

L'EXPERIENCE AMS AU CCIN2P3



Vincent Poireau

INTRODUCTION

- AMS : un **détecteur de particules** dans l'espace
 - **Particules chargées** et **rayons gamma** de 100 MeV à quelques TeV
 - Détecte les **rayons cosmiques** avant qu'ils n'interagissent dans l'atmosphère
- Lancé de Cap Canaveral le **16 mai 2011**
- Installé sur **l'ISS** à 400 km d'altitude
 - Une orbite toutes les 90 minutes



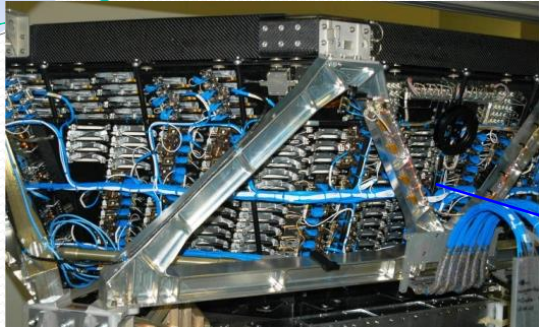
5m x 4m x 3m
7,5 tonnes



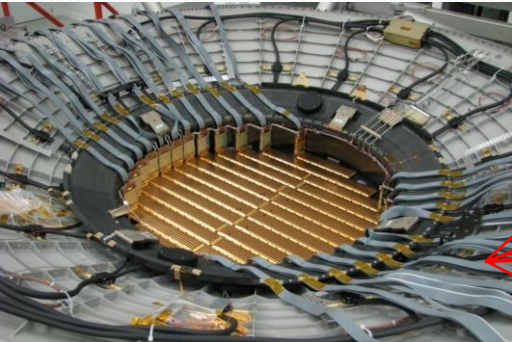
Détecteur à radiation de transition
Identifie les e^+ , e^-

DÉTECTEUR

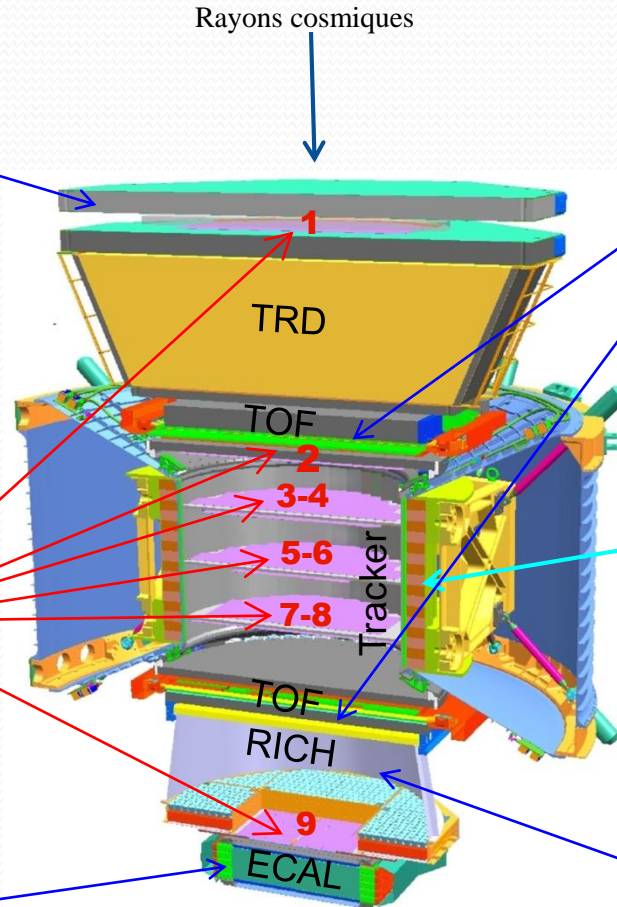
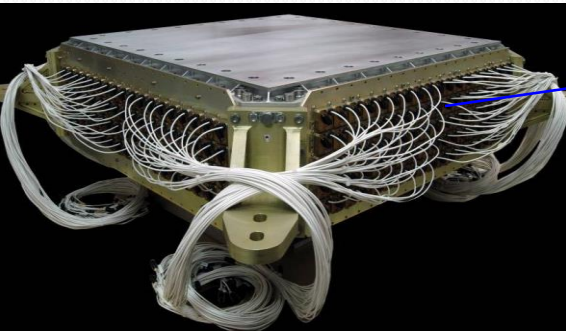
Temps de vol
 Z, E



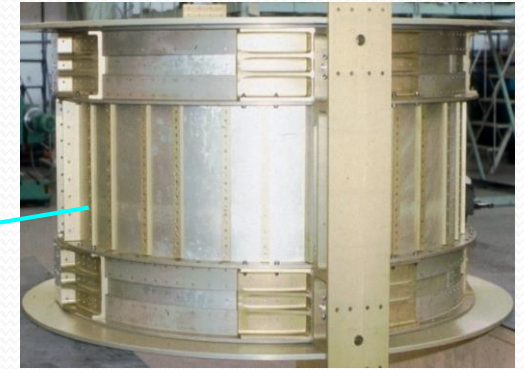
Trajectomètre au silicium
 Z, P



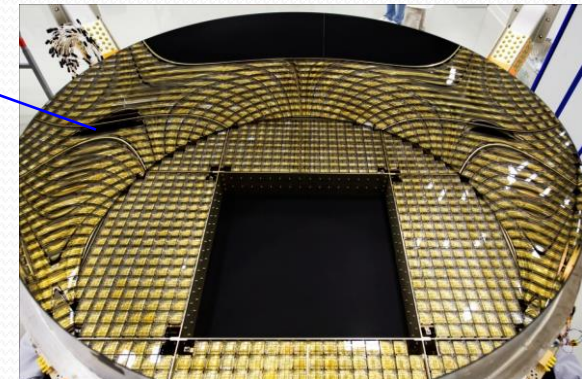
Calorimètre EM
 E des e^+ , e^- , γ



Aimant 0,14 T
 $\pm Z$

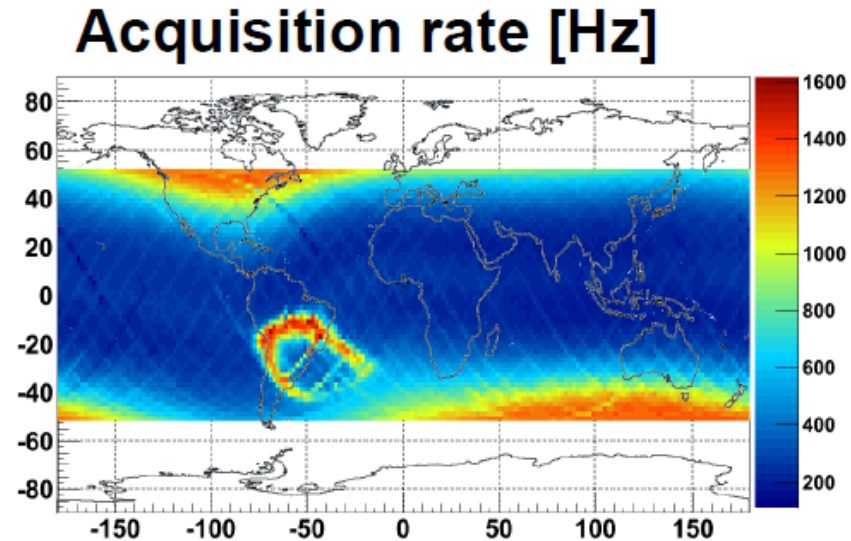


RICH
 Z, E

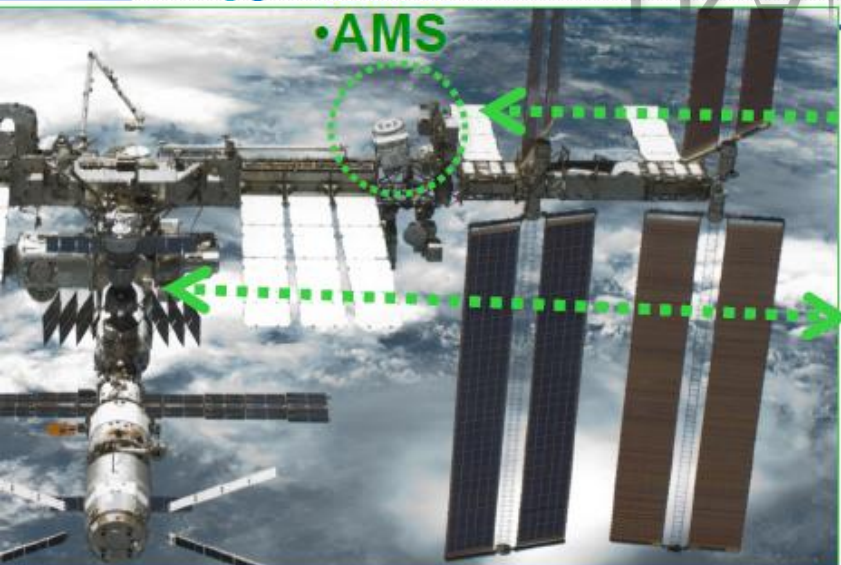


OPERATION EN VOL

- Taux d'acquisition de 200 à 2000 Hz
- Fonctionnement en continu 7j/7 24h/24 depuis plus de trois ans
- Acquisition
 - ~40 millions d'événements par jour
 - ~100 Go transférés par jour
 - 39 To de données par an
 - 200 To de données reconstruites par an
 - 560 To pour la totalité des données reconstruites
- 60 milliards d'événements enregistrés depuis mai 2011
 - Beaucoup plus que tout ce que l'humanité a récolté depuis 100 ans !
- Prévu pour opérer jusqu'en 2020 et plus



TRANSMISSION



•AMS



TDRS Satellites



Astronaut at ISS AMS Laptop

Ku-Band
High Rate (down):
Events <10Mbit/s

S-Band
Low Rate (up & down):
Commanding: 1 Kbit/s
Monitoring: 30 Kbit/s



AMS Payload Operations Control and Science Operations Centers (POCC, SOC) at CERN since June 2011



AMS Computers at MSFC, AL



White Sands Ground Terminal, NM

COLLABORATION AMS

- **Collaboration** de 60 instituts dans 16 pays
 - ~300 physiciens

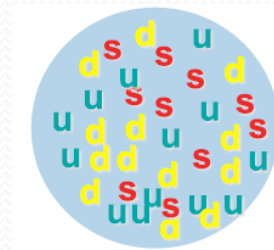
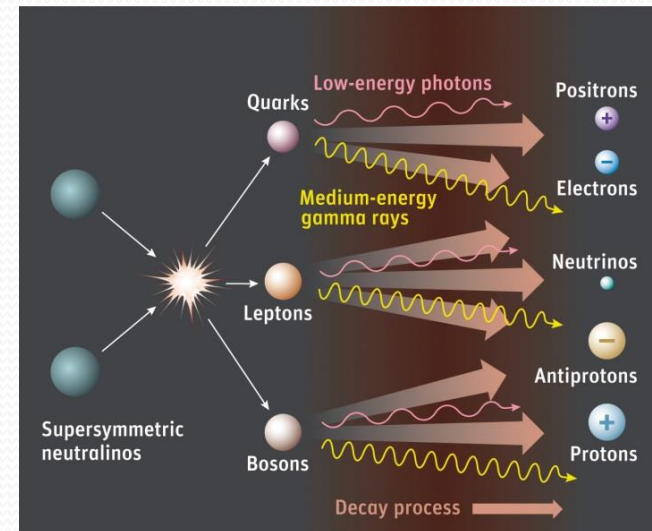
En France :

- **LAPP**
 - Responsable et contact ccin2p3 : Vincent Poireau
 - 5 permanents
 - 1 postdoc
 - 3 doctorants
- **Grenoble**
 - Responsable et contact ccin2p3 : Laurent Derome
 - 2 permanents
 - 1 postdoc
 - 2 doctorants



OBJECTIFS D'AMS

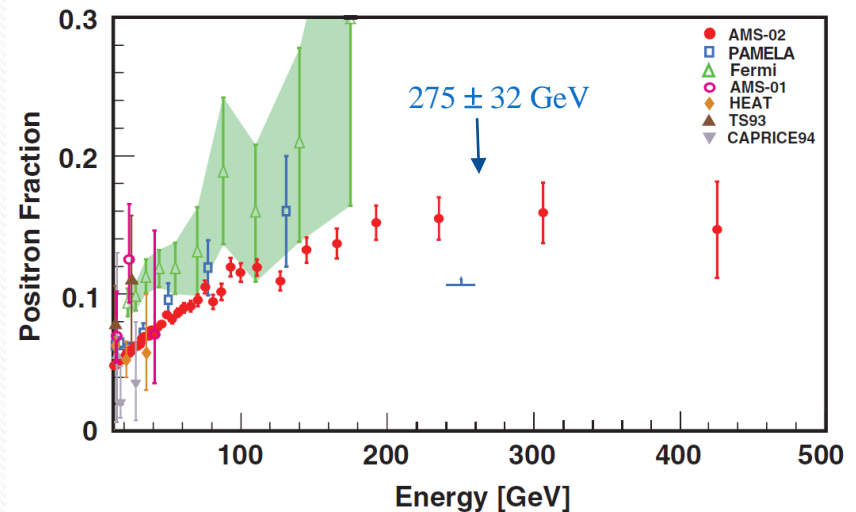
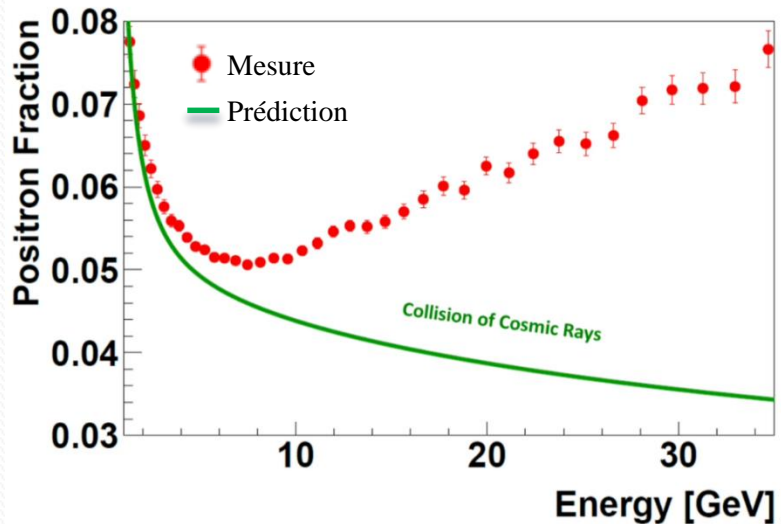
- Mesures de **flux de rayons cosmiques**
 - Comprendre la **propagation** des rayons cosmiques dans notre Galaxie
- Recherche indirecte de **matière noire**
 - En particulier **positons** et **antiprotons** produits lors de son annihilation
- Recherche d'**antimatière primordiale**
 - **Anti-hélium** relique du Big-Bang ou **anti-carbone** issus d'anti-étoiles
- Surprises? **Strangelets?**



FRACTION DE POSITONS

$$F = \frac{\Phi_{e^+}}{\Phi_{e^+} + \Phi_{e^-}} = \frac{N_{e^+}}{N_{e^+} + N_{e^-}}$$

- Analyse basée sur 10,9 millions d'événements positons et électrons (30 mois), avec un intervalle d'énergie de 0,5 à 500 GeV



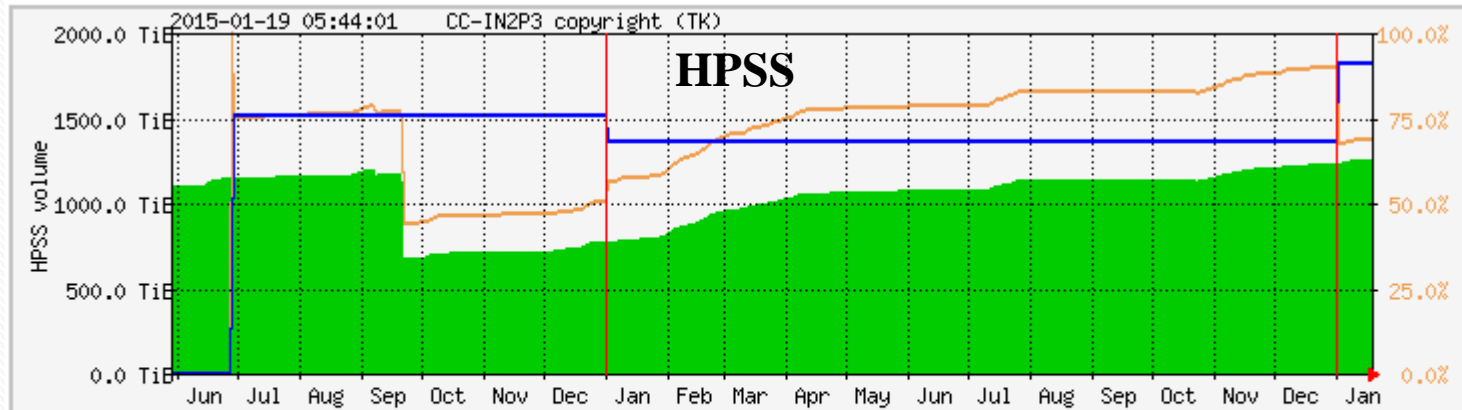
- Excès de positons par rapport aux prédictions = source de positons primaires !
- Pour la première fois, observation de la fin de la remontée de la fraction de positon (à 275 ± 32 GeV)
- Dans un futur proche, possibilité de discriminer entre les différentes sources possibles (matière noire, pulsars)

CALCUL POUR AMS

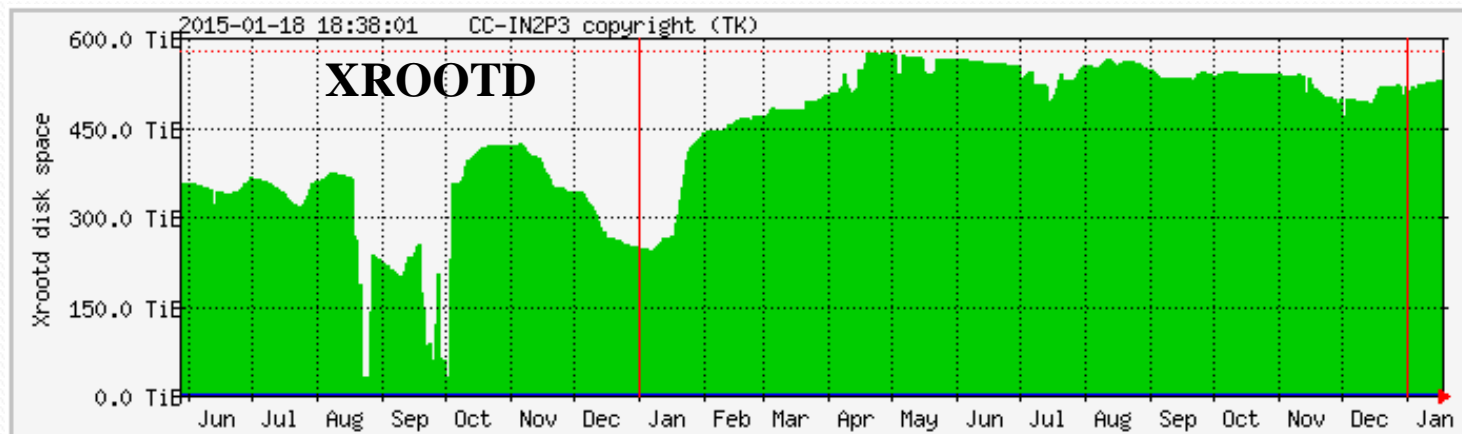
CALCULS

- Framework AMS basé sur des **fichiers Root**
- Un fichier Root **par run**
 - Run : **20 minutes**
 - 4-10 Go
- Toutes les **données/MC AMS** sont **copiées** du CERN au ccin2p3
 - **IRODS** utilisé comme buffer pour les transferts
 - Espace sur disque de 7 To
- **Stockage des données sur HPSS**
 - 773 To (2013) → 1 228 To (2014)
 - **+600 To** demandé pour 2015
- **Accès aux données via XROOTD**
 - Espace sur disque (stagé) : ~500 To
- **Stockage des résultats d'analyse**
 - **sps** : 15 To
 - **+10 To** demandé pour 2015

STOCKAGE



	Max	Average	Current
ams HPSS volume:	1258 TiB	1027 TiB	1258 TiB
ams quota:	1815 TiB	1354 TiB	1815 TiB
percentage:	219.0 %	76.0 %	69.0 %



	Max	Average	Current
space used:	575.0 TiB	435.2 TiB	525.3 TiB

CALCULS

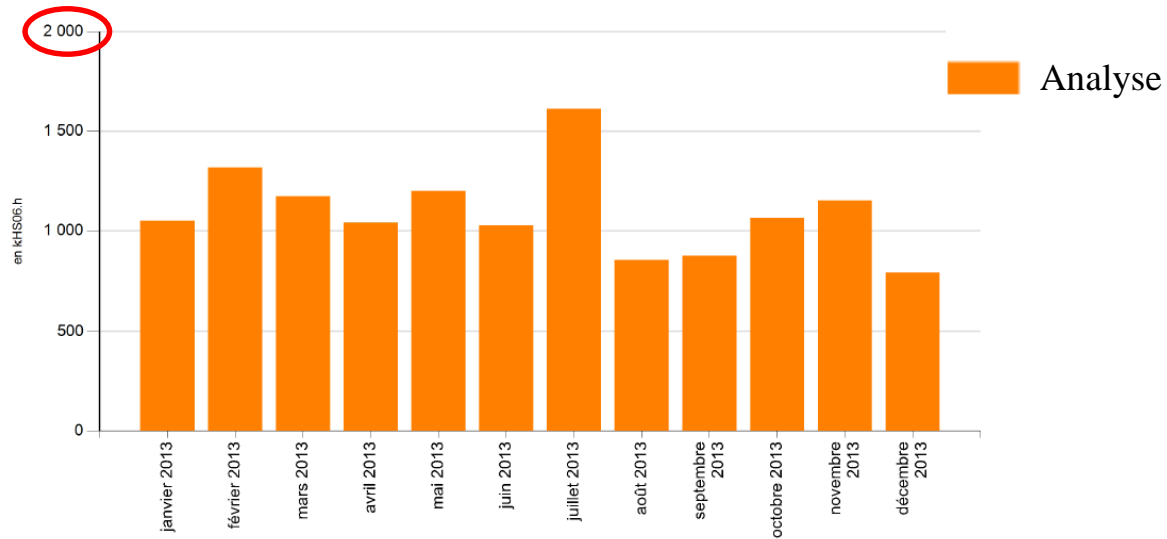
- Utilisateurs

- **26** utilisateurs (**français**), dont **~13** actifs sur une année
- AMS s'est ouvert récemment aux **étrangers**

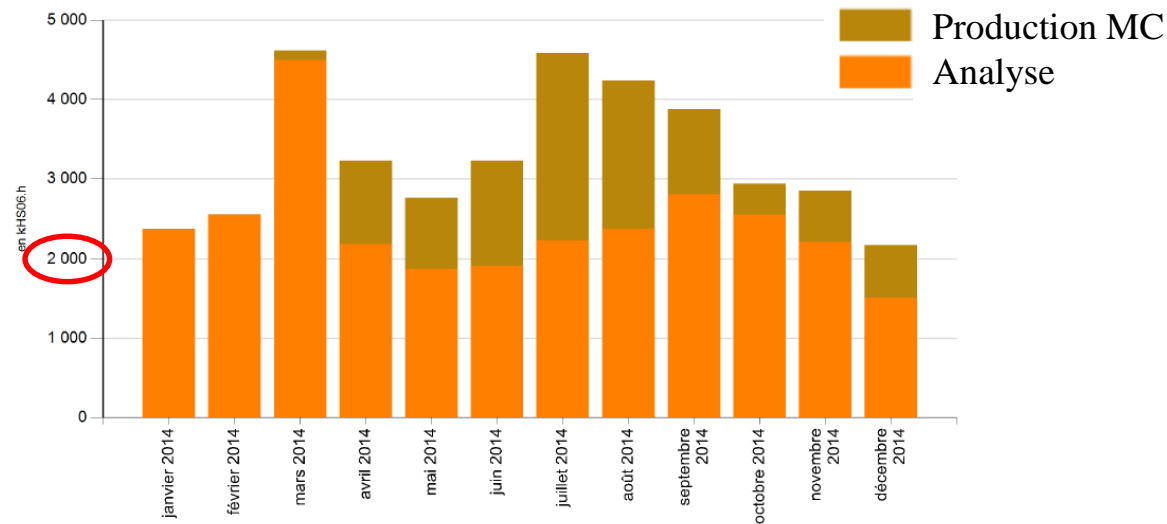
Temps CPU utilisé

- **12 millions** d'heures HS06 en 2013
 - 110 % utilisés
 - **Analyse** seulement
- **50 millions** d'heures HS06 en 2014
 - 79 % utilisés
 - MC produit au ccinp3 (développements et tests)
- **112 millions** d'heures HS06 demandées pour 2015
 - Augmentation nette de la **production MC**
- **1000 slots** disponible (avec accès sps)
 - 500 en 2013
 - **Demande** pour 2015 : 1000 pour la production MC, 600 pour les analyses

Temps CPU en 2013



Temps CPU en 2014



ACQt : UN NOUVEAU FORMAT

ACQt

- Idée : remplacer les **fichiers Root** pour utiliser l'I/O **plus efficacement**
 - Root I/O date des années **1990**
 - Un job **en série** analyse des fichiers Root AMS
- **Nouveau format implémenté à Aachen** : fichiers **ACQt**
 - « **Scalable** », d'un ordinateur portable à une ferme de calcul
 - I/O en série ou en **parallèle** (MPI)
 - **Structure**: file header + run header + N chunks (format binaire compressé)
- **Fichier Root AMS (4-10 Go) → fichier réduit ACQt (~400 Mo)**
 - **Sous-ensemble** sélectionné des informations des fichiers Root
 - Fichiers ACQt fusionnés en gros fichiers **Multi-ACQt** (plusieurs To)
 - Préférable à beaucoup de **petits fichiers** (<1Go) qui diminuent les performances
- **Possibilité de lancer N processus MPI qui analysent N chunks en parallèle**
 - « Scalable » à plusieurs milliers de processus en parallèle
- **Software utilisant ce format de fichier : ACsoft**
 - Tourne sur toutes les données AMS **en quelques heures** (au lieu de quelques jours)
- Utilisé avec **succès** avec 2 500 cœurs à **JUROPA @ FZ-Jülich**

ACQt @ ccin2p3

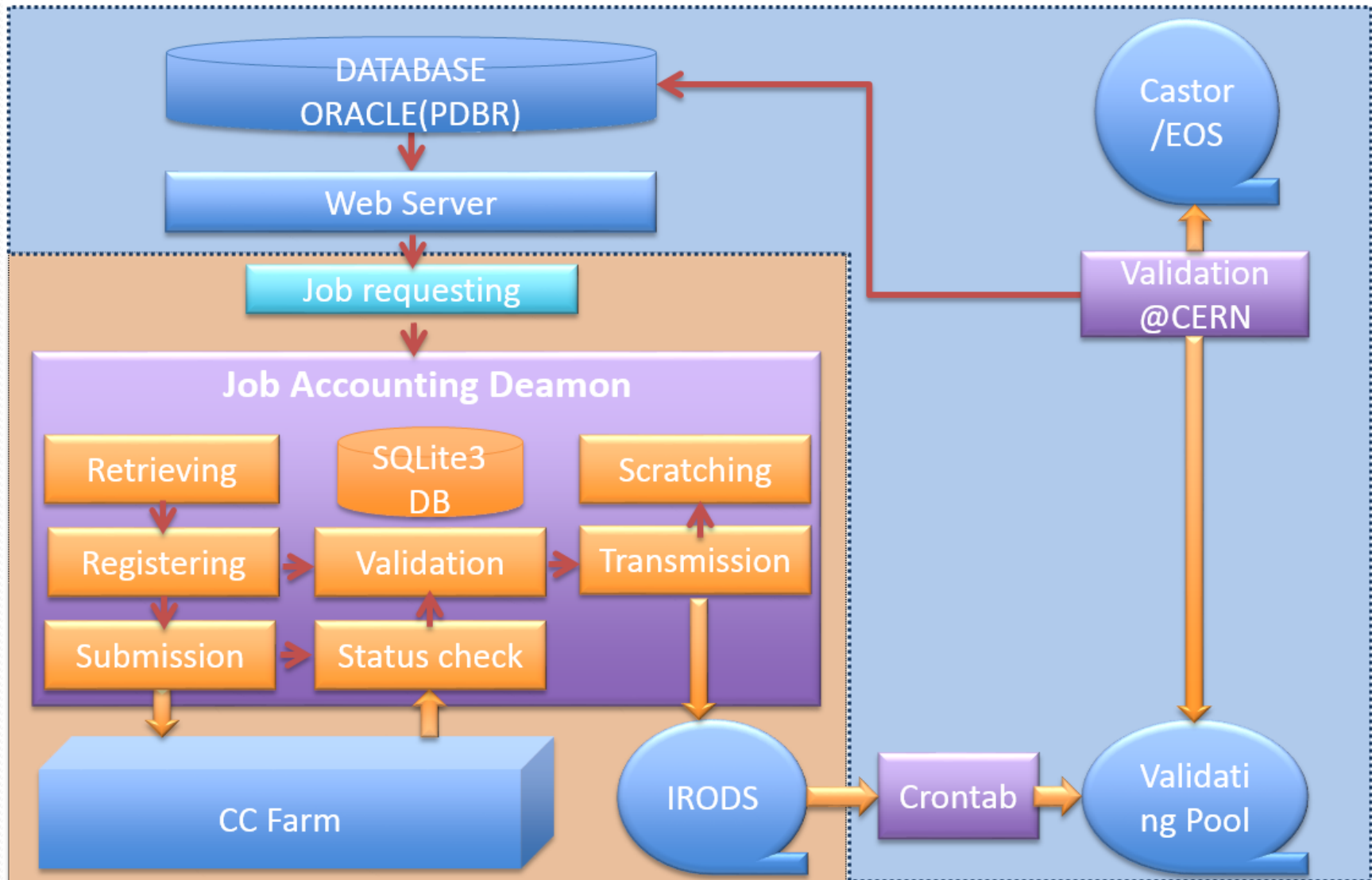
- Volonté d'installer ACsoft au ccin2p3 pour pouvoir utiliser les fichiers ACQt
- Conditions préalables
 - Beaucoup d'espace disque (pour un accès rapide)
 - Un stockage sur **cassette** serait une forte limitation du système
 - ~**50 To** dans l'idéal sur disque
 - 50 To sur cassette pour les “vieilles” données
 - Disque **sps** OK pour ses fonctionnalités
 - AMS dispose de 15 To sur sps
 - Ferme pour **calculs parallèles** (MPI)
 - 64 machines de 16 coeurs au ccin2p3
 - Malheureusement ne supporte pas **CVMFS** ← Nécessaire pour ACsoft
- Configuration standard pour les jobs MPI
 - **256 coeurs** pour un job
 - Job analyse un fichier multi-ACQt de ~100 Go (une semaine de données AMS)
- Les tests au ccin2p3 ont commencé en janvier, avec quelques fichiers ACQt. A suivre...

PRODUCTION MONTE CARLO

SYSTEME DE PRODUCTION MC

- **Production MC** pour AMS effectuée dans différents centres
 - CERN, JUROPA, CNAF, etc.
- Système développé par **Baosong Shan**, responsable du MC AMS
- Idée : effectuer la production MC également au **ccin2p3**
 - **Adaptation** du système au ccin2p3
- Système développé pour **automatiser** la procédure de production MC
- Programme “**daemon**” qui tourne permanence et surveille les différentes étapes de la production
- Une **base de données SQLite3** conserve toutes les informations relatives à la production

AMS MC @ CC



PRODUCTION EN 2014

- 2014: période de **développement** et de **test** du système
- **CVMFS**
 - CernVM File System
 - Mécanisme qui permet un accès aux **versions officielles** des logiciels d'une expérience
 - CVMFS pour la **production MC** : contient Geant4, code AMS, Root, etc.
 - Mis à jour **automatiquement**
- **Requête** pour avoir **CVMFS** pour **AMS**
 - Installé en **mars 2014** pour AMS (quota 10 Go)
- Les **premiers jobs** ont tourné en mars
- **11 000 jobs** ont tourné avec succès et ont été **validés** au **CERN**
- Le **ccin2p3** a contribué pour **55 années CPU**
 - Même si la production ne tournait pas constamment
- **Retour** de l'équipe de développement
 - L'outil "**Screen**" n'est pas supporté au **ccin2p3** (autorisé au CERN, JUROPA, CNAF, etc.). La gestion des jobs doit se faire via un job "**daemon**"
 - Les jobs MC sont de **longue durée** (3 jours ou plus) : plusieurs fois des crashes du système de batch ont causé la perte de tous les jobs en cours, ainsi que du job "**daemon**"
 - Contrairement à LSF (les crashes n'affectent pas les jobs soumis)

PRODUCTION EN 2015

- **Amélioration** du code de reconstruction et de simulation AMS
 - La plupart des MC vont être **reproduits**
- La production MC au ccin2p3 va tourner de **façon constante**
 - Prévus de représenter **10 à 20 %** de toute la production MC AMS
- Production du MC lié à **l'hélium** pour une durée de 1-2 mois
- Production de MC pour les **protons/antiprotons, ions, leptons** suivra
- **Augmentation** de la production
 - Demande de **temps CPU supplémentaire** en 2015
 - Demande de **1000 jobs en parallèle** pour la production

CONCLUSIONS

- L'expérience AMS **fonctionne** depuis mai 2011 et a enregistré **60 milliards d'événements**
- Publications liées aux **électrons et positons**
 - Une **source proche** de positons est nécessaire
 - **Matière noire** ou **pulsars** ? Bientôt une réponse ?
- **Beaucoup de mesures** sont encore à venir...

- Les **utilisateurs français** d'AMS analysent les données au ccin2p3
- Test d'un nouveau format de données : **ACQt**
- **Production MC** testée avec succès en 2014, production en 2015 conséquente

- AMS va tourner jusqu'au moins **en 2020**, avec **200+ To** supplémentaire par an
 - Les utilisateurs AMS France comptent sur le **soutien** du ccin2p3 !
- Merci à **Rachid Lemrani** pour son aide et sa disponibilité !

DIAPOS ADDITIONNELLES

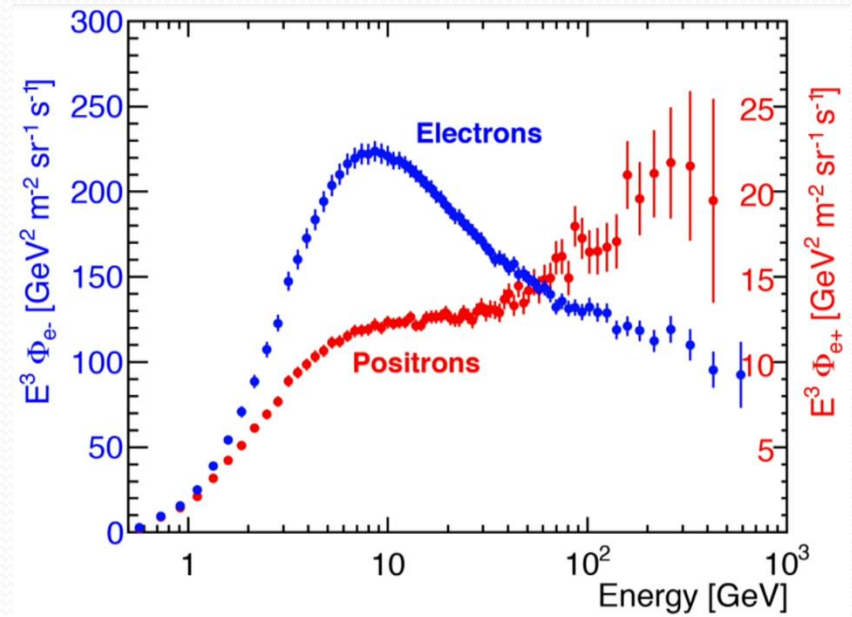
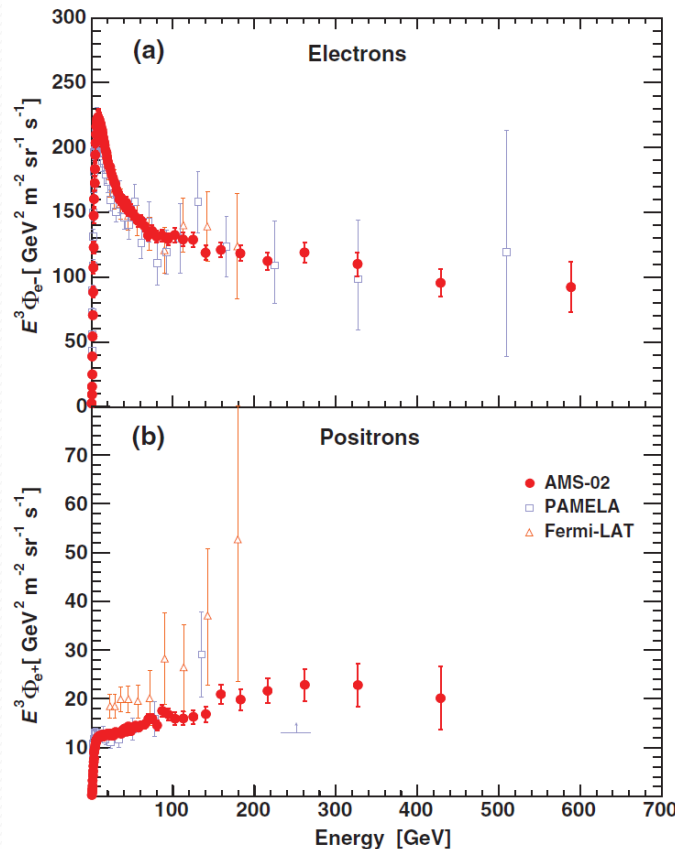
REQUETE 2015

- CPU (HS06.Hours) : 112 000 000 au total
 - 28 000 000 / 28 000 000 / 28 000 000 / 28 000 000 sur les trimestres
 - 1000 jobs en parallèle pour le MC, 600 pour l'analyse
- HPSS
 - 600 To supplémentaire
- Sps
 - 10 To supplémentaire

PRODUCTION SCIENTIFIQUE – ANALYSES DE PHYSIQUE

- Flux d'électrons et de positons

- **Précision** et **énergie** jamais atteinte
- Comportement différent du flux d'électrons et de positons : donne des indications sur l'**origine** de ces particules



PRODUCTION SCIENTIFIQUE – ANALYSES DE PHYSIQUE

- Flux combiné

- **Indépendant** de la mesure de la charge → **pas de confusion de charge**
- Le flux est en accord avec **une loi de puissance** au-delà de 30 GeV

