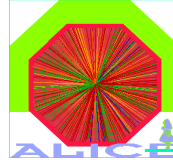


ALICE au pays de l'informatique

L'apport de l'informatique à la technologie des détecteurs:
L'exemple d'ALICE



Philippe Courtat
François Launay
Christine Le Galliard
Philippe Rosier
Sylvain Rousseau
Thomas Zerguerras



Jean Peyré



Centre de Sciences Nucléaires et de
Sciences de la Matière (CSNSM)
Université Paris Sud - CNRS-IN2P3

91405 Orsay Campus
Tél. : +33 1 69 15 52 13
Fax : +33 1 69 15 50 08
<http://www.csnsm.in2p3.fr>



Jean.Peyre@csnsm.in2p3.fr

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



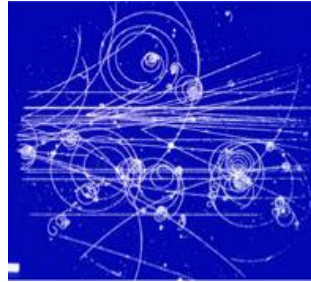
La chambre à bulles des années 60



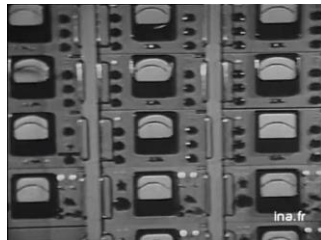
Chambre à bulles exposée à l'extérieur d'un bâtiment du [Fermilab](#).



Chambres à bulles



- Liquide chauffé à une température très proche de sa température d'ébullition.
- Diminution pression
- Ionisation
- Création de bulles
- Visu par caméras



Saturne




ina.fr

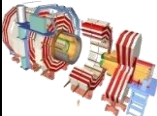


Jean Peyré

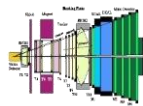
Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

L'expérience ALICE au CERN






CMS



LHCb





ATLAS



ALICE

Large Hadron Collider

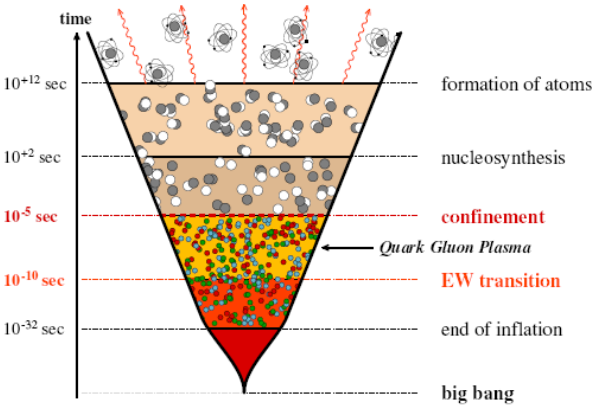




Jean Peyré




Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

La Physique du Bras Dimuon:

➤ Mettre en évidence la formation du Plasma de Quarks & de Gluons (QGP)



Le plasma de Quarks & de Gluons est attendu dans les collisions d'ions lourds ultra-relativistes aux énergies du LHC, comme cela est supposé s'être passé il y a bien longtemps...

Jean Peyré

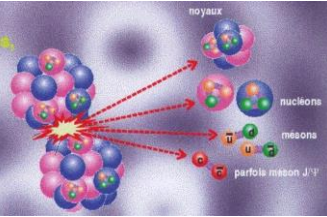
Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



La Physique du Bras Dimuon:

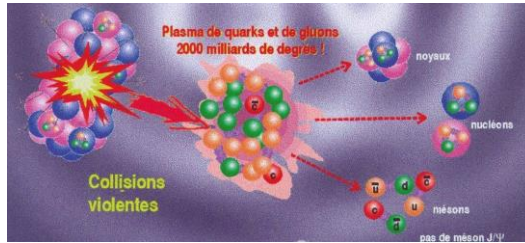
Si la température et la densité sont suffisantes,

Collisions peu violentes

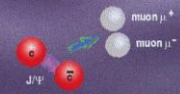


Plasma de quarks et de gluons
2000 milliards de degrés !

Collisions violentes



But de l'expérience

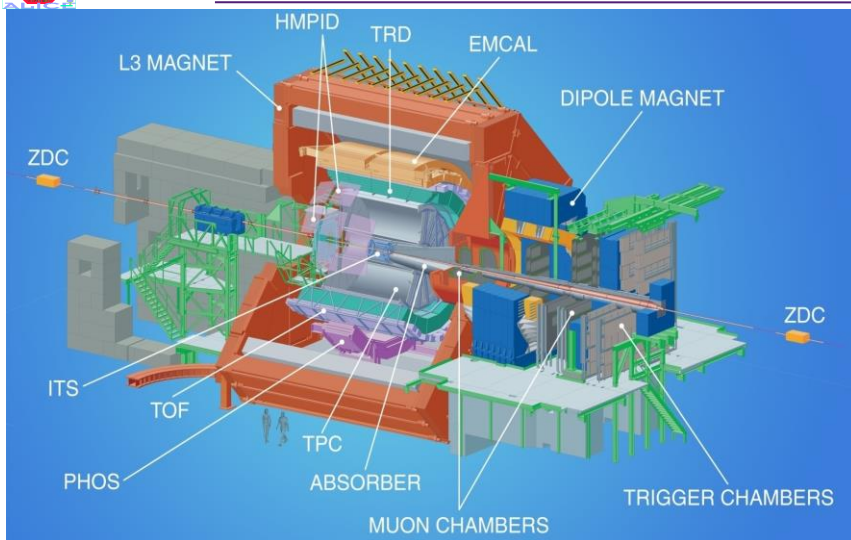


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Le détecteur ALICE



16m x 26m ; 10.000 tonnes



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



ALICE HMPID

- Le HMPID d'ALICE au LHC (High Momentum Particle Identification) est composé de 7 détecteurs identiques de type RICH (Ring Imaging Cherenkov) de $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$ de surface chacun. Ce sera le plus grand détecteur de ce type utilisant des éléments photosensibles au CsI.
- Un compteur RICH se compose de deux éléments principaux: le "**radiateur**" où une faible lumière, appelée rayonnement Cherenkov, est produite par les particules chargées se déplaçant plus vite que la lumière à travers le milieu du radiateur, et la "**détecteur de photons**", où cette lumière est convertie en un signal électrique. Le rayonnement Cherenkov est émis à un angle proportionnel à la vitesse des particules, tout autour de la trajectoire de particules, formant ainsi un "cône" de lumière. Par conséquent, lorsque la particule est perpendiculaire au plan du détecteur de photons, l'image détectée qui en résulte est un cercle.



P.7



Jean Peyré

<http://alice-hmpid.web.cern.ch/alice-hmpid/>

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



ALICE HMPID

- Les cônes de lumière sont visualisés en convertissant le rayonnement Cherenkov au moyen d'un détecteur gazeux employant des centaines de fils très fins (Chambre multi-fils proportionnelle) et une matière photosensible: un film mince d'iodure de césium (CsI) déposé sur une électrode plane segmenté en plaques.
- Le film de CsI convertit les photons Cherenkov en photoélectrons; à son tour, la chambre à fils détecte ces photoélectrons produisant un signal électrique sur les plaques. La chambre à fils se compose d'un plan de fils de diamètre $20 \mu\text{m}$ (avec un pas de 4mm) et deux plans de fils de diamètre $100 \mu\text{m}$ (avec un pas de 2 et 4 mm respectivement).



P.8



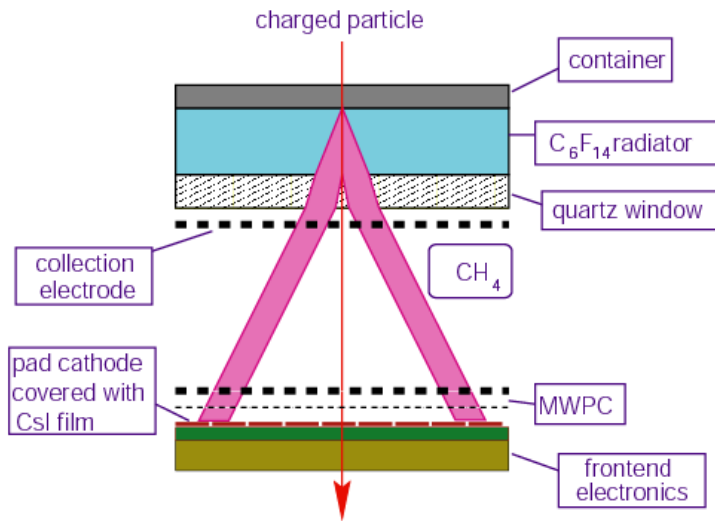
Jean Peyré

<http://alice-hmpid.web.cern.ch/alice-hmpid/>

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



ALICE HMPID



<http://alice-hmpid.web.cern.ch/alice-hmpid/>



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



ALICE HMPID



<http://alice-hmpid.web.cern.ch/alice-hmpid/>

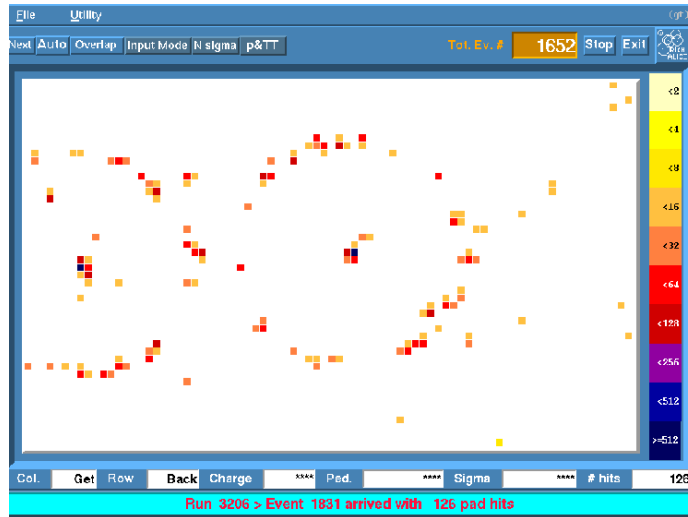


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



ALICE HMPID



<http://alice-hmpid.web.cern.ch/alice-hmpid/>

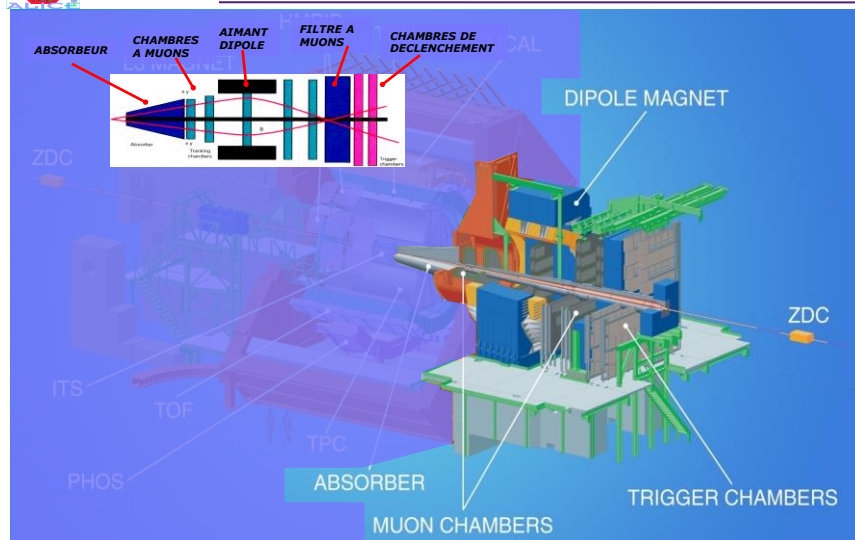


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Le bras Dimuon d'ALICE

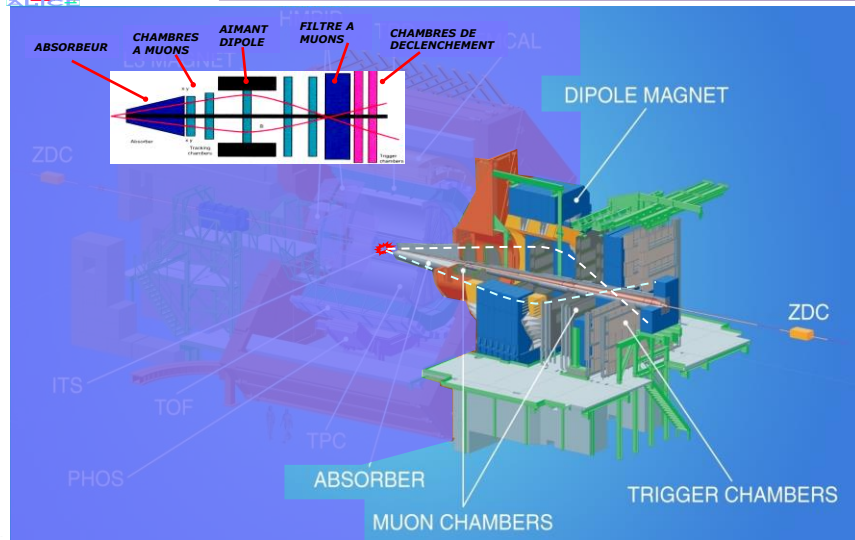


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Le bras Dimuon d'ALICE



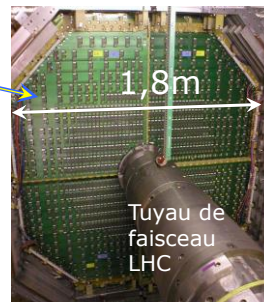
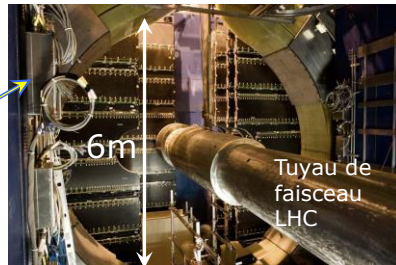
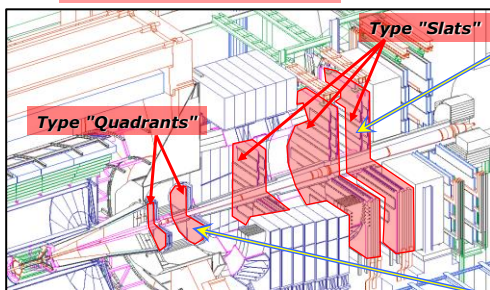
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Architecture du Bras Dimuon

**Chambres de trajectographie
Stations 1,2,3,4 & 5**



- 5 stations \Rightarrow surface de détection de 100 m²
- 1.076.000 voies d'électronique
 - Résolution spatiale: 100 μ m
 - Temps lecture total: \sim 170 μ s

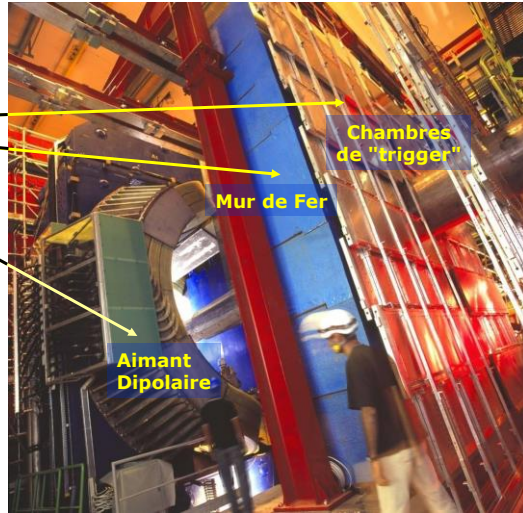
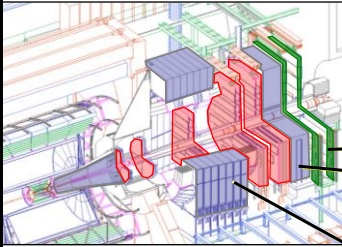


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Architecture du Bras Dimuon



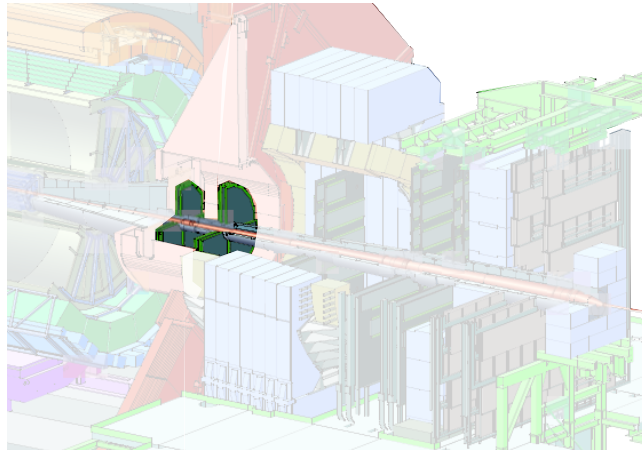
Chambres de "trigger"

- Décision "Trigger" < 700 ns
- Résolution en temps < 2 ns



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Simulation du détecteur



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Détecteurs de la station 1



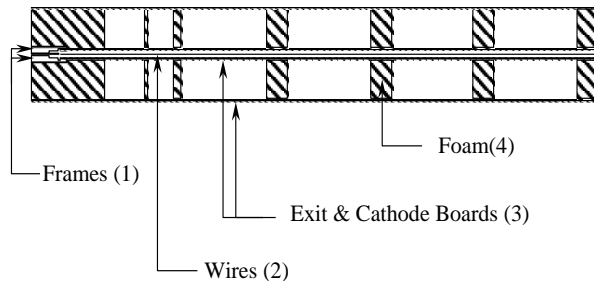
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Structure mécanique

- The spatial resolution has to be within $100\ \mu\text{m}$ in the bending plane of the magnetic field and about $2\ \text{mm}$ in the non-bending plane.
- The chambers are to be made transparent (radiation length of 2-3% of X_0) to reduce scattering and energy loss in the material.
- The fabrication and assembly of the chambers is a challenging task in mechanics to maintain the surface planarity of the cathode surface and inter-electrode separation which are crucial factors for a uniform spatial resolution.



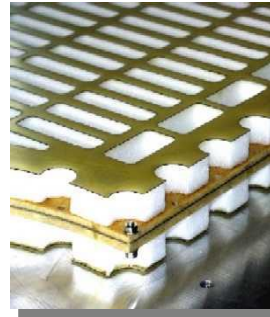
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Prototype mécanique - Tests

A full scale mechanical prototype of **station 2** was made completely with glass epoxy and foam (Rohacell 51) without aluminium frames. The chamber was tested for its deformation under 0.5 mbar overpressure with different conditions such as with and without the central point fixation (CPF)

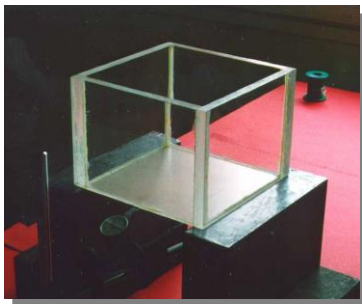


Jean Peyré

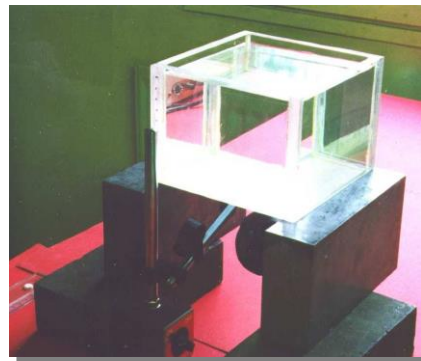
Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests de matériaux



Simulation of gas over-pressure
with water

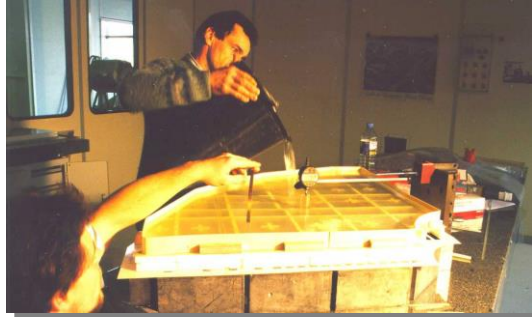


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Résistance du plan de cathode



Tests

- geometrical deformations due to the stretching of the wires
- the overpressure of the gas in the chamber

Tests

- 0.1 mbar, the deformation of the cathode plane is less than $29 \mu\text{m}$
- 1 mbar in extreme cases, a deformation of less than $330 \mu\text{m}$

Solution

- to fill the internal space with foam (increasing radiation length (X_0) of only 0.12 % resulting sag is then less than $90 \mu\text{m}$ ($70 \mu\text{m} + 20 \mu\text{m}$) for a pressure variation of 1 mbar



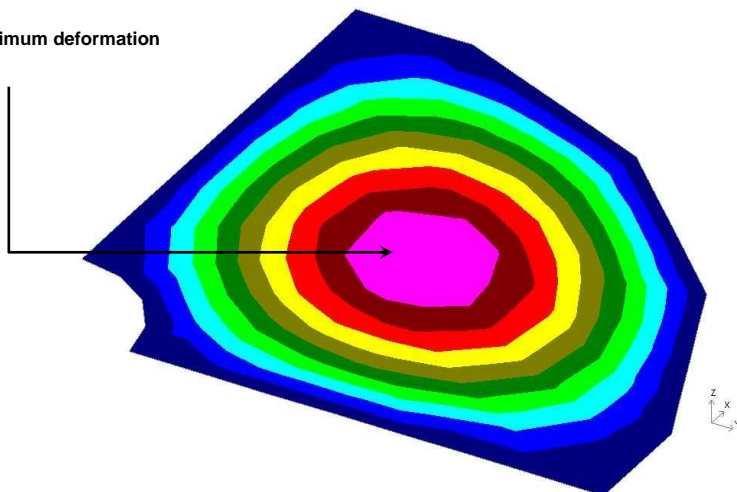
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Calcul sans point central

Maximum deformation



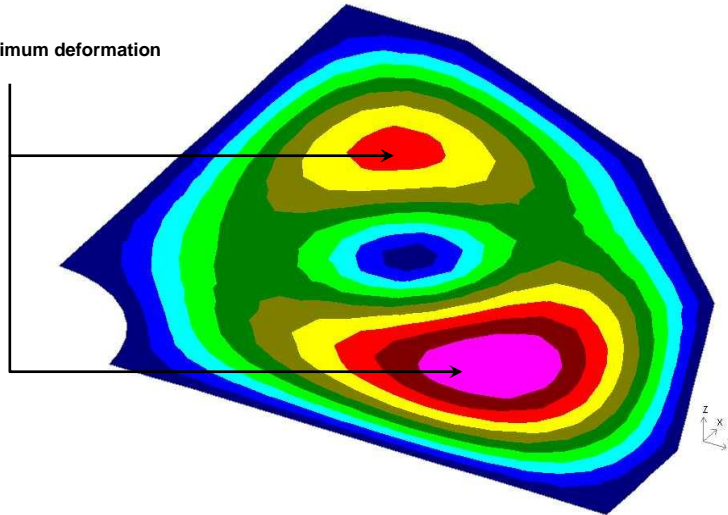
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Calcul avec point central

Maximum deformation

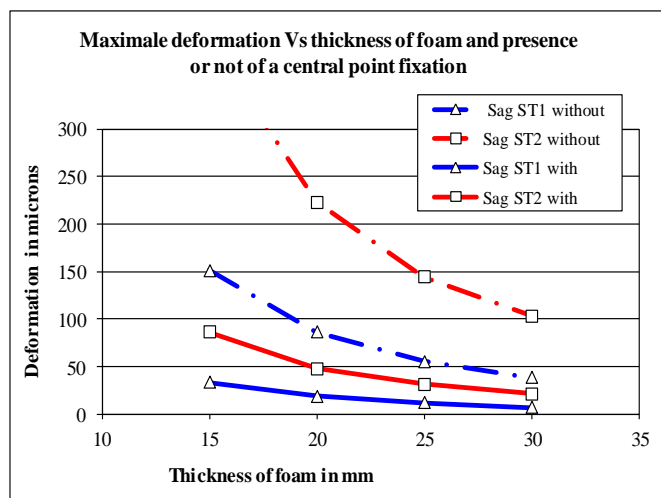


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Addition du point central(CPF)

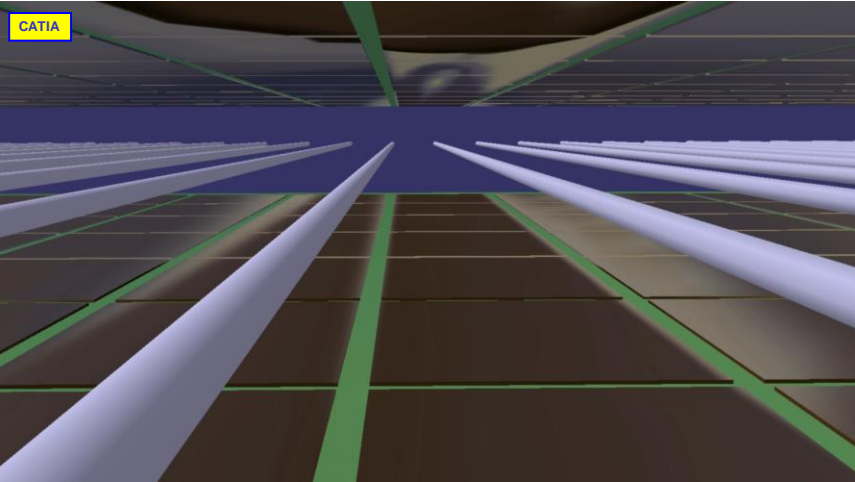


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Au cœur d'une chambre à fils

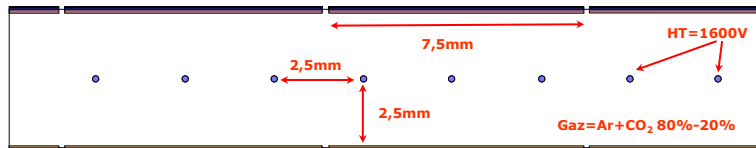
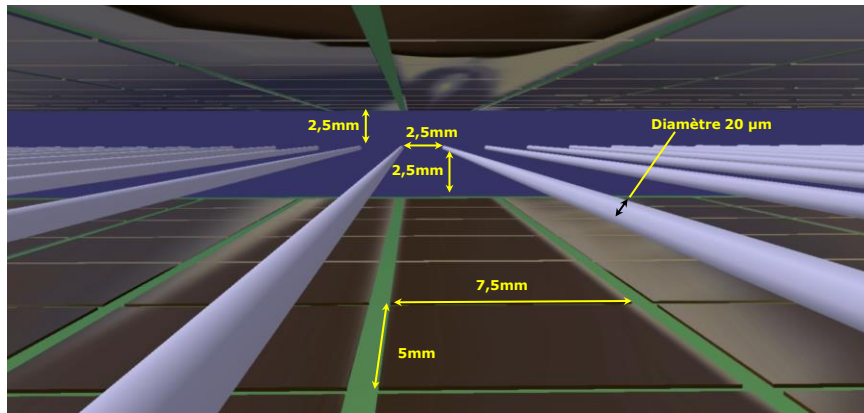


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Au cœur d'une chambre à fils

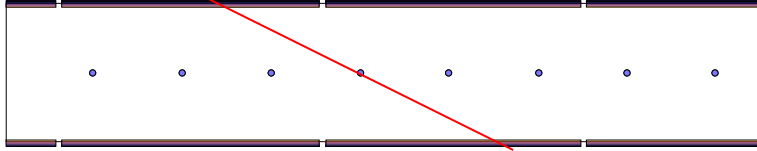
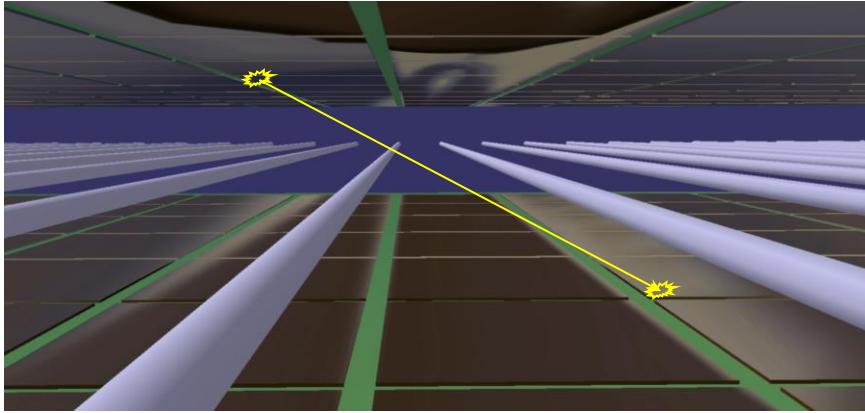


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Au cœur d'une chambre à fils

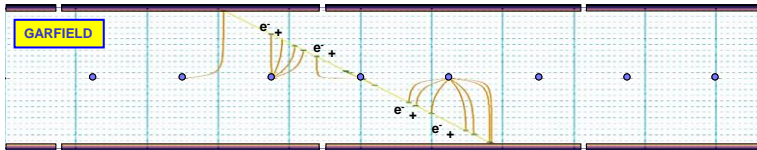
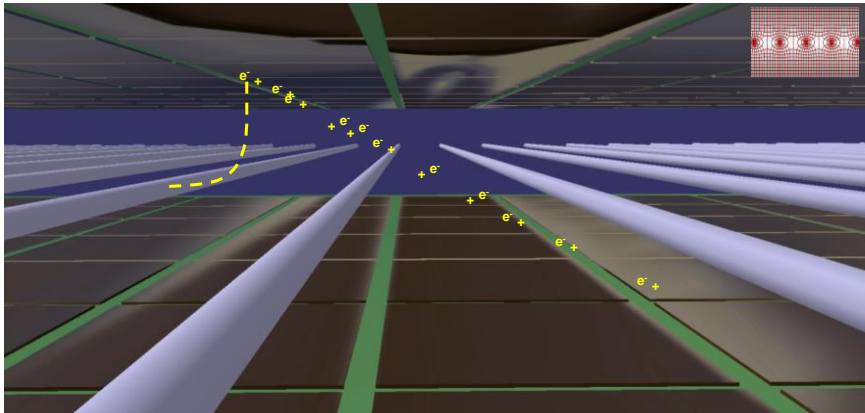


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Au cœur d'une chambre à fils

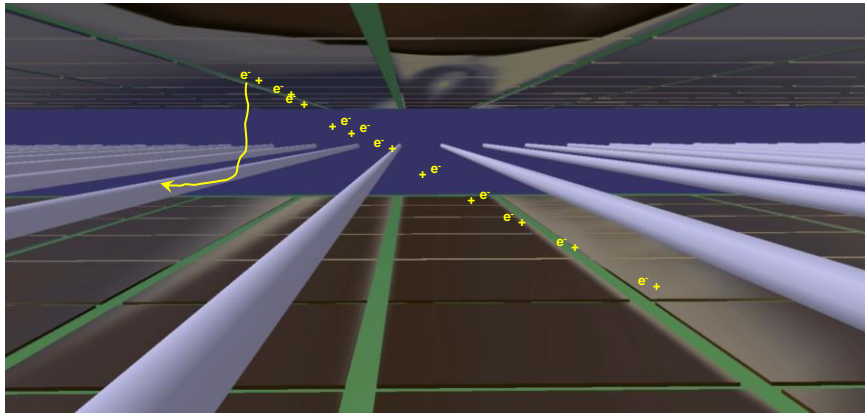


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Au cœur d'une chambre à fils

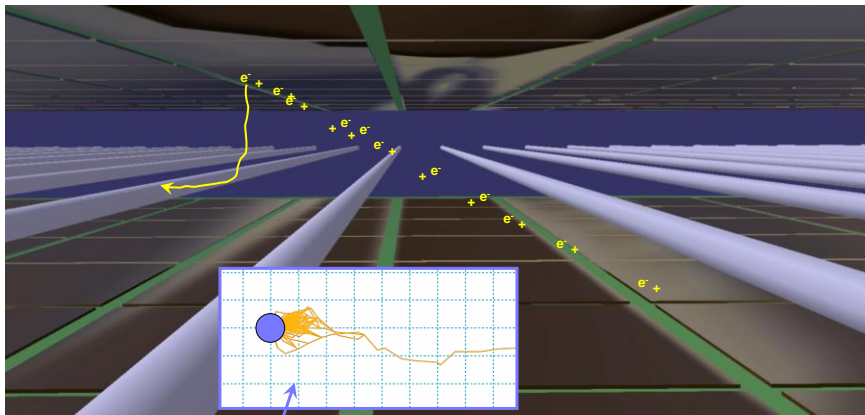


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Au cœur d'une chambre à fils

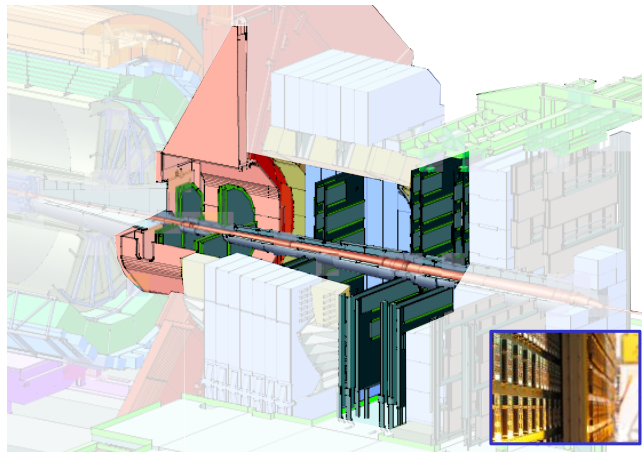
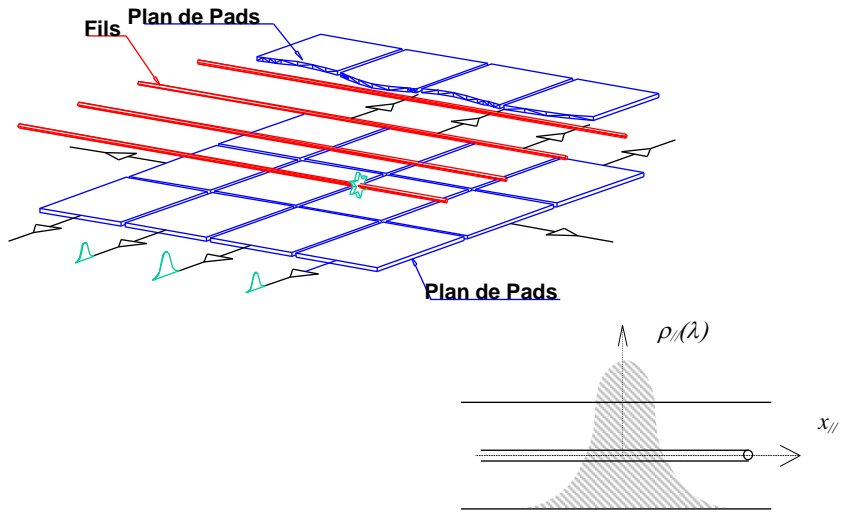


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Distribution de la charge vue par les pads



Electronique - DAQ



Electronique de lecture

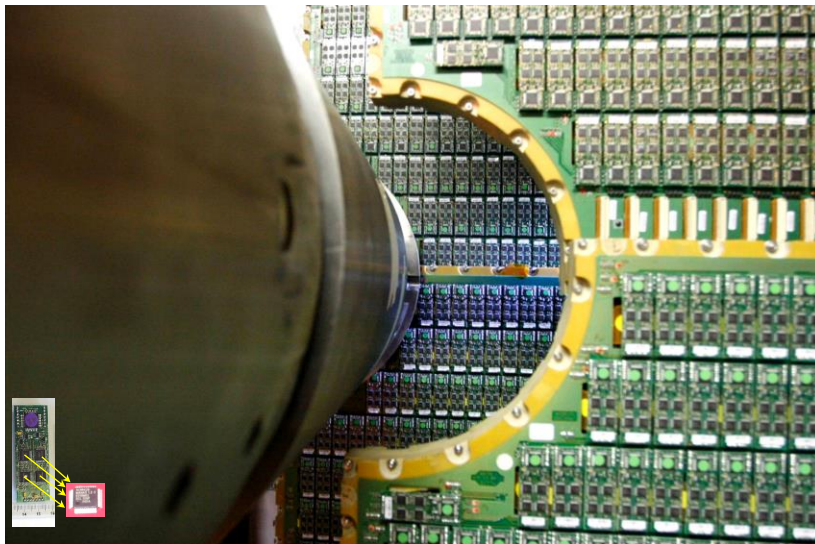


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

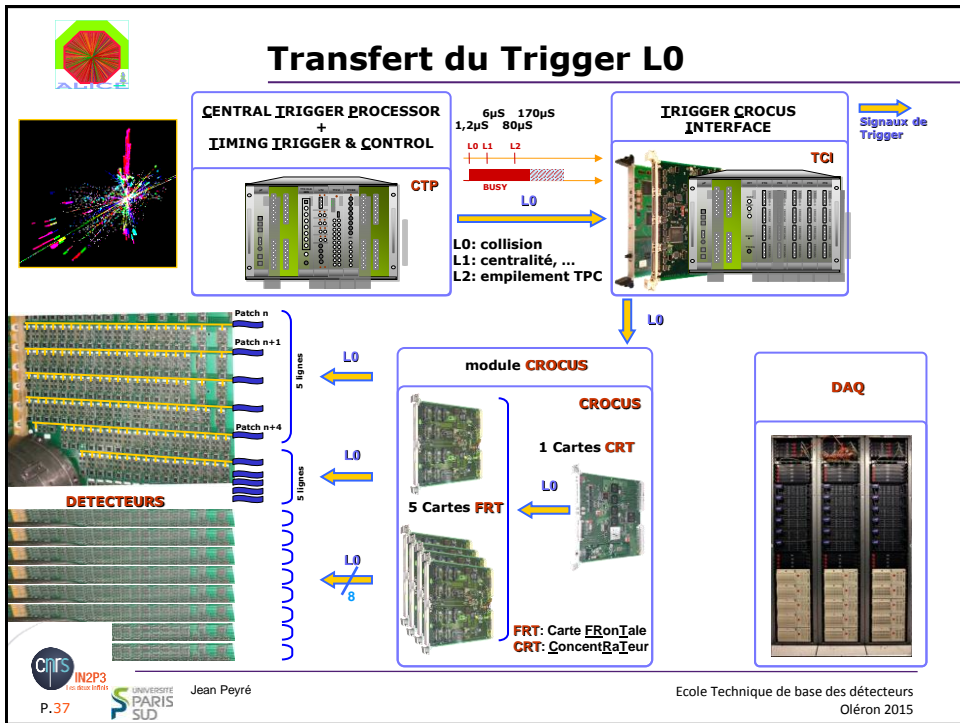
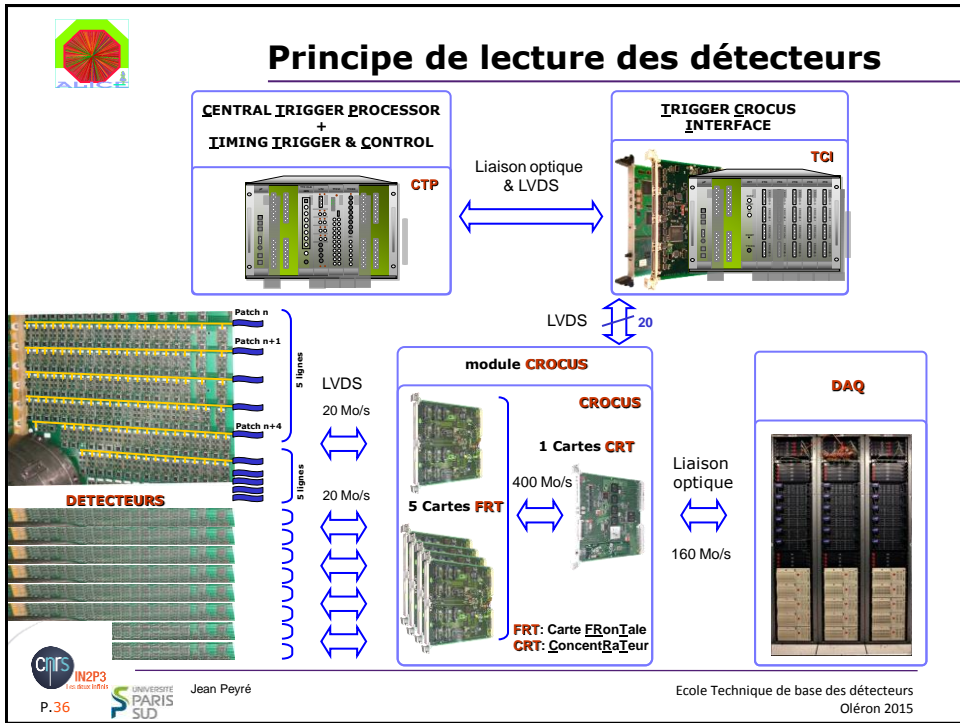


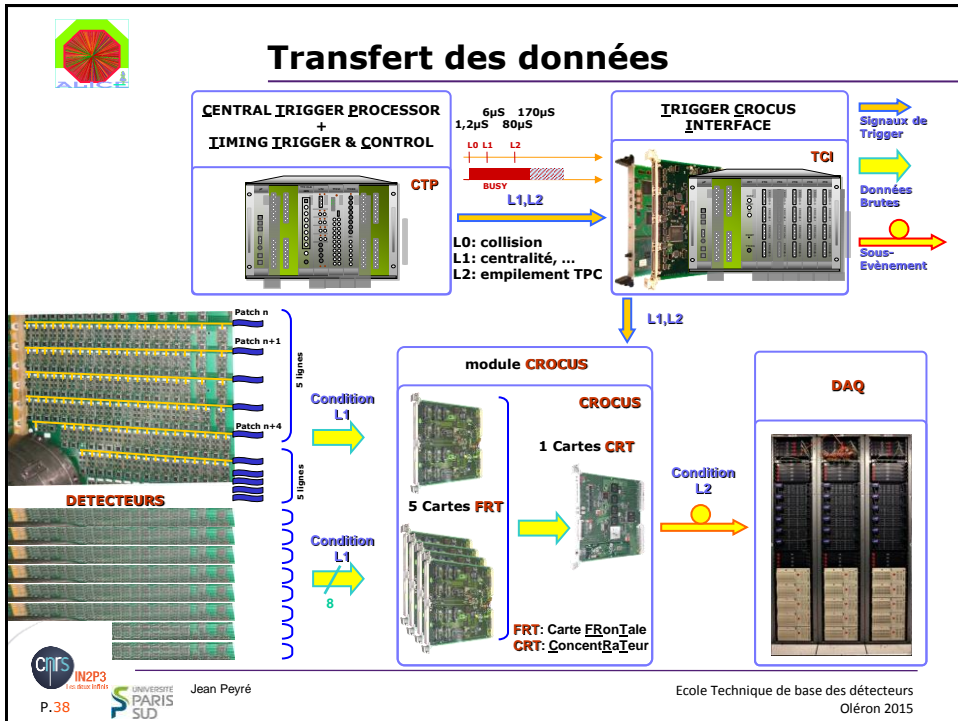
Electronique de lecture



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015





- ## Des outils informatiques incontournables
- 1) Conception des ASIC MANAS et MARC (Saha Institute for Nuclear Physics India, INFN Cagliari)
 - 2) Conception des circuits imprimés
 - 3) Simulations des lignes de transmission
 - 4) Automatisation du banc de test des 20000 cartes frontales
 - 5) Programmation des composants numériques
 - 6) Bancs des tests des cartes numériques
- Logos: CNRS, IN2P3, UNIVERSITE PARIS SUD
 Jean Peyré
 Ecole Technique de base des détecteurs Orléon 2015
 P.39

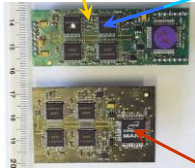


Conception des ASIC



Cartes frontales
Spectromètre Dimuon

ST1-2



ST3-4-5

ASIC analogique (Kolkata)

- Saisie de schéma
- Simulations (électriques, bruit...)
- Réalisation du masque (layout)
- Outils de vérification schématique/layout
- Chaîne Cadence Virtuoso

ASIC numérique (Cagliari)

- Saisie du code
- Compilation
- Placement/routage automatiques
- Outils de simulation



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



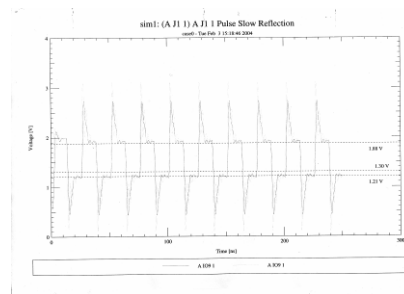
Conception des circuits imprimés

Chaîne Cadence Allegro :

- Saisie de schéma
- Simulation analogique
- Placement/routage
- Outil d'extraction des capacités parasites

Simulation des lignes de transmission

- Les transmissions entre l'électronique frontale et l'électronique numérique embarquée s'effectuent sur des lignes de type Bus de données avec un format spécifique



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

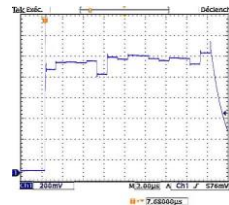
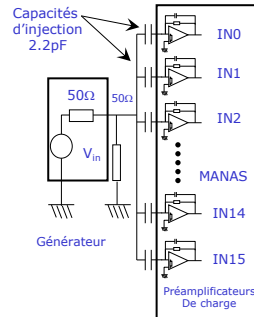
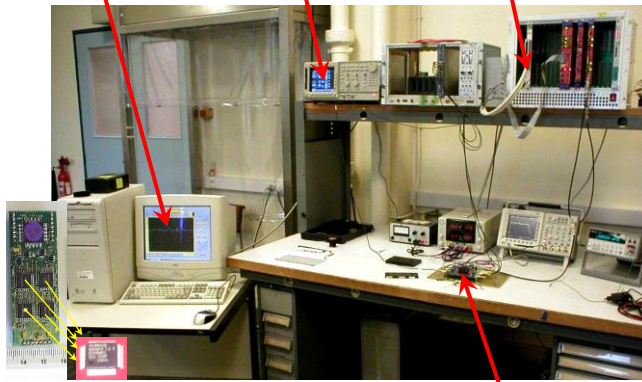


Banc de test pour ASICs frontaux

Système d'acquisition (Labview)

Générateur d'impulsions

Châssis VME Séquenceur et ADC 12 bits



- Mesure du gain
- validation des polarisations
- Tests en température

Banc de test MANAS



IN2P3



Jean Peyré

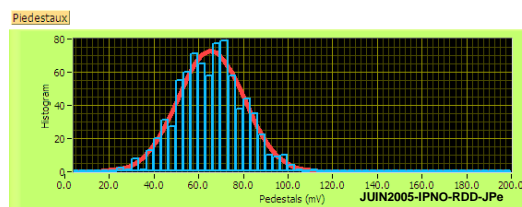
Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Gain & distribution piédestaux

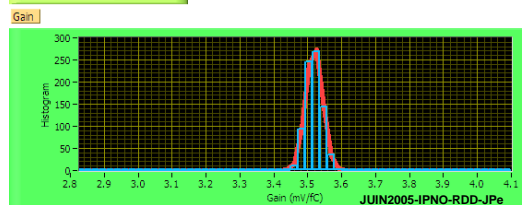
GASSIPLEX 0.7-3

- 100% des composants passent le test du gain à 200fC
- Ecart type sur le gain de 0,6%
- 100% des composants passent le test des piédestaux
- 100% des composants passent les 2 tests



Piédestaux (mV) 65.73 moyenne

Histogram



Gain (mV/fC) 3.52 moyenne

Histogram 0.66 écart-type (%)

Nbre Gassiplex trouvés
50

Nbre Gassiplex bons
50

Nbre Gassiplex bons Ped
50

Nbre Gassiplex bons Gain
50

Valeur calcul du gain (fC)
200



IN2P3



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

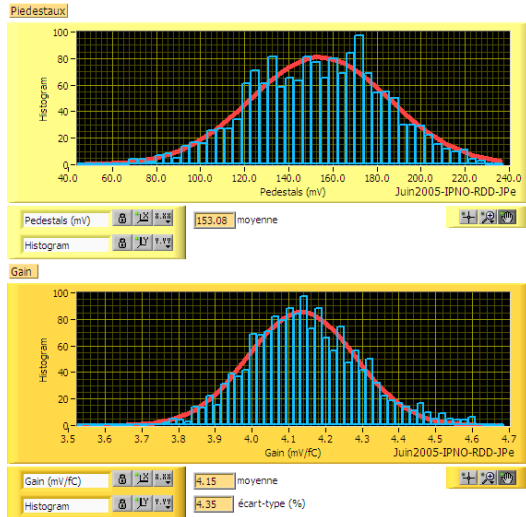


Gain & distribution piédestaux

- 56% des composants passent le test du gain à 200fC
- Ecart type sur le gain de 4,3%
- 87% des composants passent le test des piédestaux
- 2% sont inutilisables
- 48% des composants passent les 2 tests

Nbre Manas trouvés
100
Nbre Manas bons
48
Nbre Manas bons Ped
87
Nbre Manas bons Gain
56
Valeur calcul du gain (fC)
200

MANAS 2005



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Linéarité

GASSIPLEX 0.7-3

Exemple Gassiplex #27 voie 12

voie 12
Gassiplex 27



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

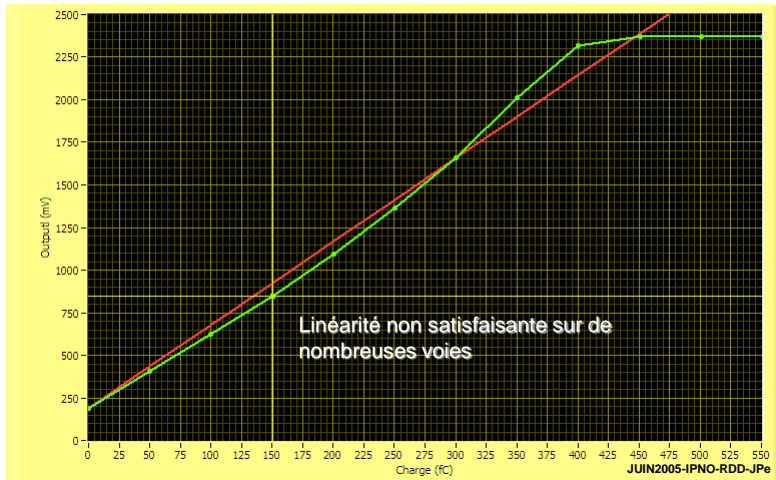


Linéarité

MANAS 2005

Exemple MANAS #3 voie 12 fourni en juin 2005

voie 12 # Manas 3



IN2P3



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



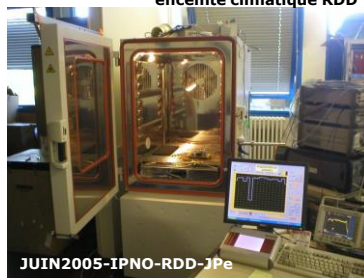
Variation du gain avec la température

Tests réalisés en enceinte climatique sur Gassiplex à 50%HR

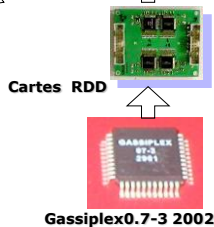
GASSIPLEX 0.7-3

enceinte climatique RDD

Pas de problèmes thermiques pour 70 chips Jusqu'à 70°C



Banc de tests CERN/RDD



2002 Cartes Manu



IN2P3



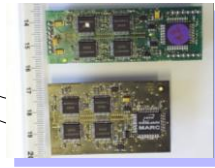
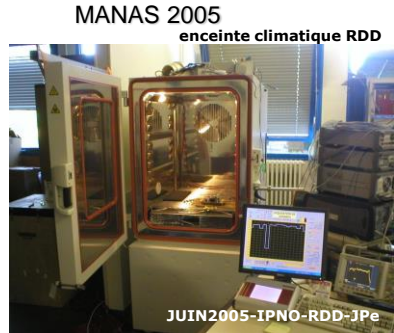
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Variation du gain avec la température

Tests réalisés en enceinte climatique sur Manas à 50%HR

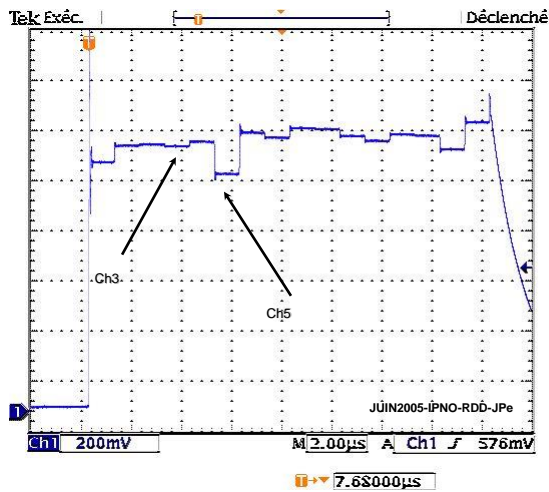


Banc de tests RDD

2005 Manu Card



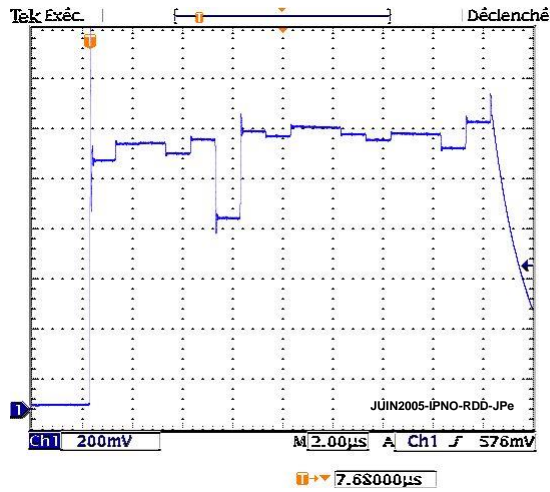
Tests à 22°C sur Chip Manas M5



Sortie Analogique du Manas



Tests à 24°C sur Chip Manas M5

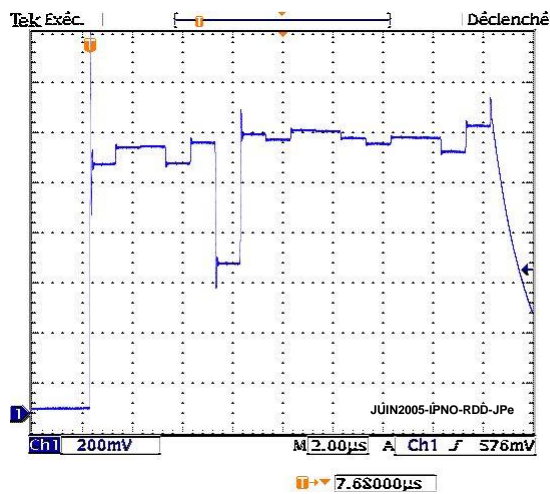


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests à 26°C sur Chip Manas M5

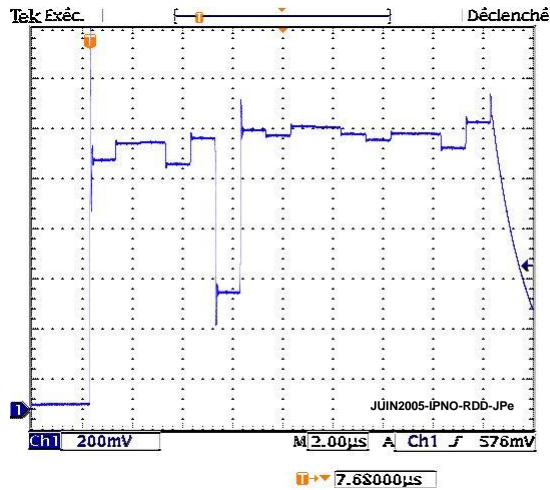


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests à 28°C sur Chip Manas M5

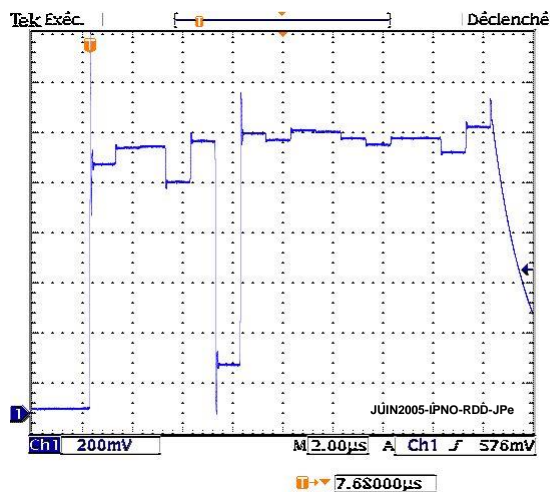


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests à 30°C sur Chip Manas M5

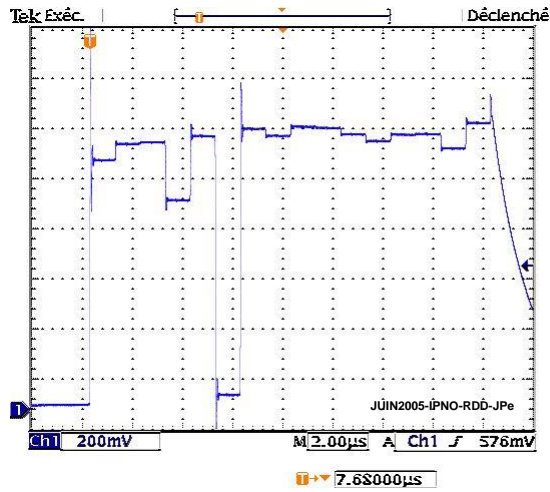


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests à 32°C sur Chip Manas M5

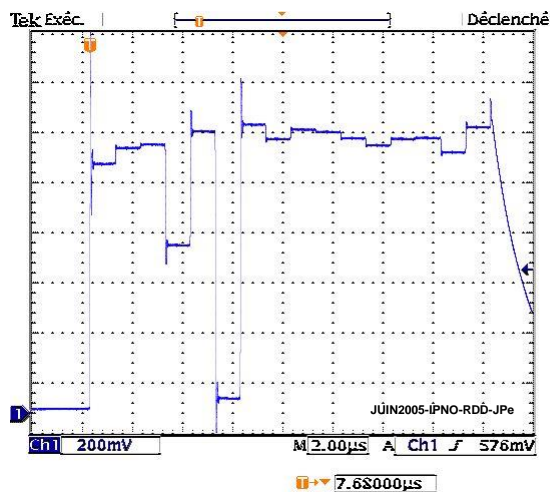


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests à 34°C sur Chip Manas M5

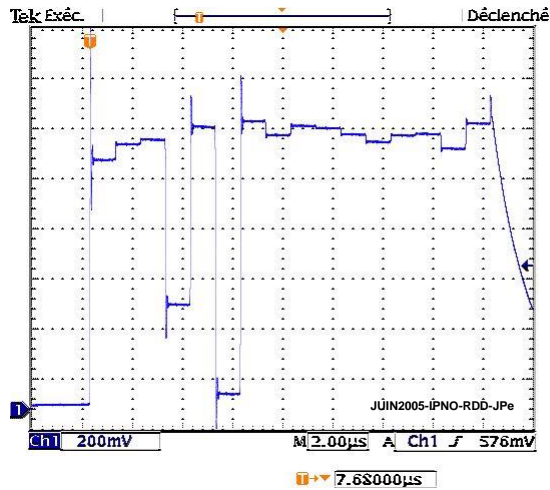


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests à 36°C sur Chip Manas M5

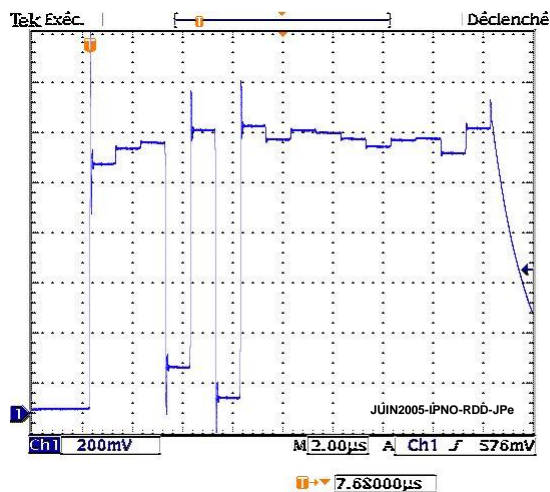


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests à 38°C sur Chip Manas M5

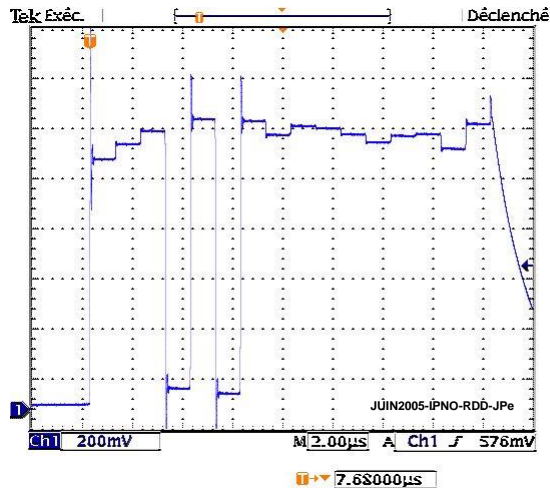


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests à 40°C sur Chip Manas M5



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Automatisation du banc de test des 20000 cartes frontales

- Programme d'acquisition en visual C++
- Programme de diagnostic et d'aide à la réparation des cartes défectueuses
- Stockage et tri des circuits pour alimenter une base de données

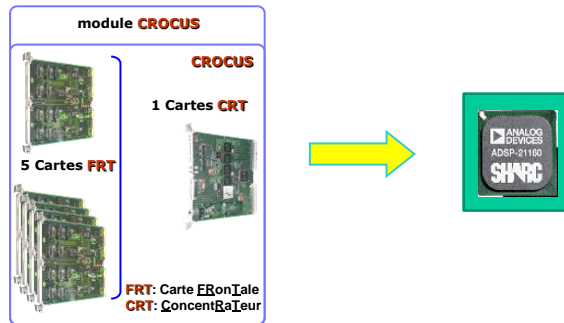


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Programmation des composants numériques de CROCUS



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



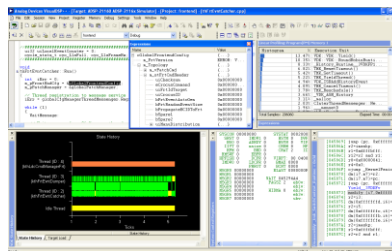
Programmation des composants numériques

- Ecriture des codes Verilog ou VHDL pour les FPGA ou C++ pour les DSP
- Simulations
- Compilation avec pour cible un composant défini
- Implantation physique du code dans le composant réel



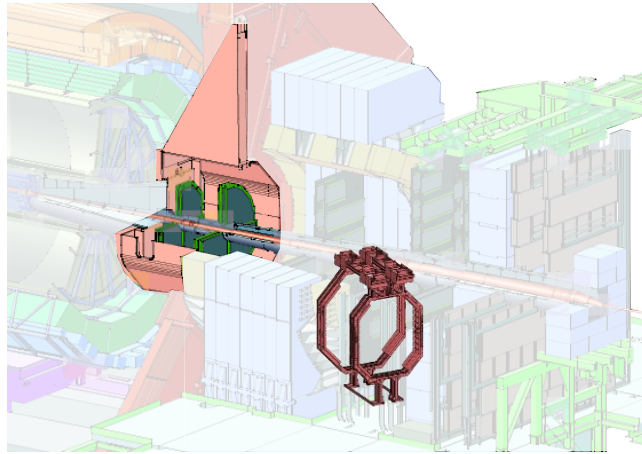
Ecriture
code C++

Historique
temporel



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Calcul des Supports ST1 & ST2

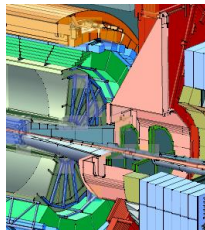


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



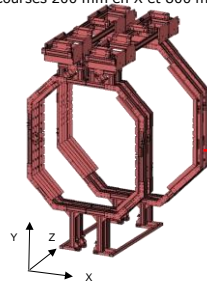
Conception des supports de ST1 & ST2



Support intégré au Cern

Encombrement 2,5 x 2,3 x 3,5 m³

Courses 200 mm en X et 800 mm en Z



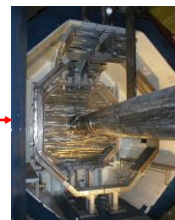
Principe et encombrement

ACORD

Modélisation et résultat



Montage à Orsay



Montage sur site au Cern

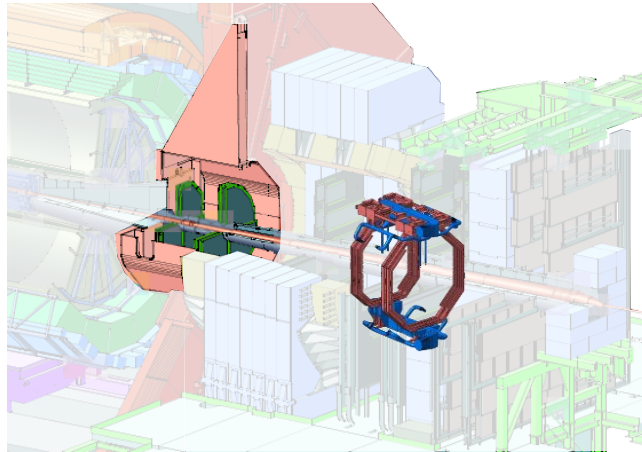
Conception et réalisation d'un support de grande dimension

- Déplacements des supports dans 2 directions
- Contacts réguliers avec les collègues de Calcutta
- Calculs de RDM de chaque supports (ST1 et ST2) et des rails
- Suivi de dossier en fabrication (société NORCAN)
- Montage des supports à Orsay & au CERN



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Refroidissement

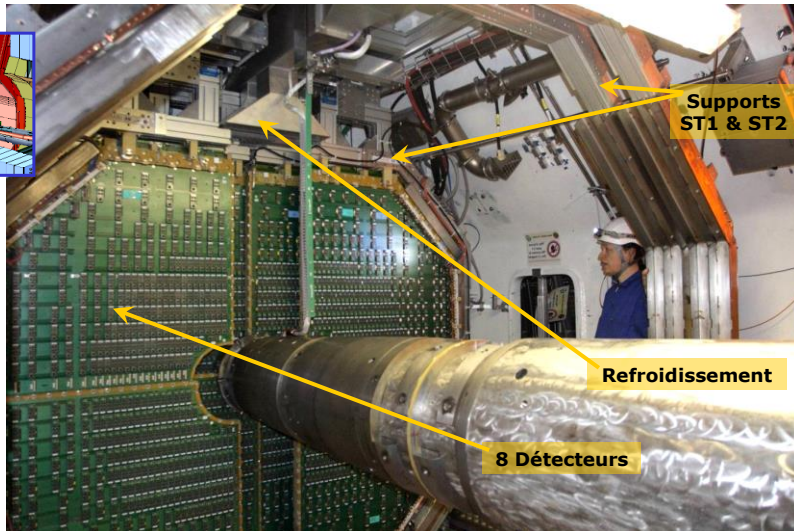
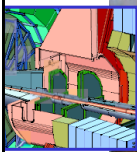


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Refroidissement

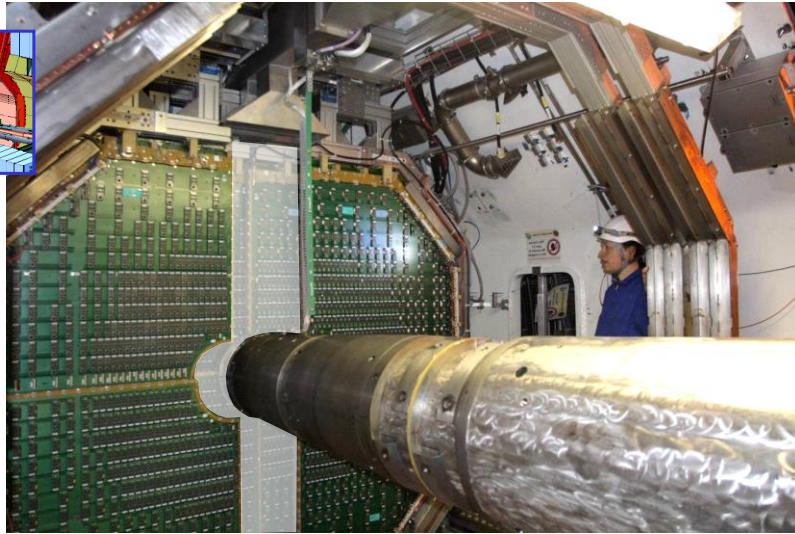
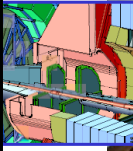


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Refroidissement



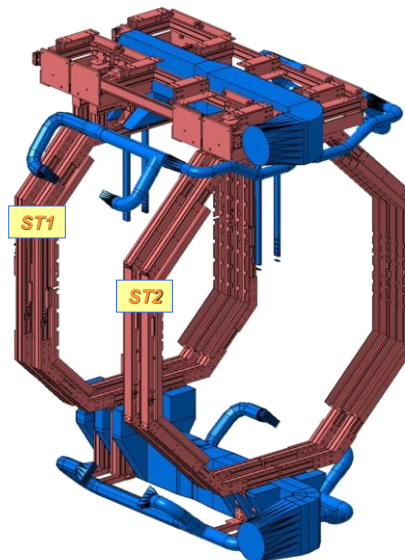
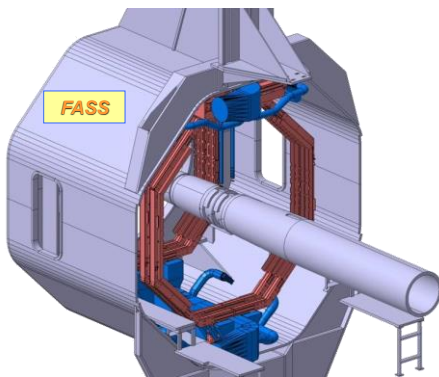
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

- 4kW à évacuer
- Utilisation d'un minimum de matière: air

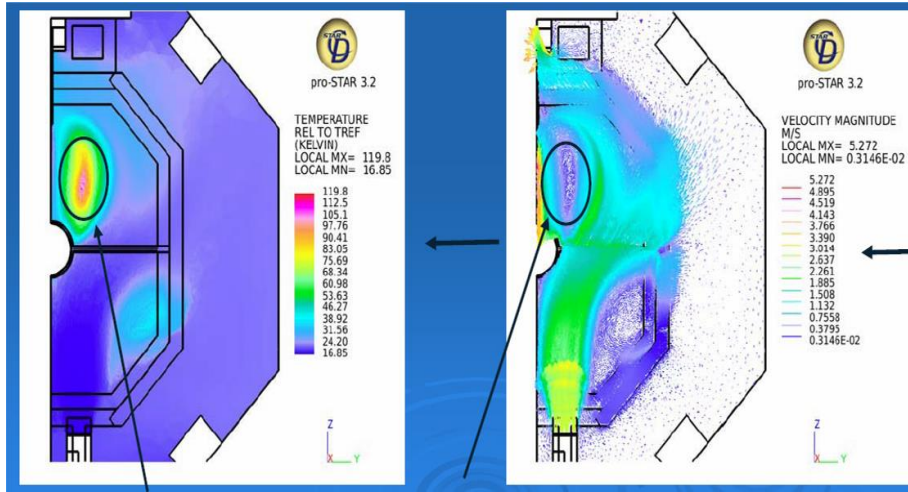


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



1998 - Des simulations inquiétantes



T=120°C !!!!!

V=0 m/s



Jean Peyré

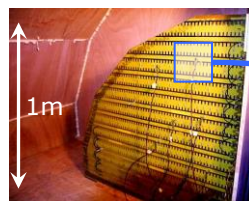
Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



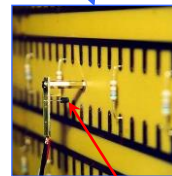
Modélisation d'une maquette à l'échelle 1



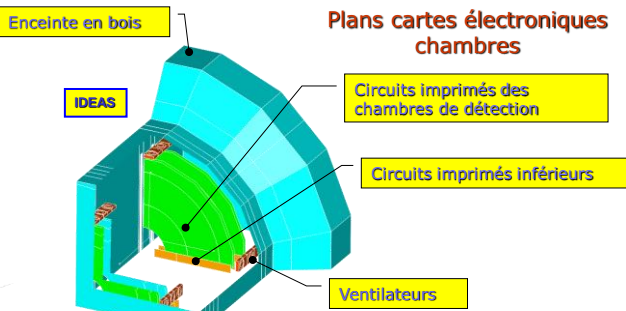
1/4 FASS



Plans cartes électroniques chambres



Capteur température

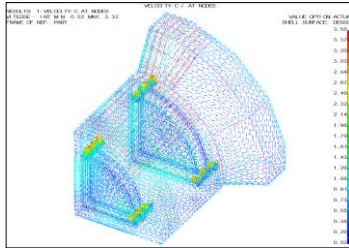


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

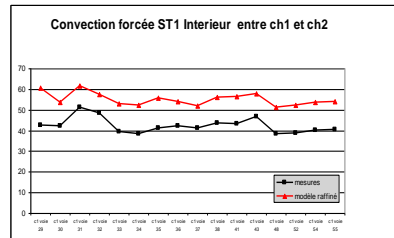
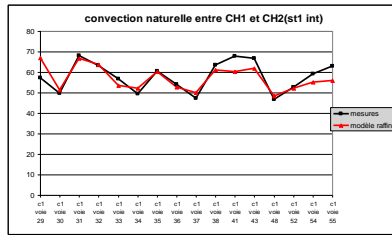


Modélisation d'une maquette à l'échelle 1



Convection mixte

Raffinement du maillage sur une partie du modèle environ 227000 éléments (contre 78000) .Le temps de calcul est passé de 2h30 à près de 13h.



Jean Peyré

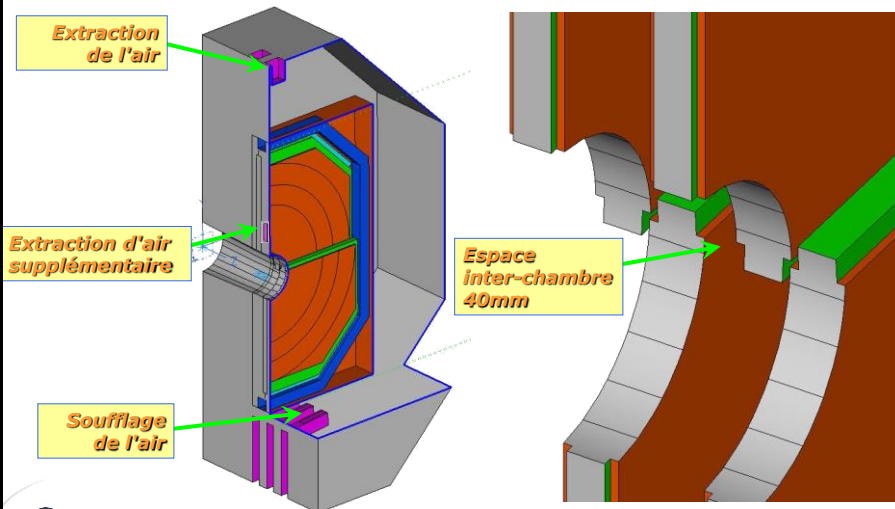
Ecole Technique de base des détecteurs Oléron 2015



Conception du système de refroidissement

IDEAS

Modélisation de la station1



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs Oléron 2015

Conception du système de refroidissement

Modélisation de la station1

Espace inter-chambre 0mm

64°C

Espace inter-chambre 40mm

38°C

+ Extraction d'air supplémentaire

Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Soufflage de l'air

FISADUCT
+
AUTOCAD

Vitesse de l'air en soufflage
3-4m/s

Pour chaque sortie, des grilles spéciales sont positionnées pour ajuster le débit

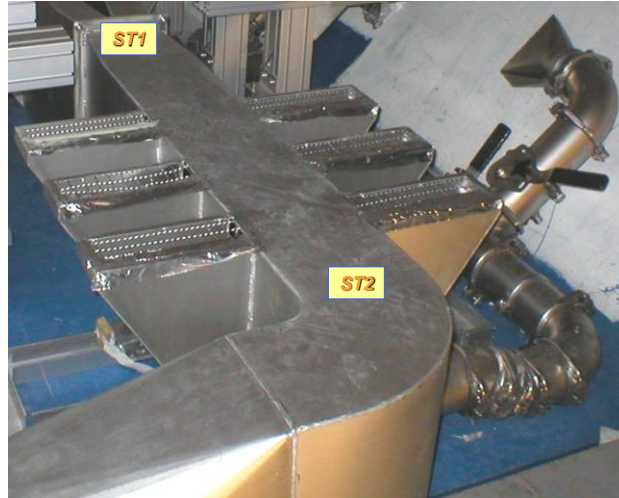
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Soufflage de l'air



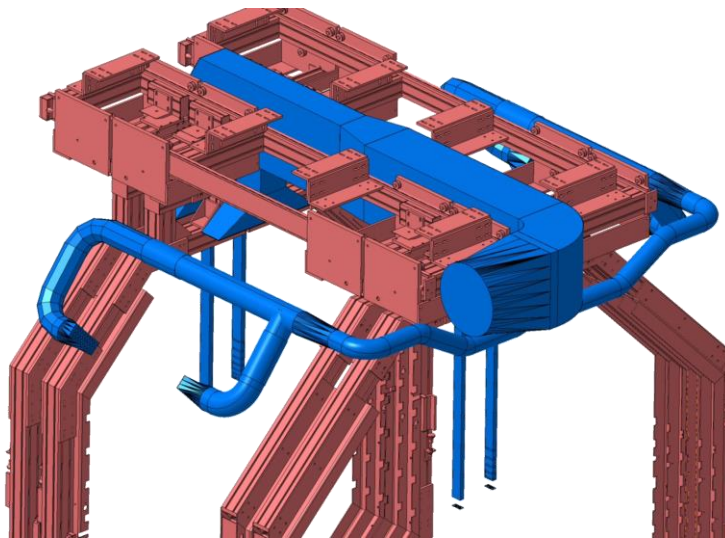
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Extraction de l'air



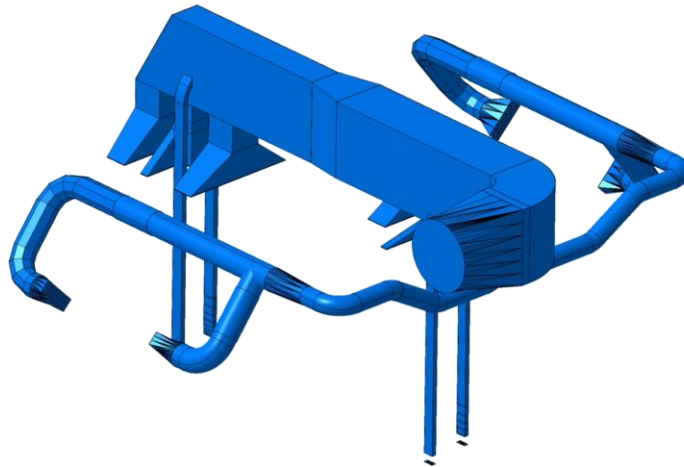
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Extraction de l'air



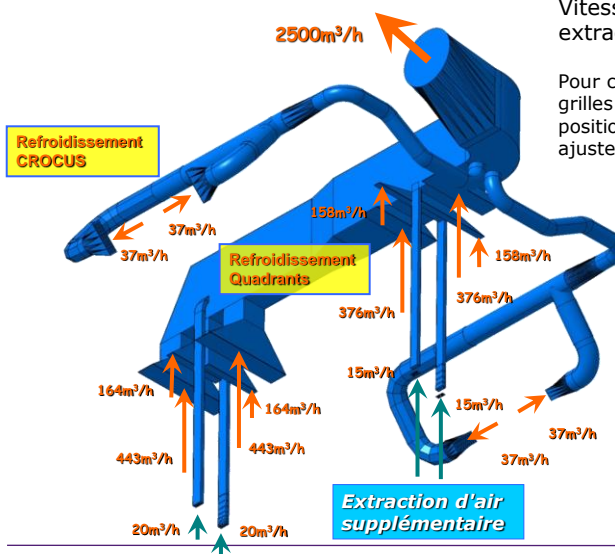
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Extraction de l'air



Vitesse de l'air en extraction 3-4m/s

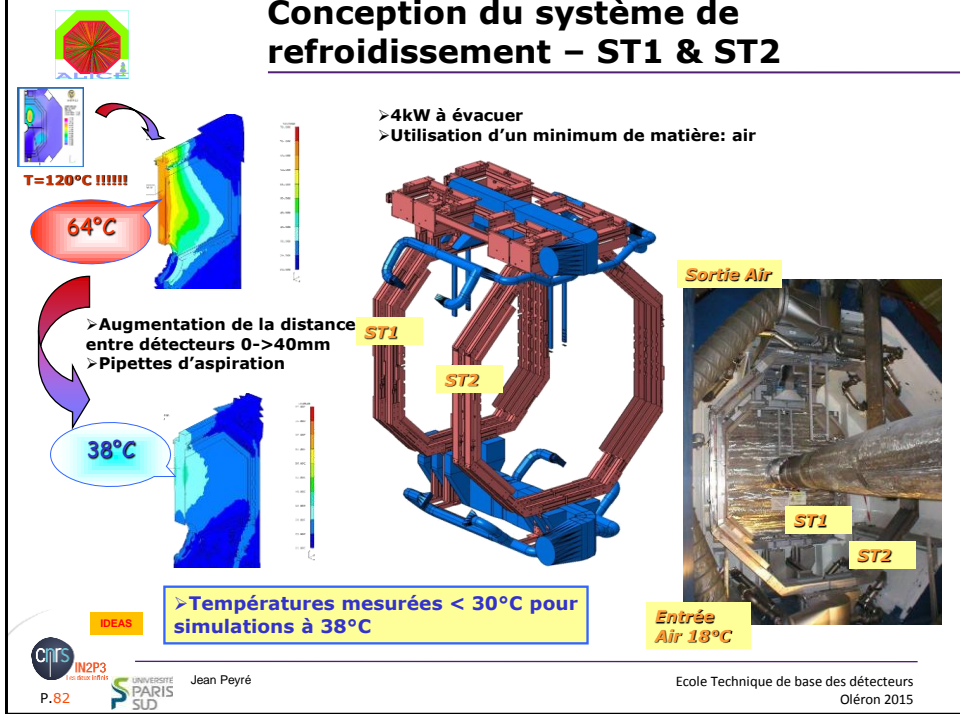
Pour chaque sortie, des grilles spéciales sont positionnées pour ajuster le débit



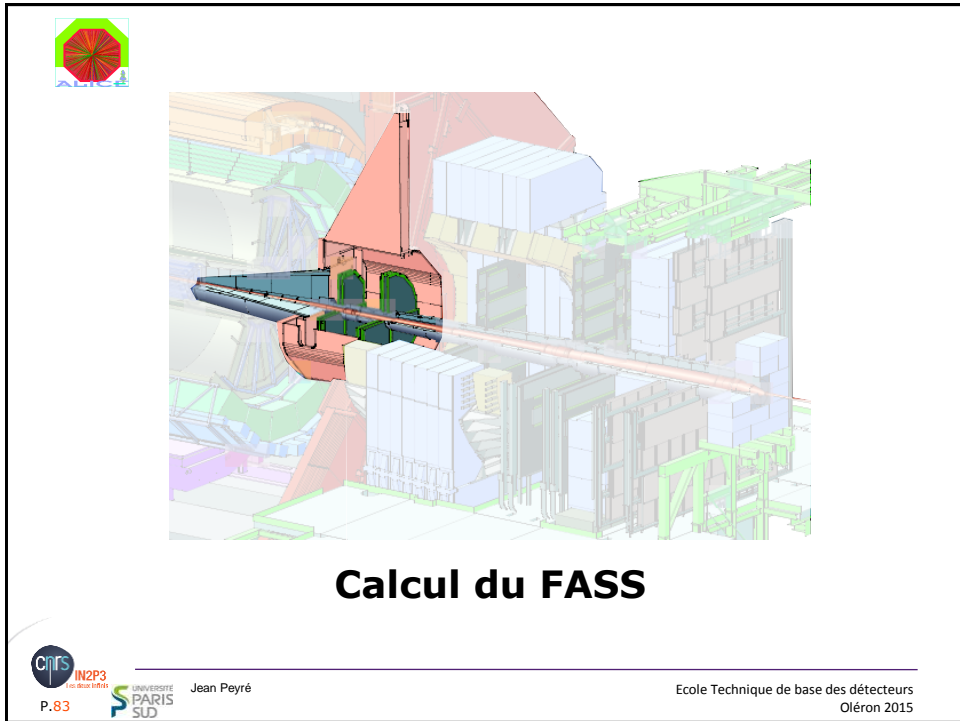
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2



Calcul du FASS





Installation du FASS



FASS =
11m haut
& 24t

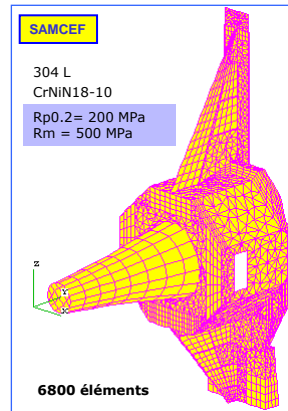
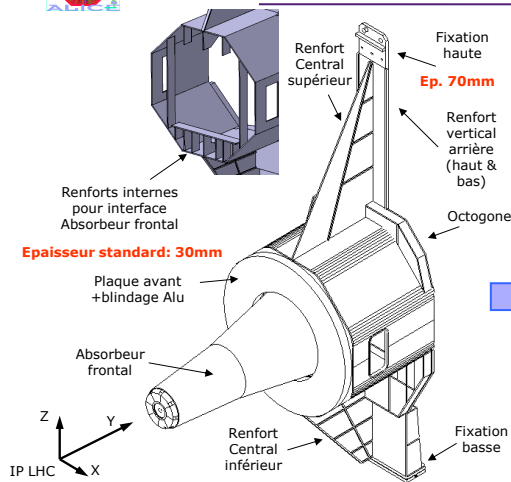


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Calcul de la structure porteuse de l'absorbeur



Maillage de la structure

Dimensions:
Hauteur 11 mètres
Longueur 6.7 mètres

Masse totale 61 tonnes :
-FA : 37 tonnes
-FASS : 20 tonnes
-Blindage Alu: 4 tonnes



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

Calcul de la structure porteuse de l'absorbeur

SAMCEF

304 L
CrNiN18-10
Rp0.2 = 200 MPa
Rm = 500 MPa

6800 éléments

Maillage de la structure

Dimensions:
Hauteur 11 mètres
Longueur 6.7 mètres

Masse totale 61 tonnes :
-FA : 37 tonnes
-FASS : 20 tonnes
-Blindage Alu: 4 tonnes

Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

Calcul de la structure porteuse de l'absorbeur

Analyse statique: déformées

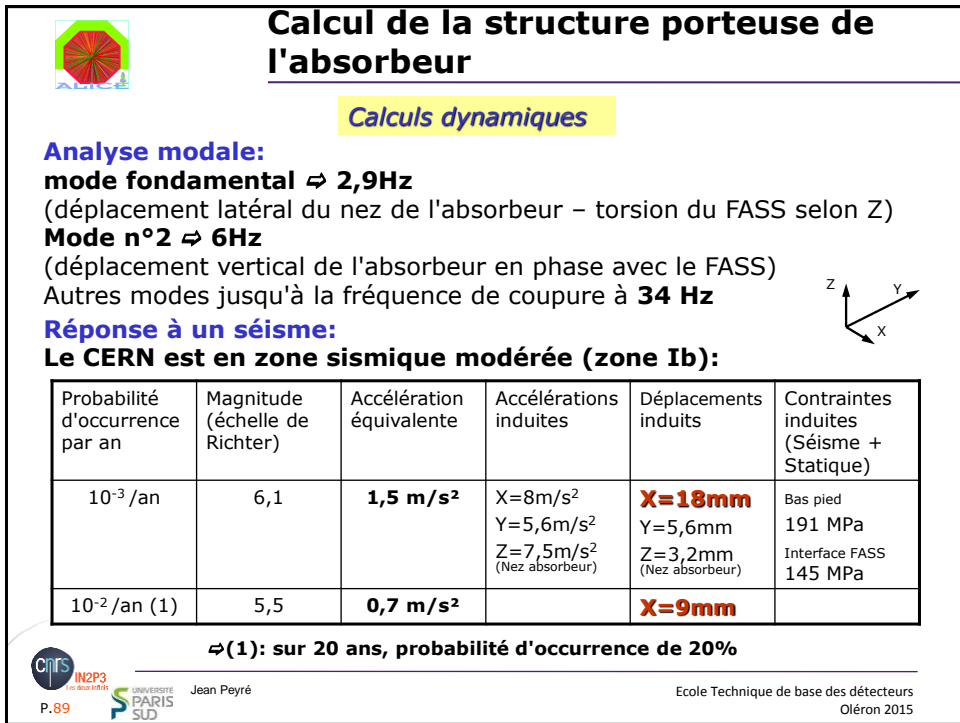
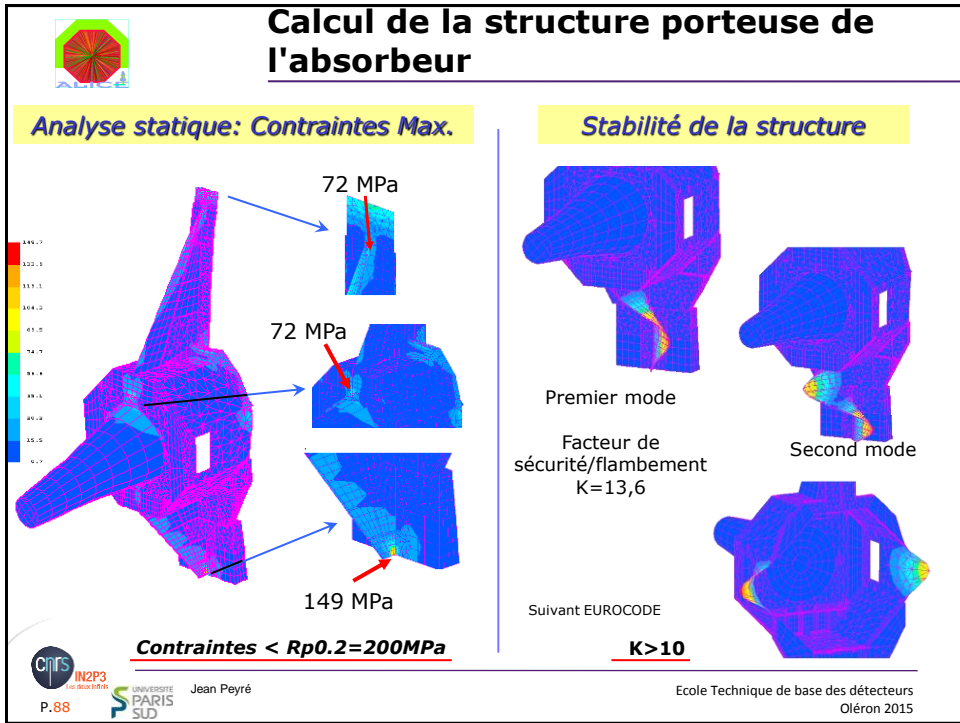
1.9 mm dans la direction horizontale X pour les coins opposés

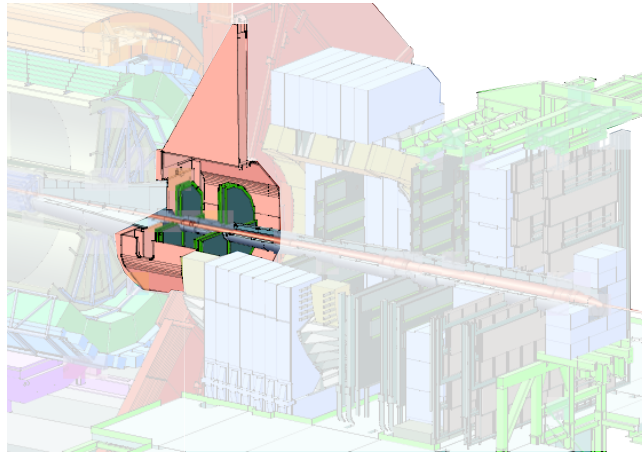
3.9 mm dans la direction horizontale Y

7.9 mm flèche verticale de l'absorbeur frontal

Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015





Ingénierie système



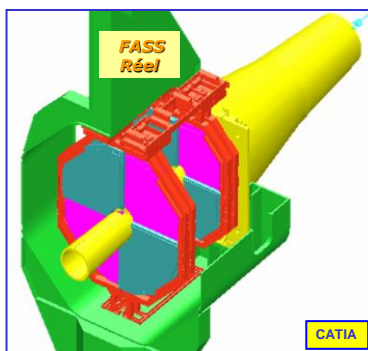
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

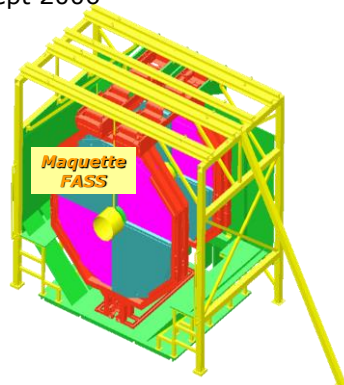


Integration de ST1 & ST2

FASS = Front Absorber Support Structure



- Pré-assemblage à Orsay en 2005/2006 de l'ensemble de la structure support
- CERN sept 2006



- Design des supports des stations 1 & 2 par IPNO
- Intégration/refroidissement & construction des supports des station 1 & 2 par IPNO

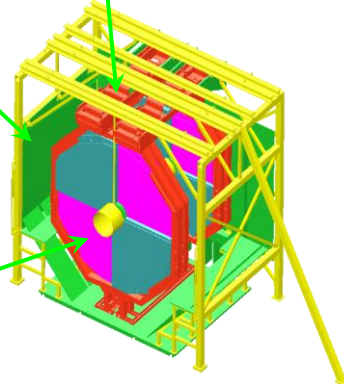
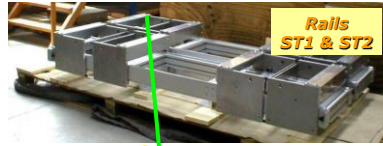


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2



HAI IN2P3



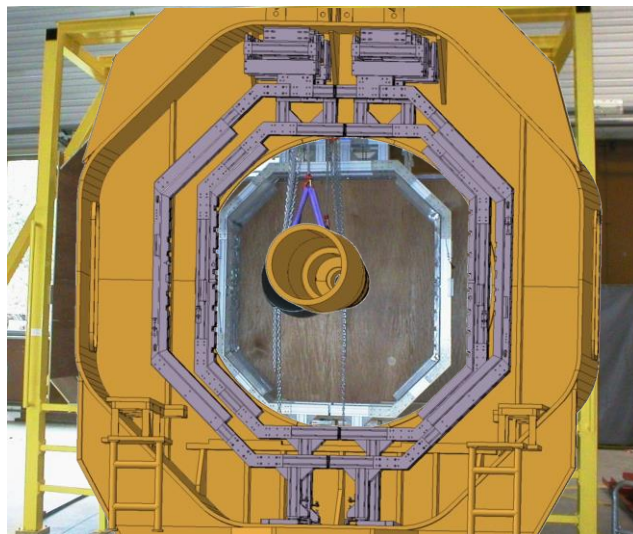
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2

Montage de la maquette du tuyau de faisceau



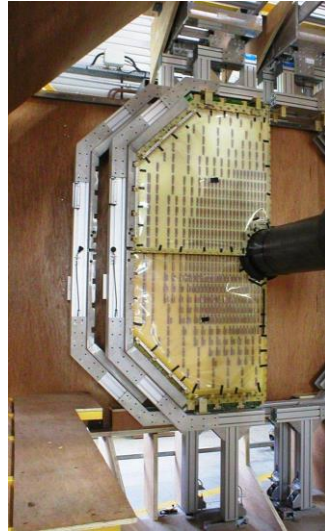
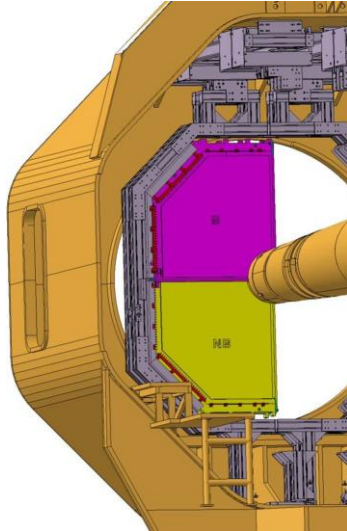
Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2

Montage des vraies chambres



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Tests de montage de ST1 & ST2

Manipulation & fixation des supports de ST1 & ST2



ON NE PEUT PAS TOUT FAIRE AVEC LA CAO!!!

Manipulation des supports



Supports positionnés



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Montage de ST1 & ST2 au CERN

Vérification de la CAO !!!!!



Vérification de la position des goujons dans FASS



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Montage de ST1 & ST2 au CERN



Après 3 semaines de travail....

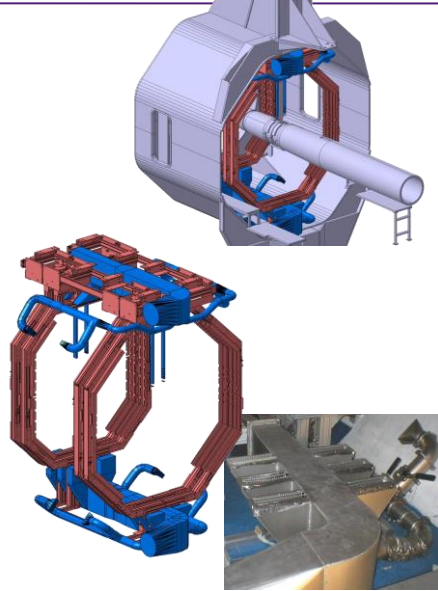


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Montage de ST1 & ST2 au CERN

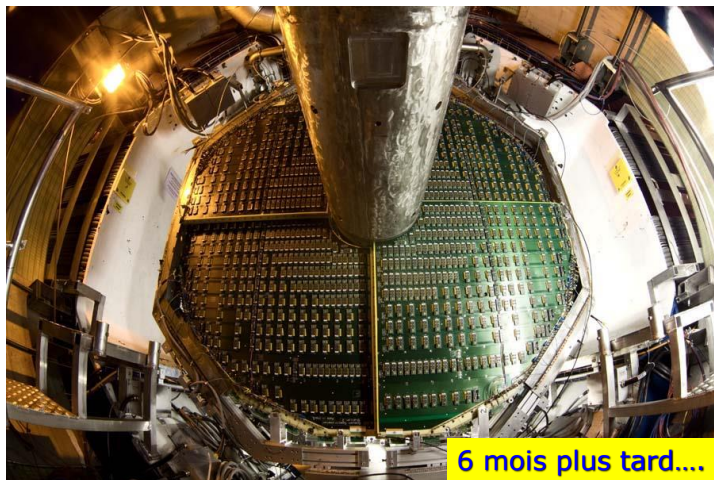


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Montage de ST1 & ST2 au CERN

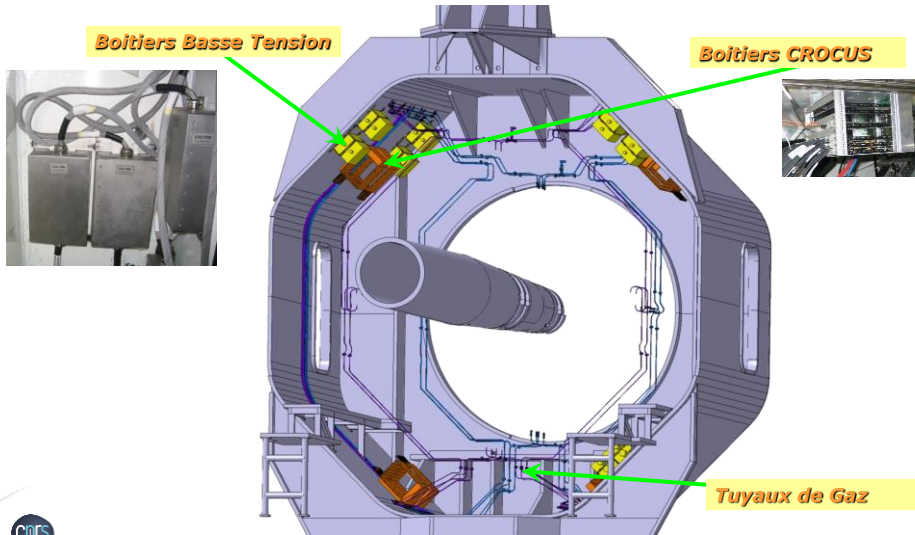


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2

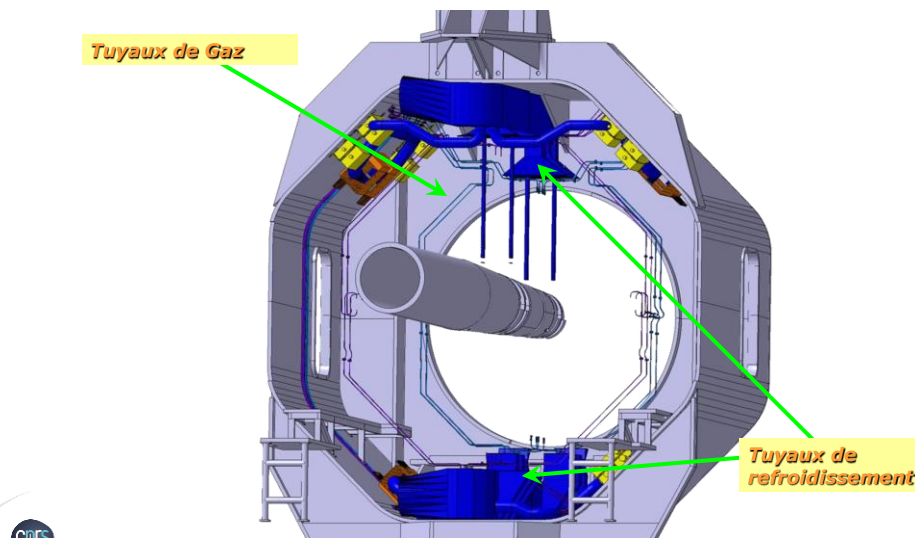


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2

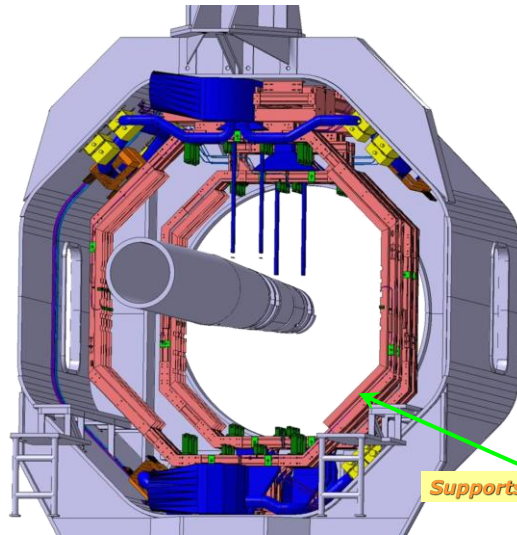


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2



Supports ST1 & ST2

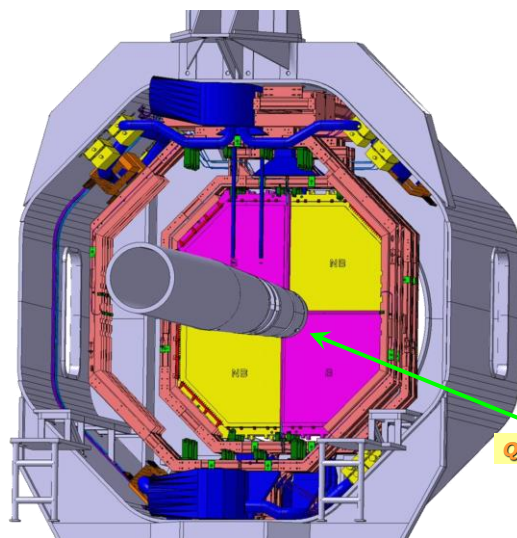


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2



Quadrants ST1

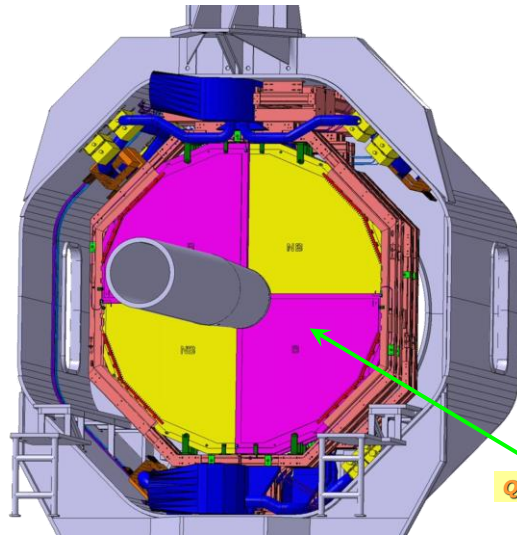


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2



Quadrants ST2

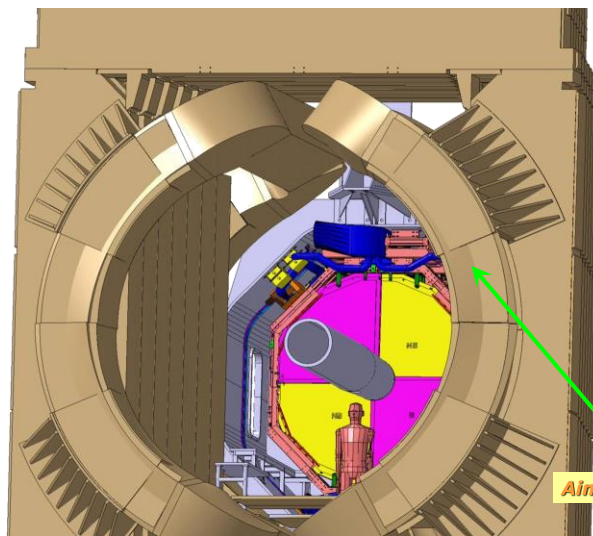


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2



Aimant Dipolaire

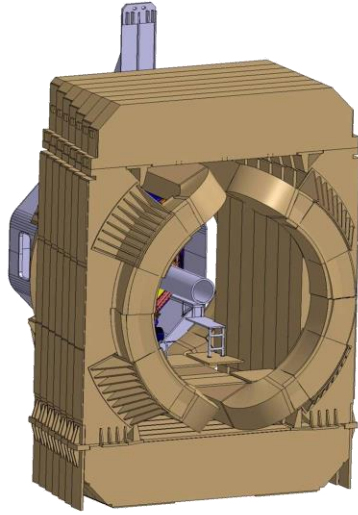


Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015



Integration de ST1 & ST2



Jean Peyré

Ecole Technique de base des détecteurs
Oléron 2015

Collisions p-p vues par ALICE au LHC le 6 décembre 2009



Premières collisions Pb-Pb vues par ALICE au LHC le 9 novembre 2010

