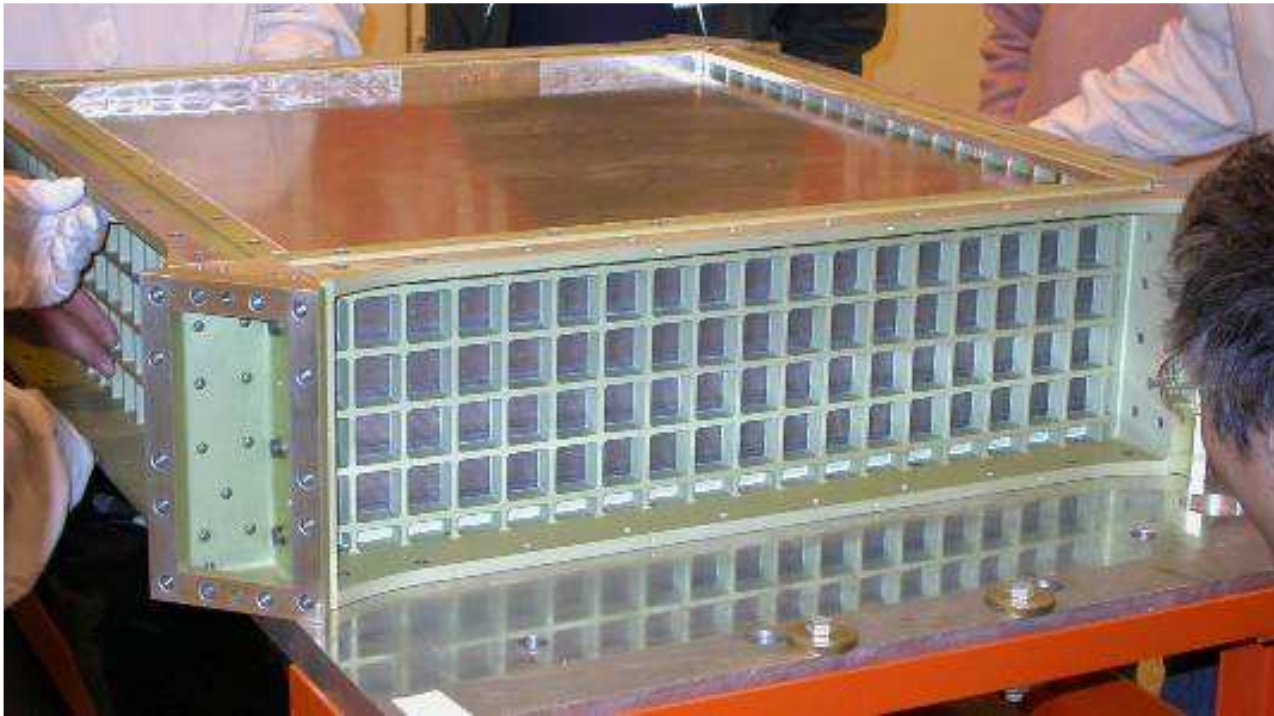


ECAL: le calorimètre électromagnétique

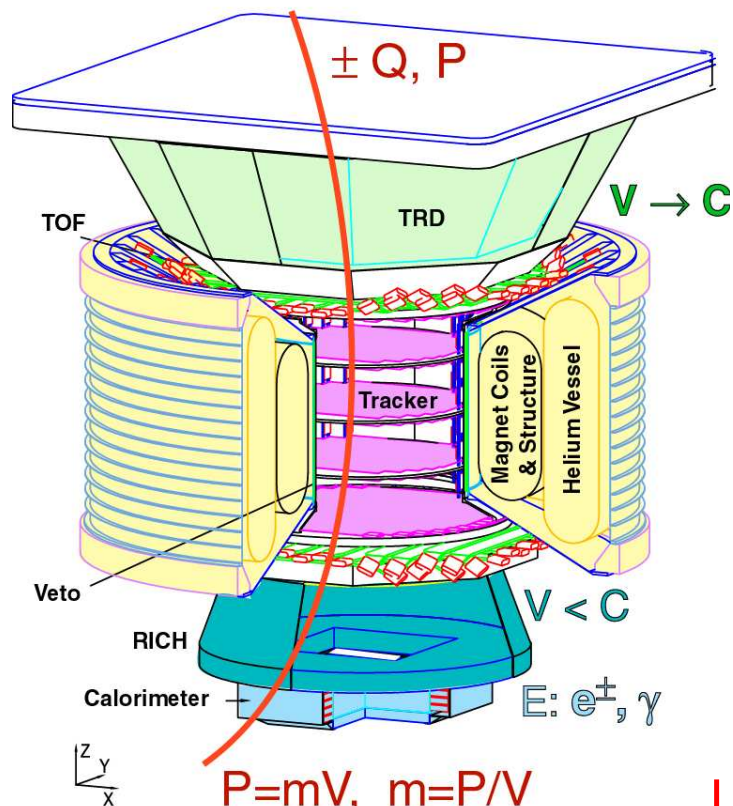
- Fibres scintillantes enrobées dans du plomb
- Les $e^\pm$ et γ déposent toute leur énergie dans une gerbe (cascade) de forme caractéristique.
- Identification + mesure d'énergie



Imagerie 3D



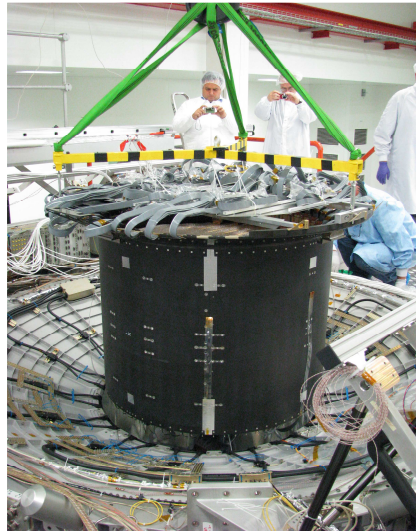
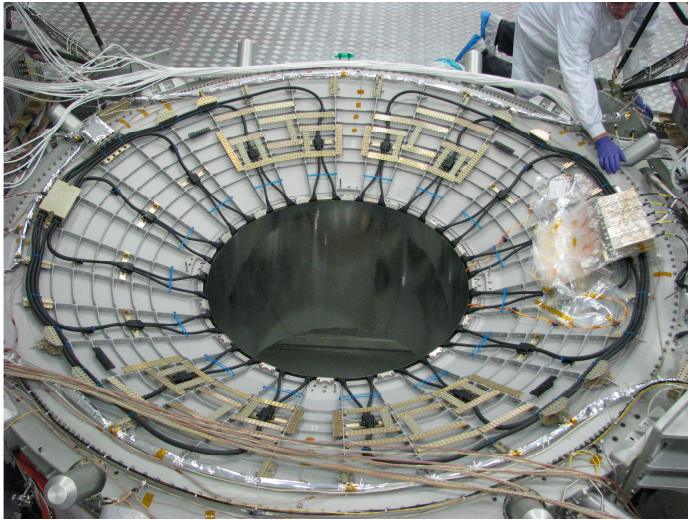
Identification grâce à la combinaison de la réponse des sous-détecteurs



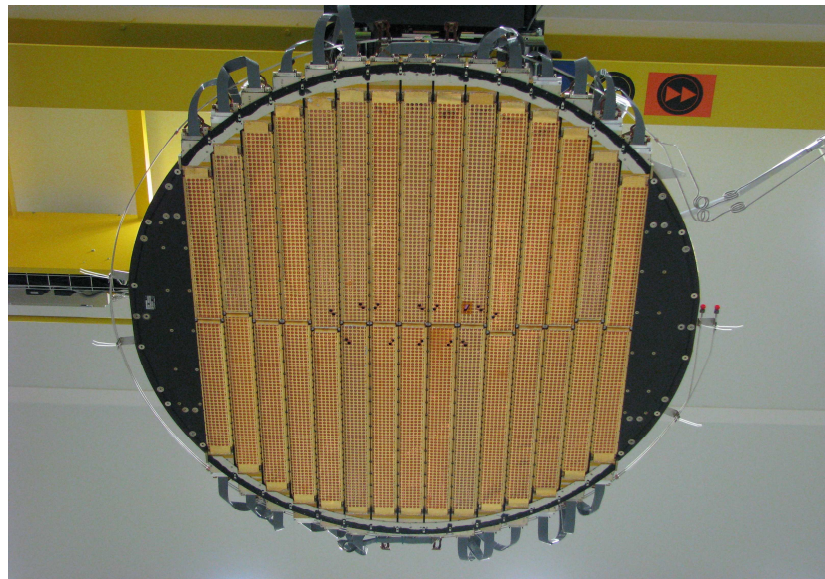
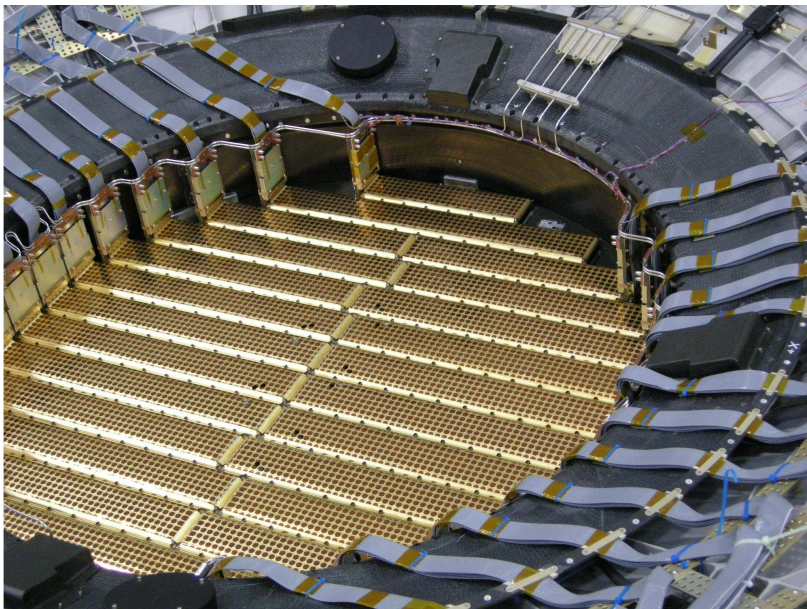
$\rightarrow \text{TeV}$	e^-	P	He, Li, Be, ... Fe	γ	e^+	$\bar{P}, \bar{D}$	$\bar{\text{He}}, \bar{C}$
TRD							
TOF							
Tracker							
RICH							
ECAL							
Physics example	Cosmic Ray Physics Strangelets				Dark matter		Antimatter

La redondance est importante pour identifier des événements rares

Assemblage des éléments dans une salle propre au CERN (19-30 octobre 2009)



Tracker





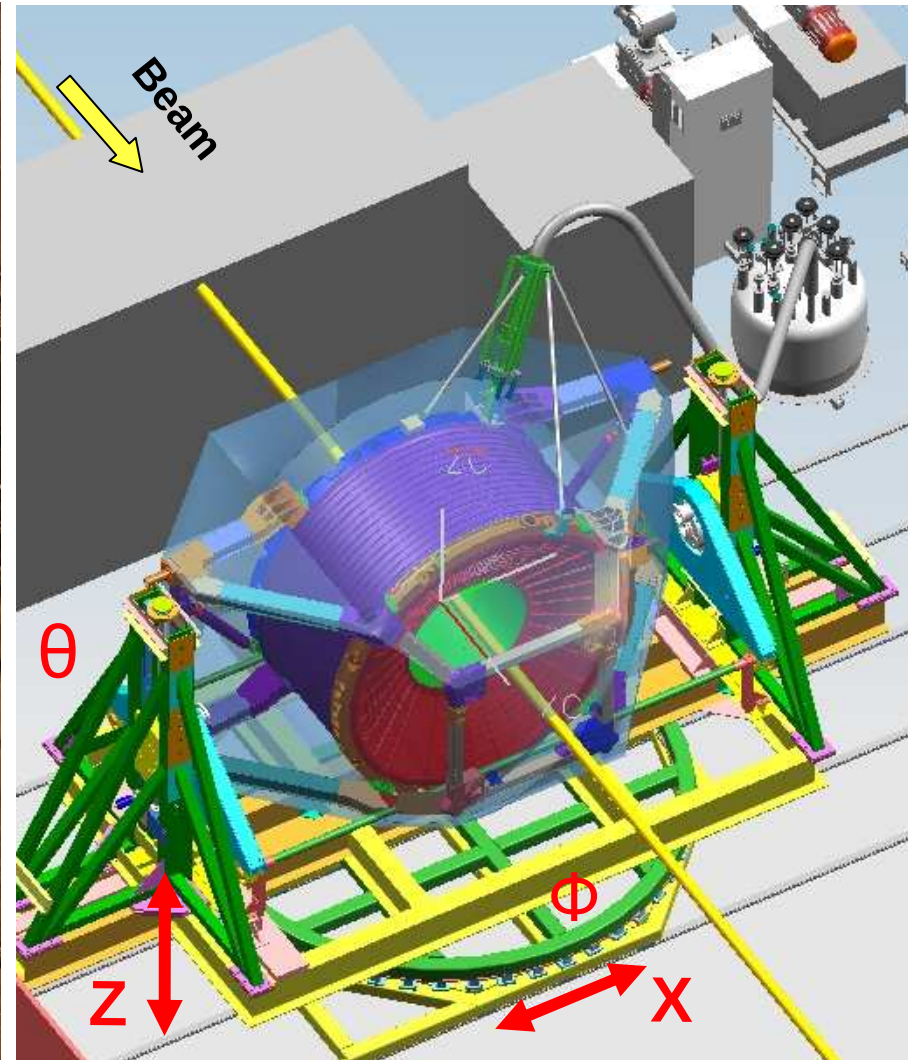
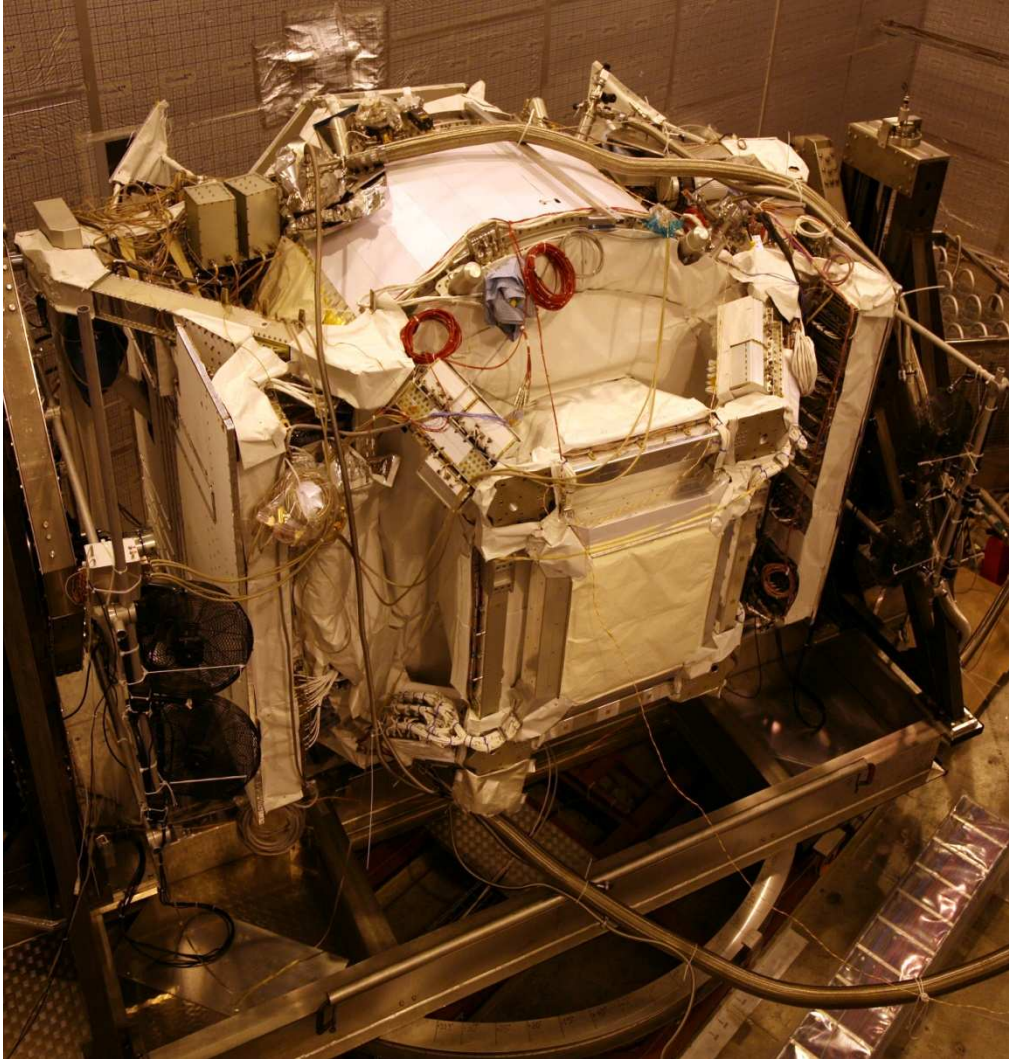
TRD + TOF

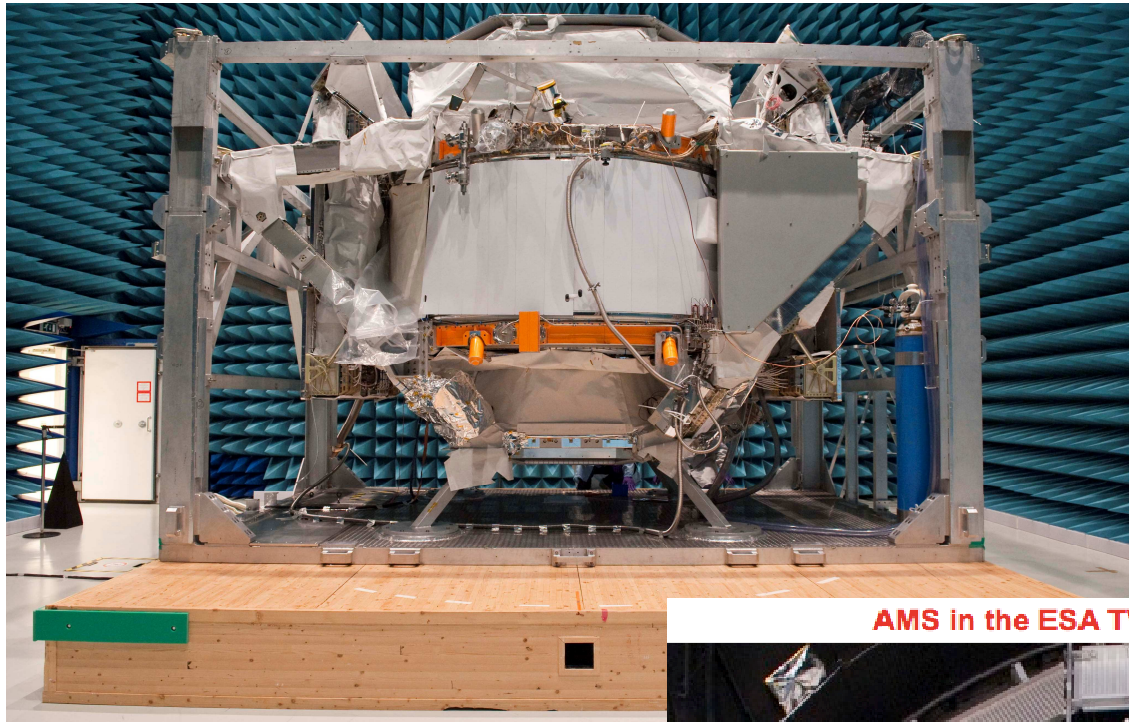
*Parties inférieures:
TOF, RICH, ECAL*



AMS in Test Beam (CERN)

Feb 4-8, 2010



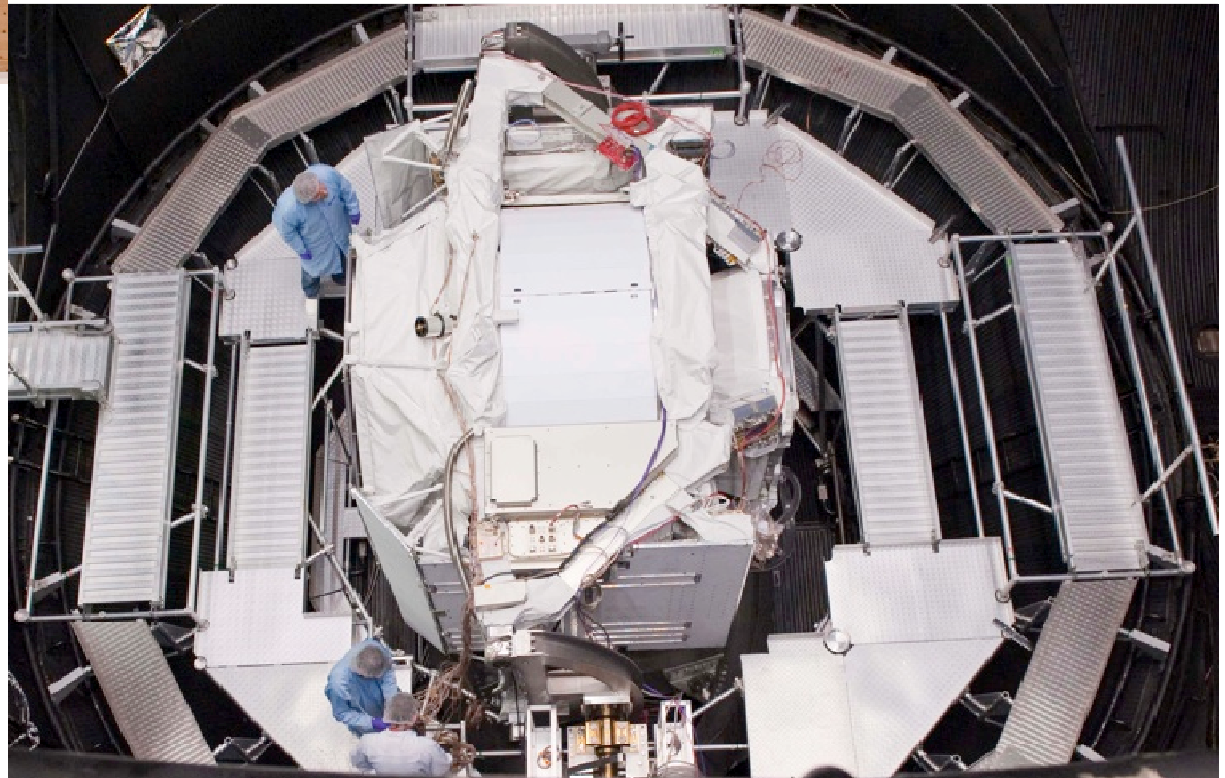


Tests électro-
magnétique et
Thermo-Vide au
centre ESTEC
de l'ESA à
Noordwijk(NL)

AMS in the ESA TVT Chamber in the horizontal position

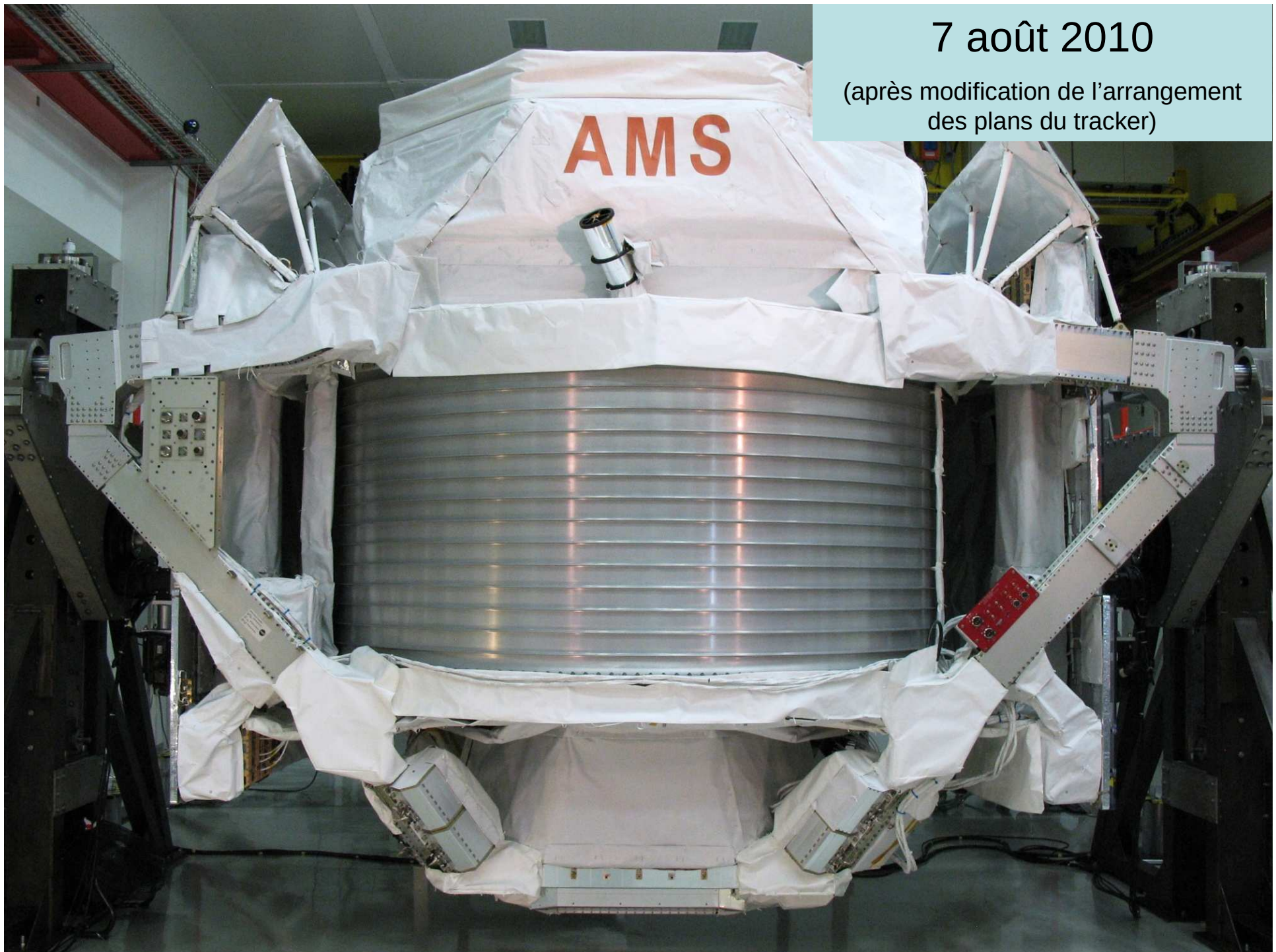
Simulation des
conditions
spatiales (vide,
température et
rayonnement
solaire)

Fév, Mars 2010



7 août 2010

(après modification de l'arrangement
des plans du tracker)



23-24 août 2010, départ du
CERN pour l'aéroport de
Genève et chargement dans
un C5-Galaxy

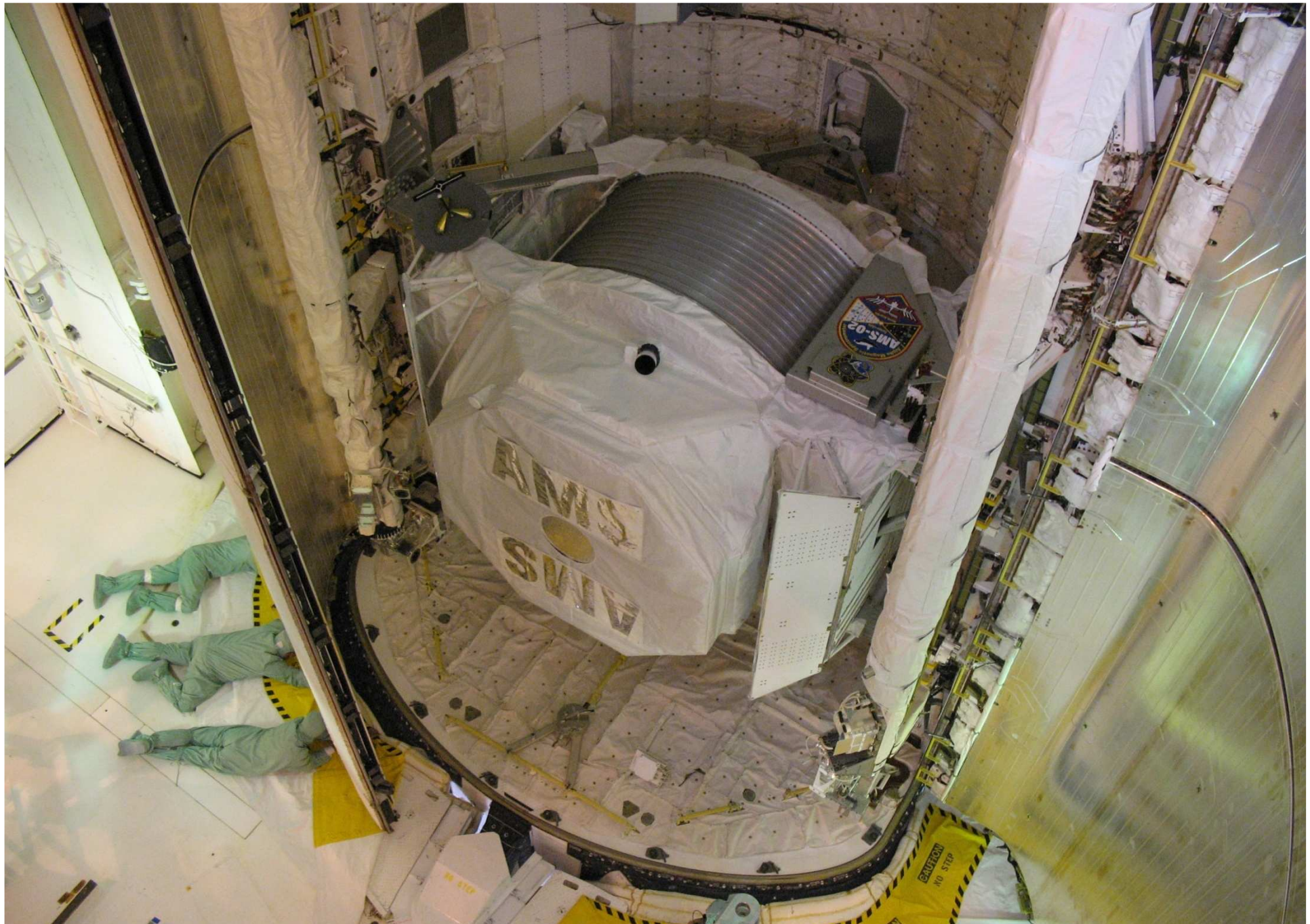




- Le 25 août, arrivée sur la piste d'atterrissage des navettes au KSC
- Quelques travaux d'interfaçage mécaniques et électroniques.
- Les procédures de contrôle et de communication ont été testées entre le CERN, JSC et KSC



**AMS in the Space Station Processing Facility (SSPF),
ready for installation into the Space Shuttle**



Closing Endeavour's Payload Bay Doors at the Launch Pad to Prepare for Launch

**The STS-134 crew leaves
the Operations & Checkout
building on their way to the
Launch Pad**



AMS astronauts



Mark E. Kelly
(Captain, USN)



Gregory H. Johnson
(Colonel, USAF, Ret.)



E. M. "Mike" Fincke
(Colonel, USAF)



Roberto Vittori
(Italian Air Force Colonel)



Andrew J. Feustel
(Ph.D.)



Gregory Errol Chamitoff
(Ph.D.)



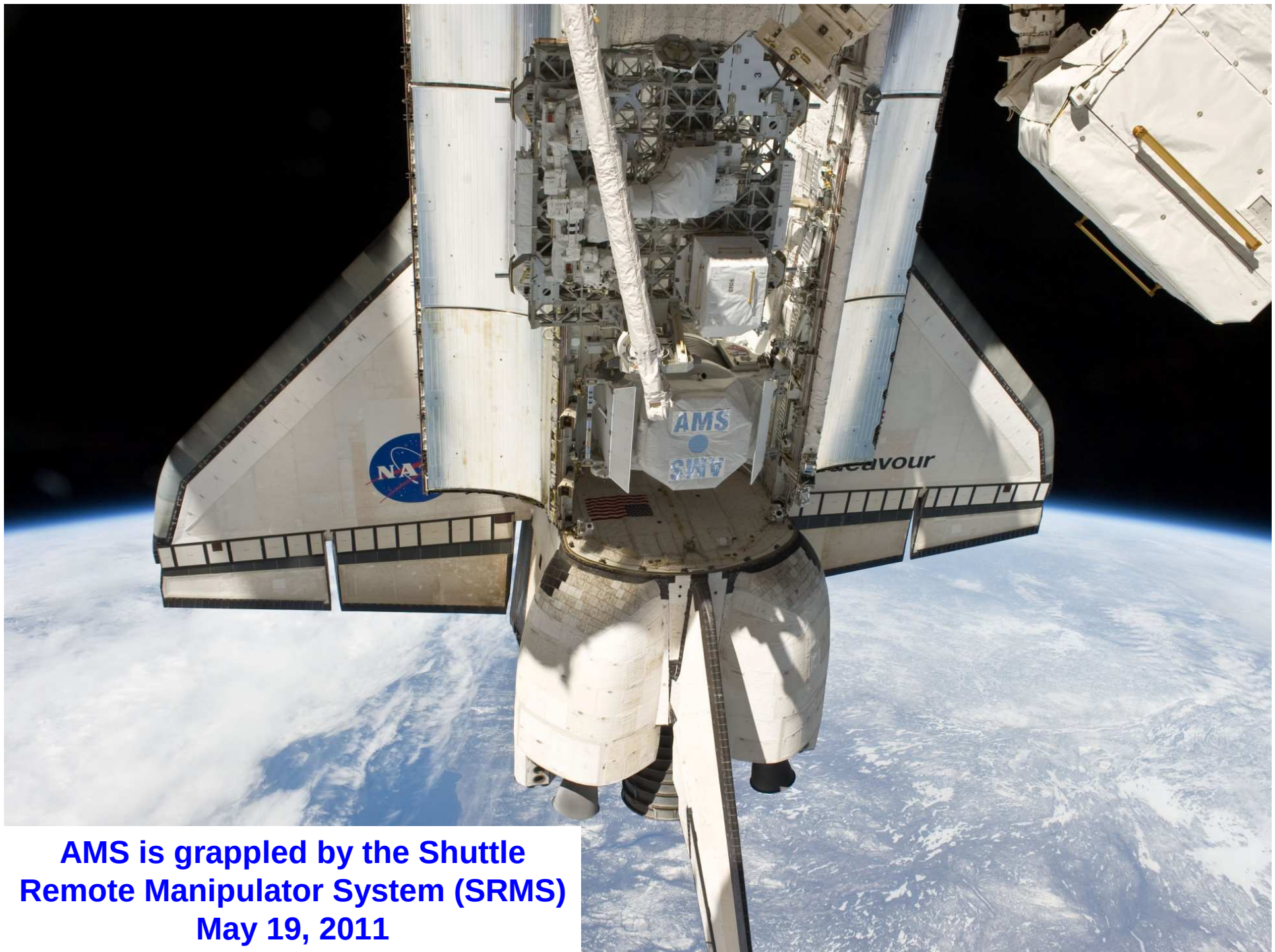
Counting down to the launch of STS-134



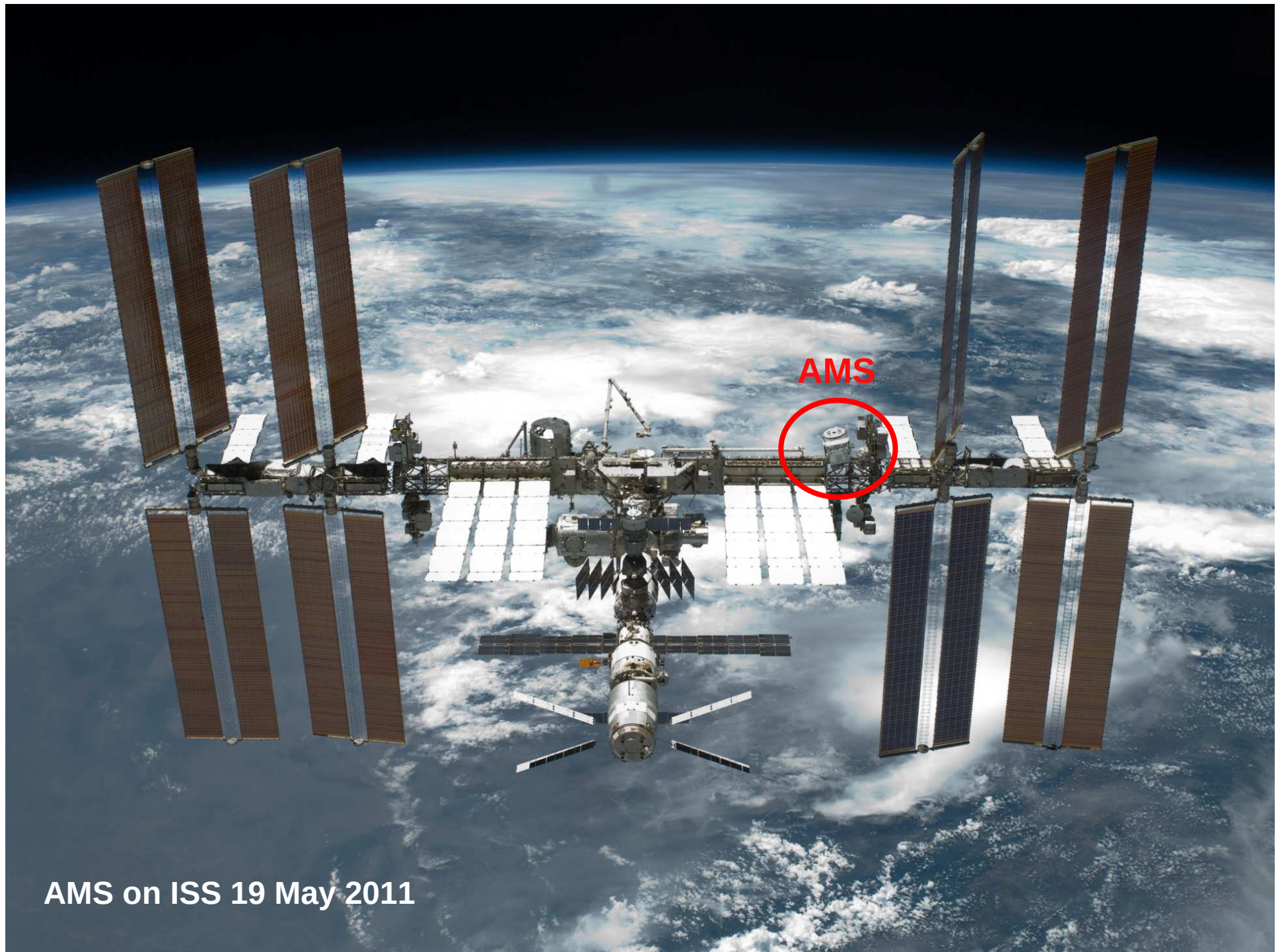




Endeavour approaches the International Space Station



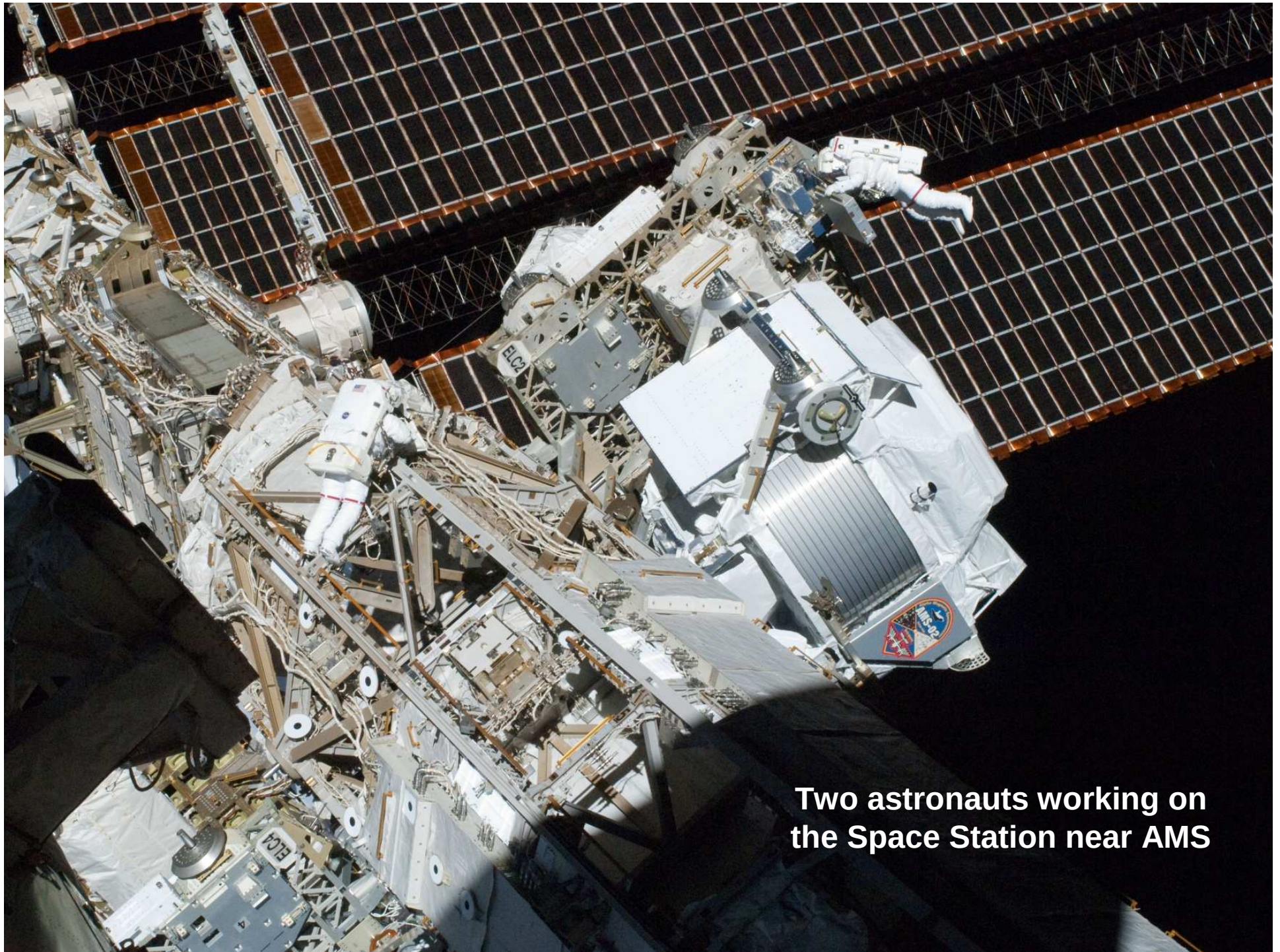
**AMS is grappled by the Shuttle
Remote Manipulator System (SRMS)
May 19, 2011**



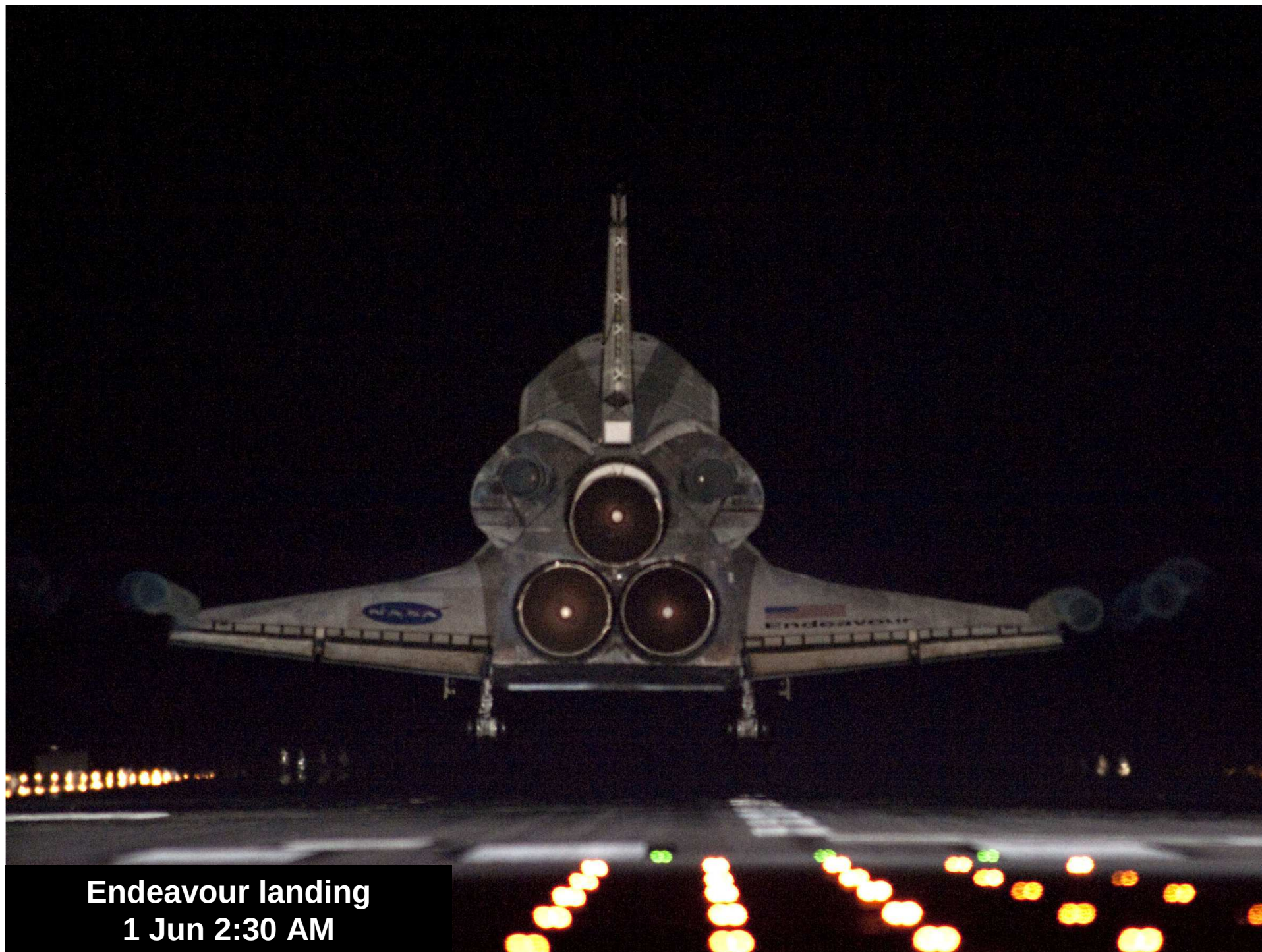
AMS on ISS 19 May 2011

**AMS installed on the ISS
Truss and taking data
May 19, 2011**





**Two astronauts working on
the Space Station near AMS**



Endeavour landing
1 Jun 2:30 AM



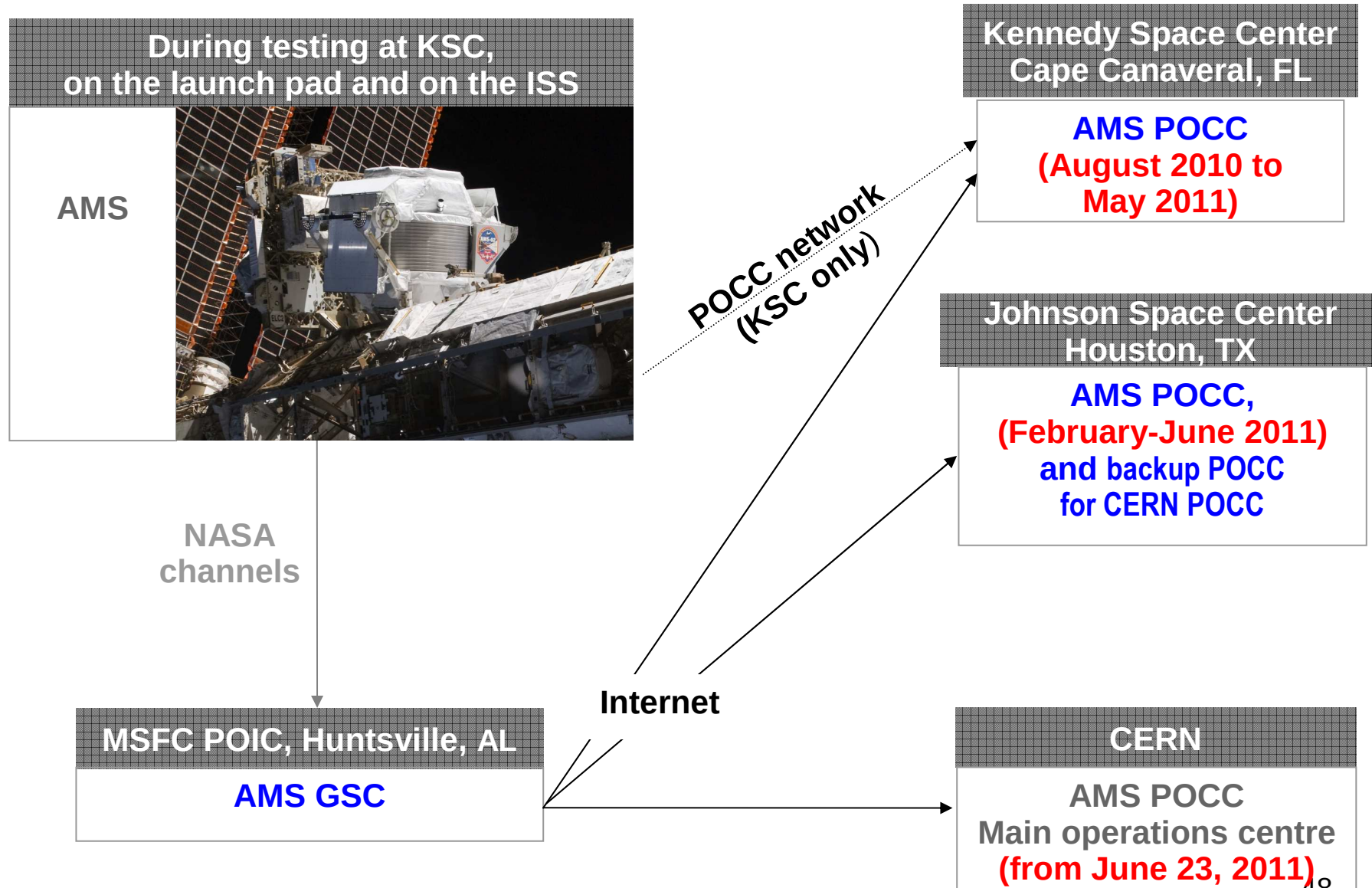
STS-134 Astronauts with Endeavour



19 mai: AMS installé sur l'ISS à 5:15 CDT, prise de donnée débute à 9:35

**Durant la 1^{ère} semaine, nous avons collecté 100 million d'événements.
Nous en sommes à plus de deux milliards.**

Science Data Flow (POCC = Payload Operation Control Center)

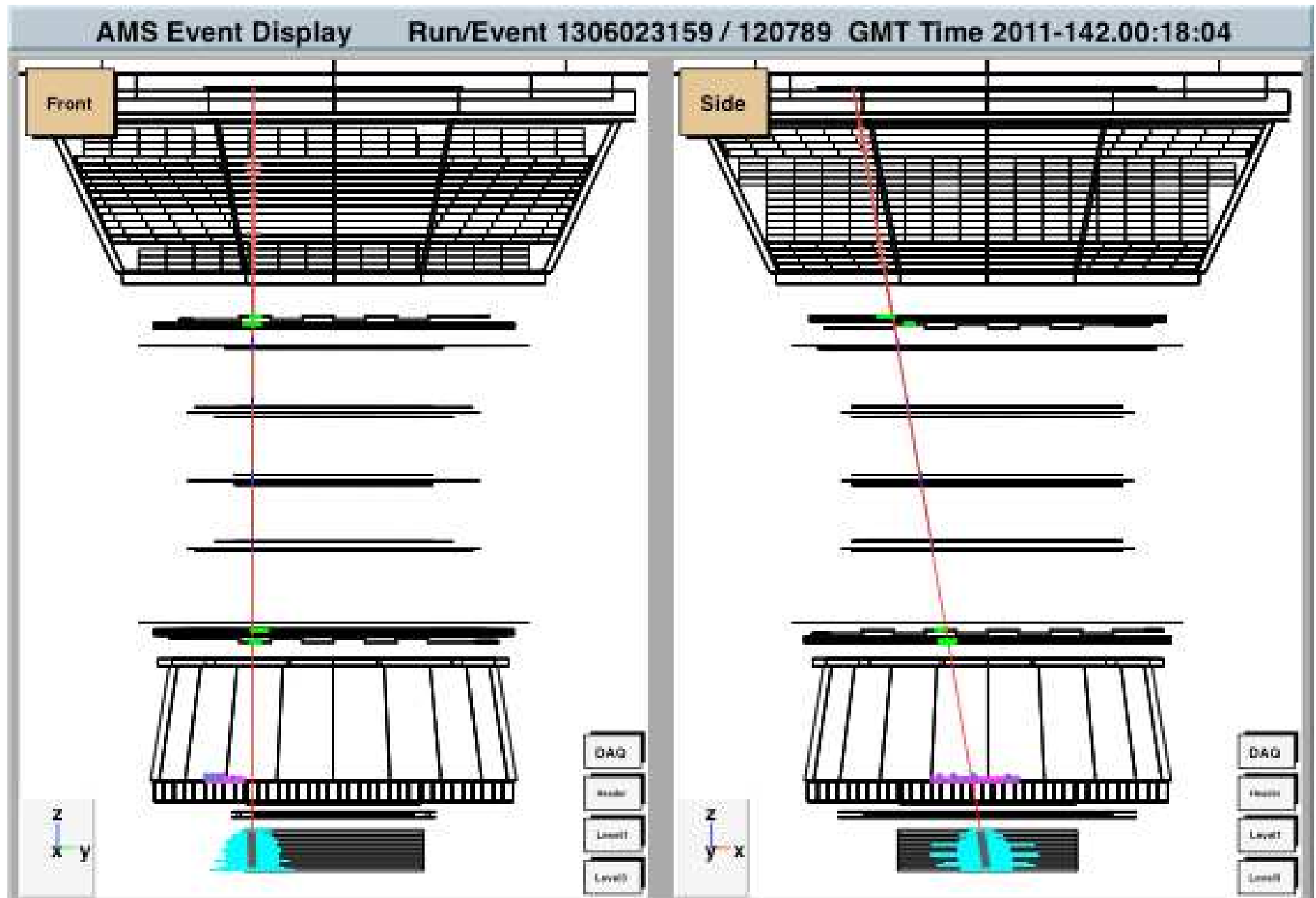


CERN POCC fully operational



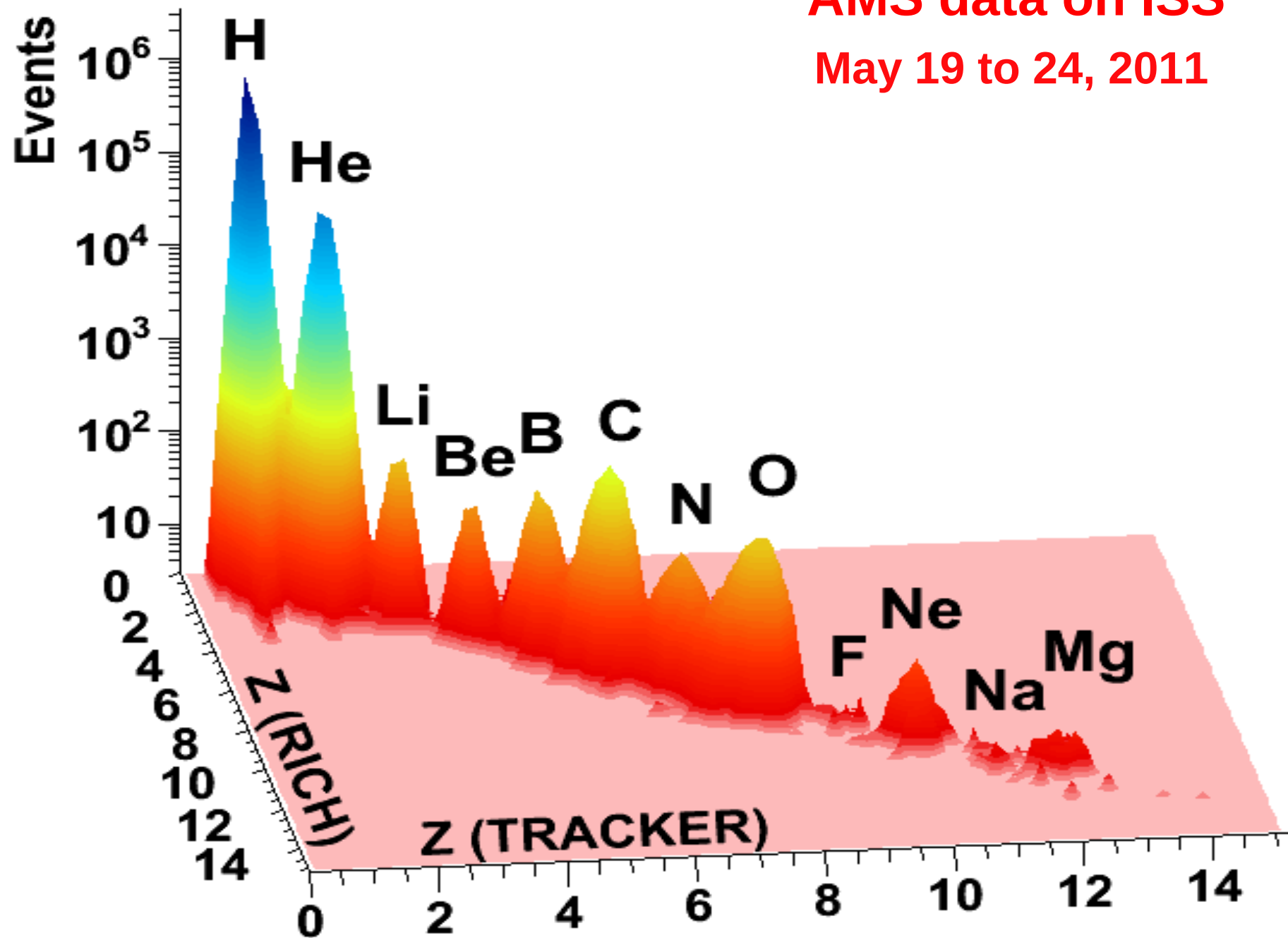
Commissione 2 INFN, 27 Giugno 2011

AMS data on ISS Electron 240 GeV, 22 May



AMS data on ISS

May 19 to 24, 2011



AMS s'attend à fonctionner durant au moins 10 ans sur l'ISS
(*Ce n'est que le commencement*)

