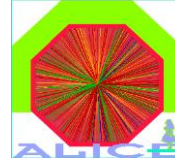


ALICE au pays de l'informatique

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



Jean Peyré



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



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

91405 Orsay, France
Tél. : +33 1 69 15 52 43
Fax : +33 1 69 15 50 08
<http://www.csnsm.in2p3.fr>



Jean.Peyre@csnsm.in2p3.fr

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



ALICE au pays de l'informatique

Sommaire

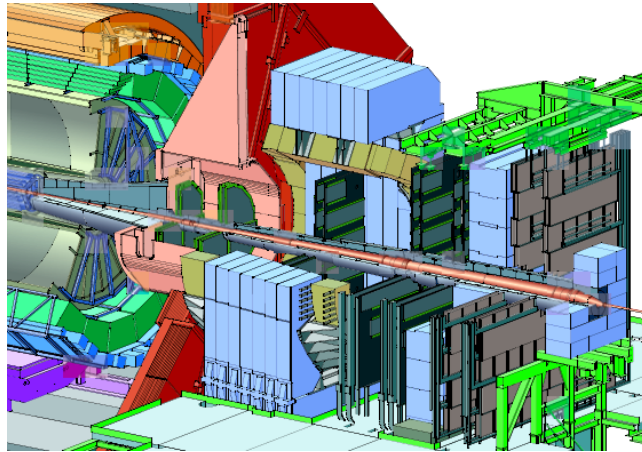
- I - Alice*
- II - Simulations du détecteur*
- III - Electronique - DAQ*
- IV - Calcul des Supports ST1 & ST2*
- V - Refroidissement*
- VI - Calcul du FASS*
- VII - Ingénierie système*



Jean Peyré

P.2

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



I - Alice



Jean Peyré

P.3

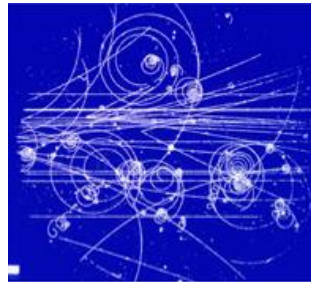
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



La chambre à bulles des années 60

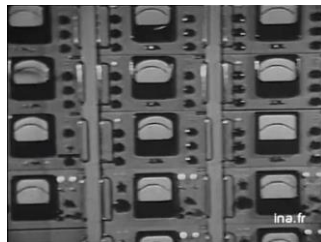


Chambre à bulles exposée à l'extérieur d'un bâtiment du [Fermilab](http://www.fermilab.com).



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

Chambres à bulles



Saturne




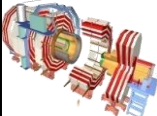
Jean Peyré

P.4

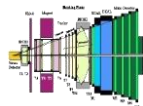
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

L'expérience ALICE au CERN







CMS



LHCb




ATLAS



ALICE

Large Hadron Collider



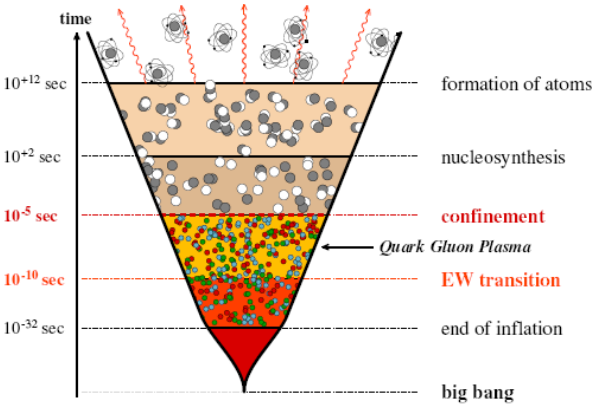
Jean Peyré

P.5


Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

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

P.6

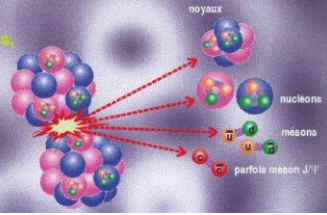
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



La Physique du Bras Dimuon:

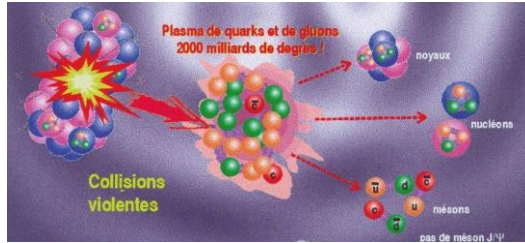
Si la température et la densité sont suffisantes,

Collisions peu violentes

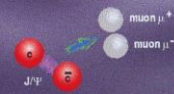


Plasma de quarks et de gluons
2000 milliards de degrés !

Collisions violentes



But de l'expérience



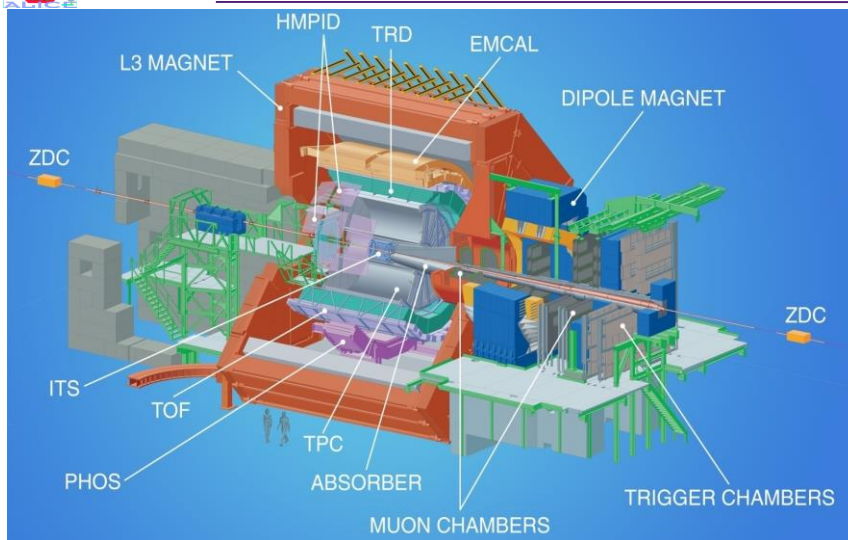
Jean Peyré

P.7

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Le détecteur ALICE



16m x 26m ; 10.000 tonnes



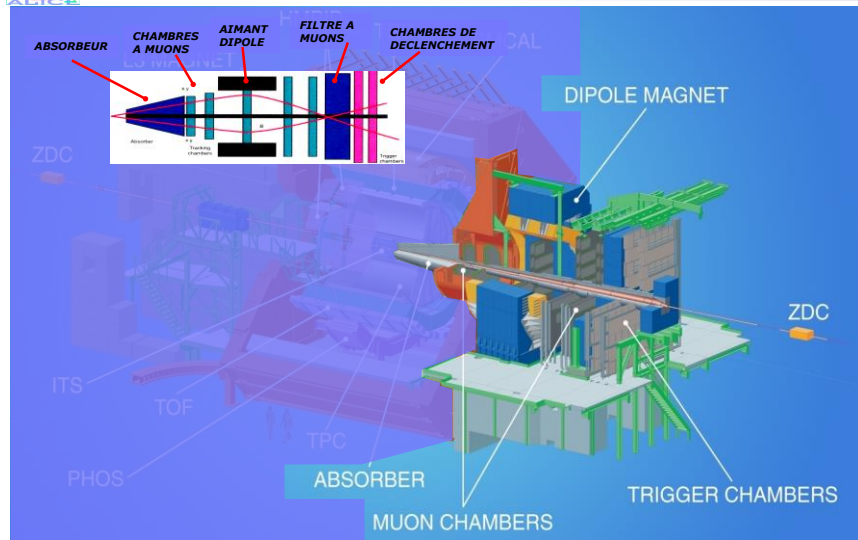
Jean Peyré

P.8

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Le bras Dimuon d'ALICE



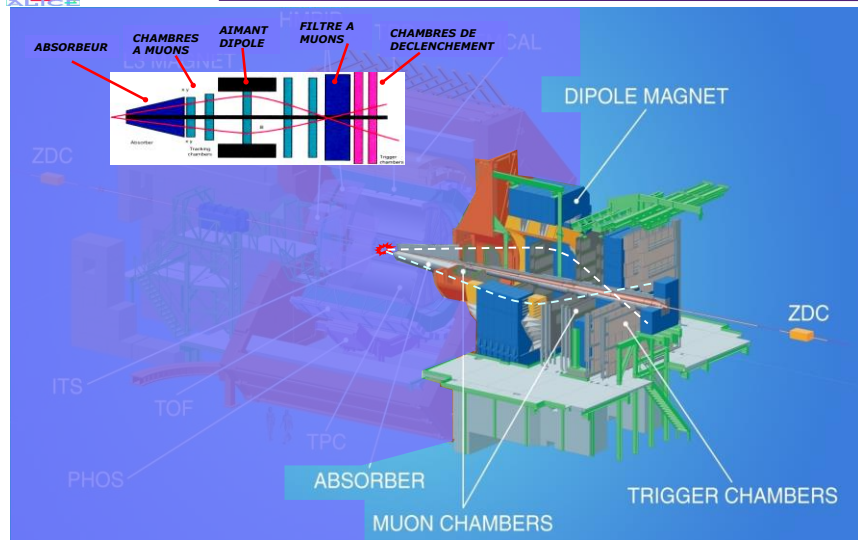
Jean Peyré

P.14

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Le bras Dimuon d'ALICE



Jean Peyré

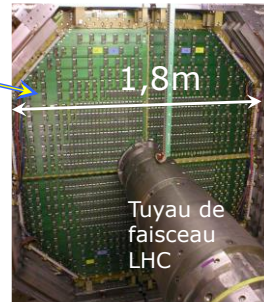
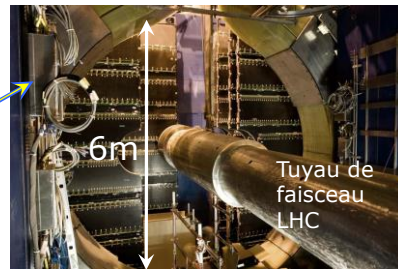
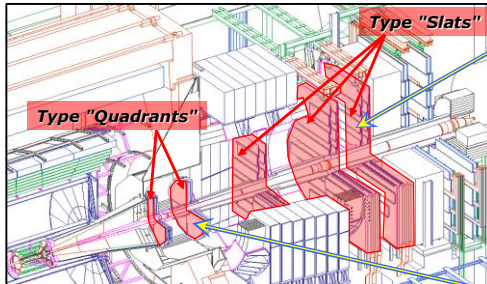
P.15

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



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



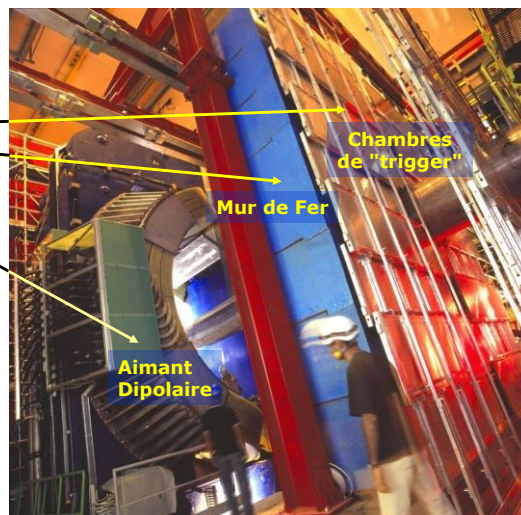
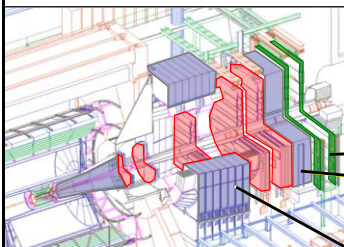
Jean Peyré

P.16

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Architecture du Bras Dimuon



Chambres de "trigger"

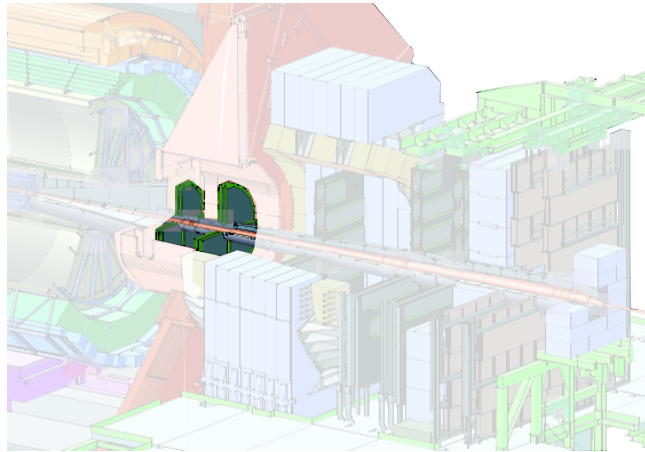
- Décision "Trigger" < 700 ns
- Résolution en temps < 2 ns



Jean Peyré

P.17

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



II - Simulations du détecteur



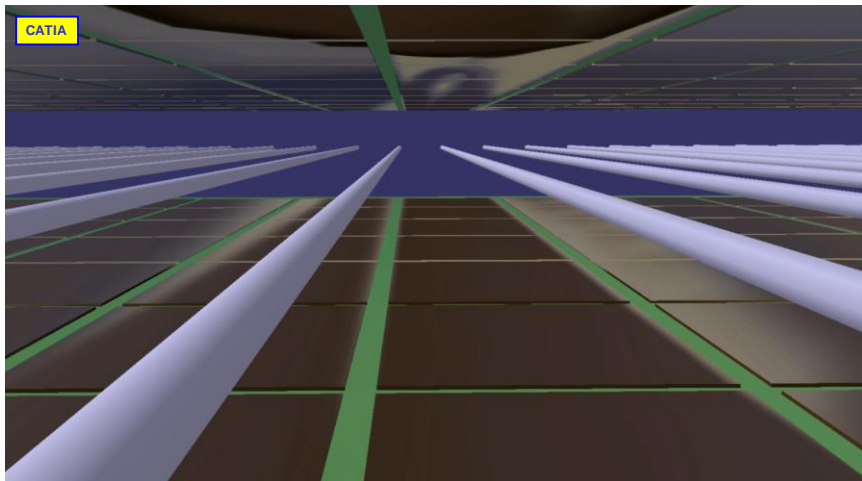
Jean Peyré

P.18

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Au cœur d'une chambre à fils



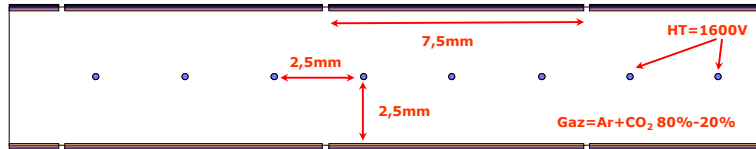
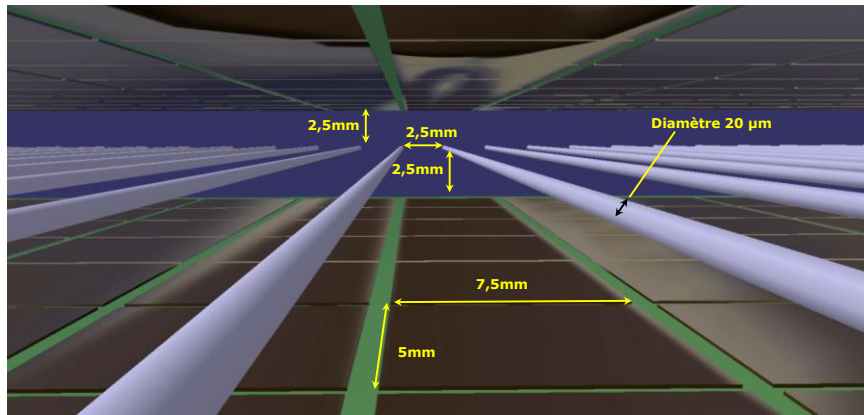
Jean Peyré

P.19

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Au cœur d'une chambre à fils



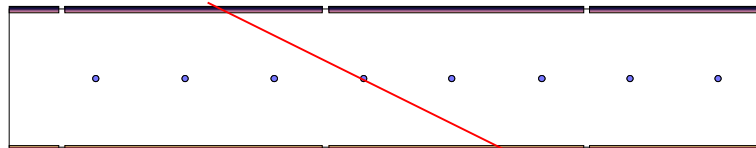
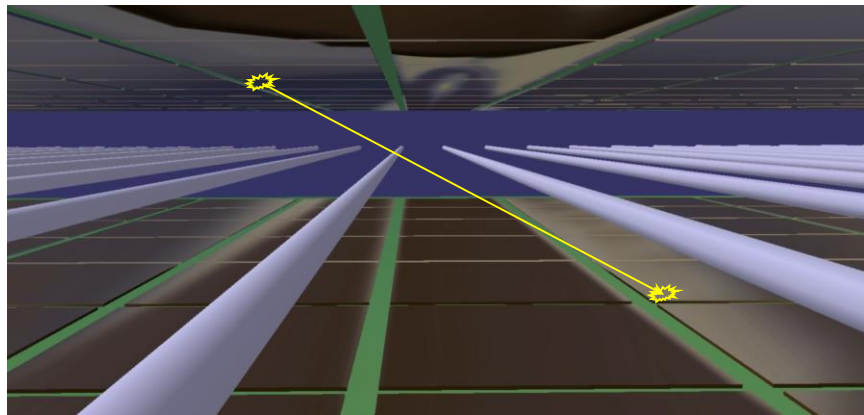
Jean Peyré

P.20

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Au cœur d'une chambre à fils



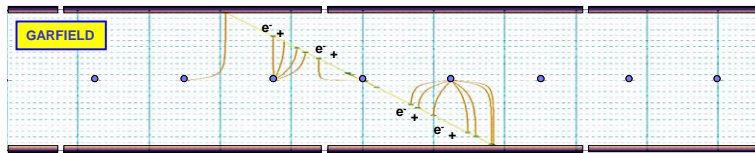
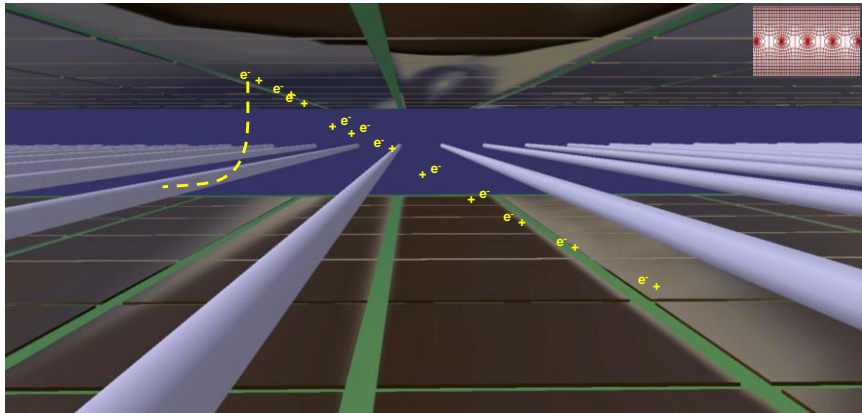
Jean Peyré

P.21

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Au cœur d'une chambre à fils



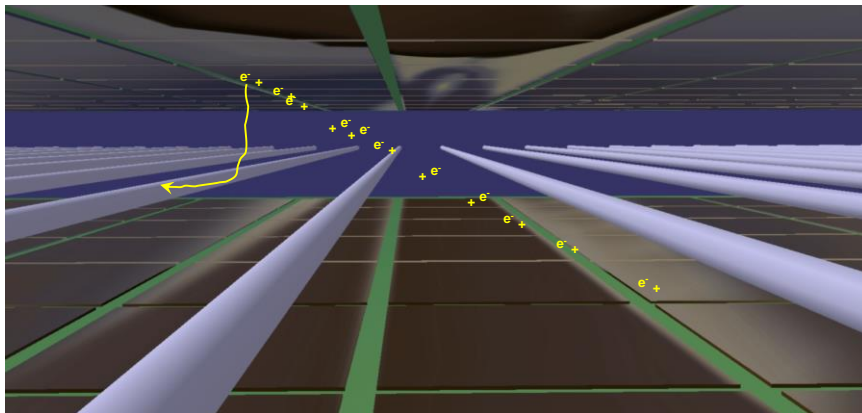
Jean Peyré

P.22

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Au cœur d'une chambre à fils



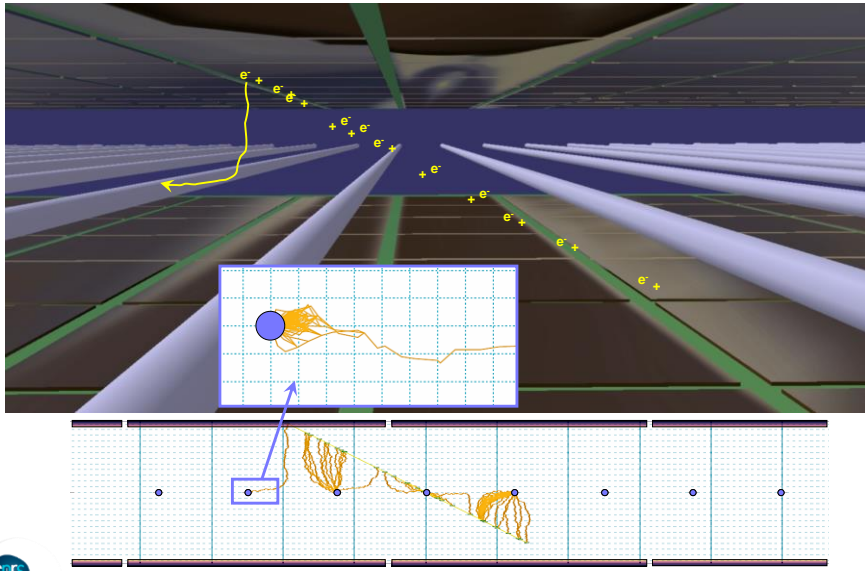
Jean Peyré

P.23

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Au cœur d'une chambre à fils



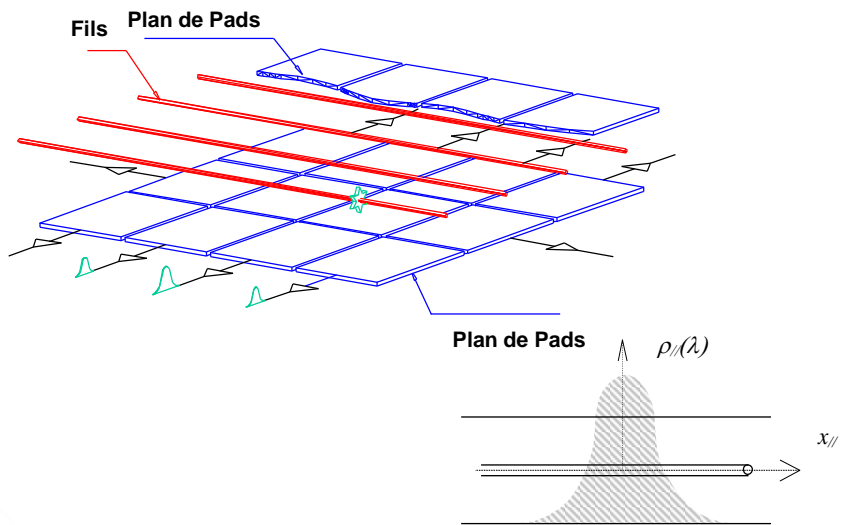
Jean Peyré

P.24

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Distribution de la charge vue par les pads



Jean Peyré

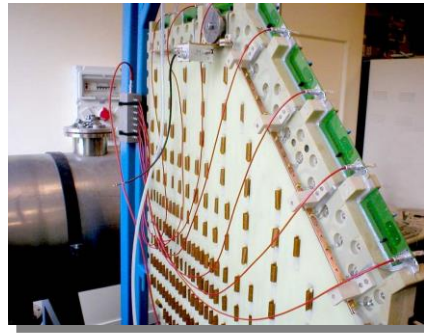
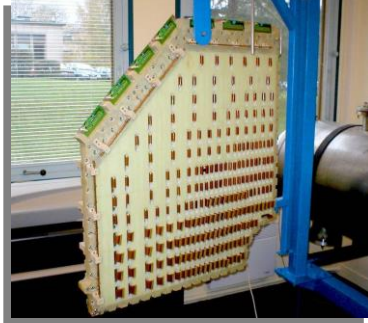
P.25

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Détecteurs de la station 1

Point de vue mécanique



Jean Peyré

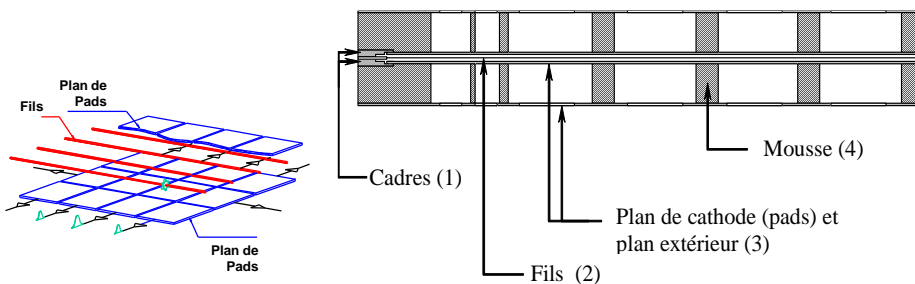
P.26

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Structure mécanique

- La résolution spatiale doit être de $100 \mu\text{m}$ dans le plan de déflexion du champ magnétique et d'environ 2 mm dans le plan perpendiculaire.
- Les chambres doivent être rendues transparentes (longueur de rayonnement de 2-3% de X_0) pour réduire la diffusion et la perte d'énergie dans le matériau.
- Contraintes de fabrication et d'assemblage des chambres :
 - planéité de la surface de la cathode
 - distance séparant les plans de cathodes (facteurs cruciaux pour une résolution spatiale uniforme).



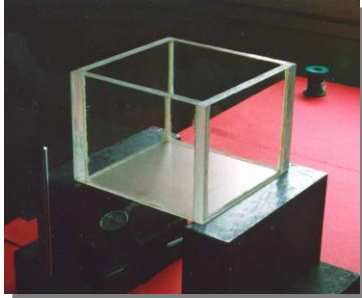
Jean Peyré

P.27

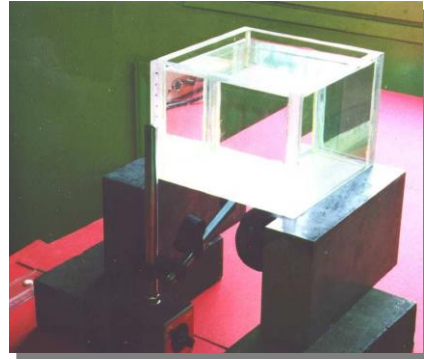
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests de matériaux



Simulation de surpression de gaz avec de l'eau.



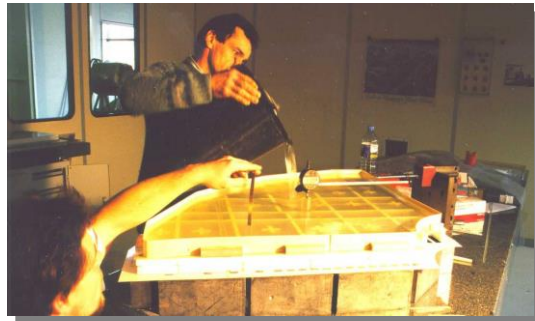
Jean Peyré

P.28

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Résistance du plan de cathode



Tests

- 0.1 mbar, la déformation du plan de cathode est inférieure à 29 μm
- 1 mbar dans les cas extrêmes, une déformation inférieure à 330 μm

Solution

- remplir l'espace interne avec de la mousse (augmentation de la longueur de rayonnement (X_0) de seulement 0,12%.
- La flèche résultant est alors inférieure à 90 μm pour une variation de pression de 1 mbar



Jean Peyré

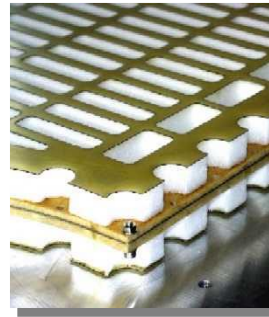
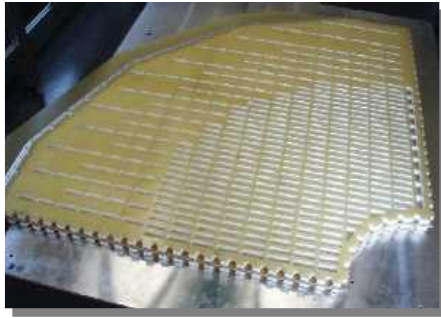
P.29

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Prototype mécanique - Tests

Un prototype mécanique à taille réelle de la station 2 a été entièrement réalisé avec une structure verre époxy - mousse (Rohacell 51) sans cadres en aluminium. La chambre a été testée en déformation sous une surpression de 0,5 mbar dans différentes conditions (avec et sans la fixation centrale (CPF)).



Jean Peyré

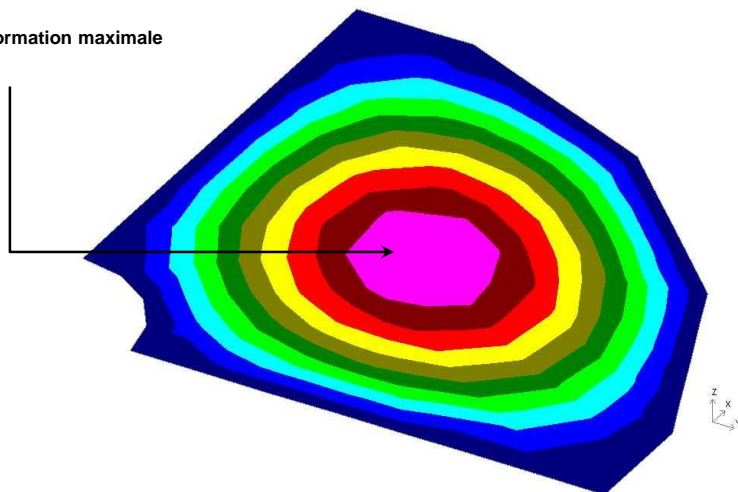
P.31

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Calcul sans point central

Déformation maximale



Jean Peyré

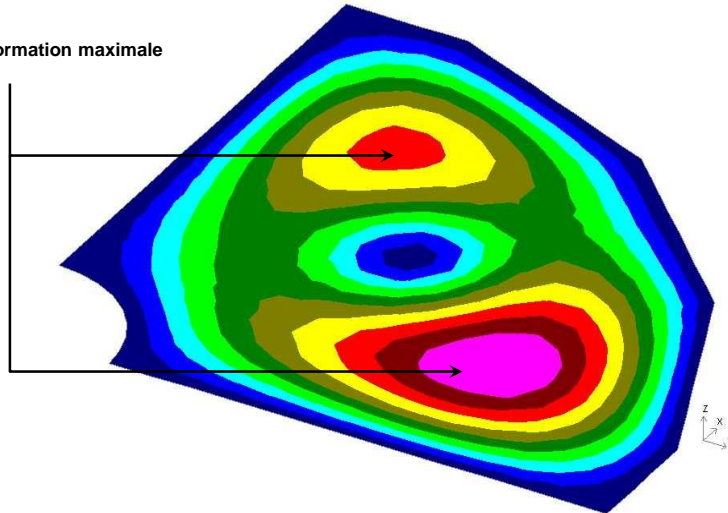
P.32

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Calcul avec point central

Déformation maximale



Jean Peyré

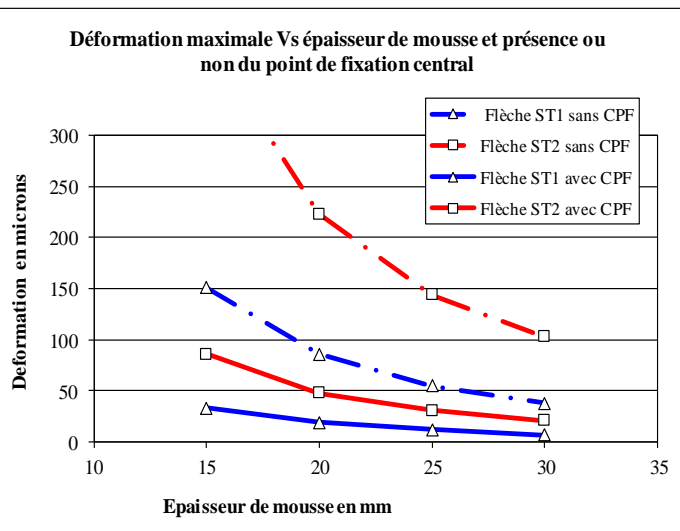
P.33

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Addition du point central(CPF)

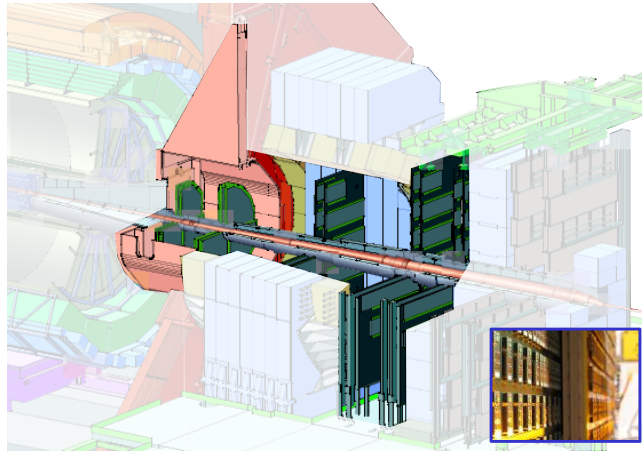
Déformation maximale Vs épaisseur de mousse et présence ou non du point de fixation central



Jean Peyré

P.34

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



III - Electronique - DAQ



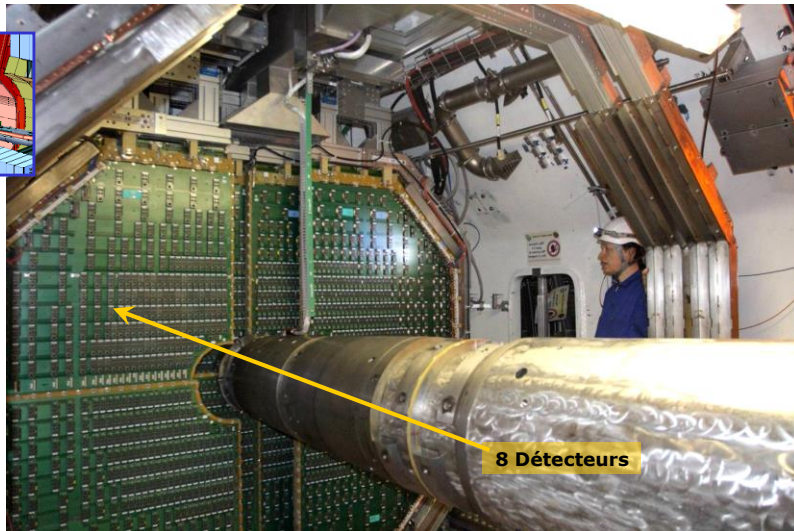
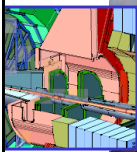
Jean Peyré

P.35

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Electronique de lecture



8 Détecteurs



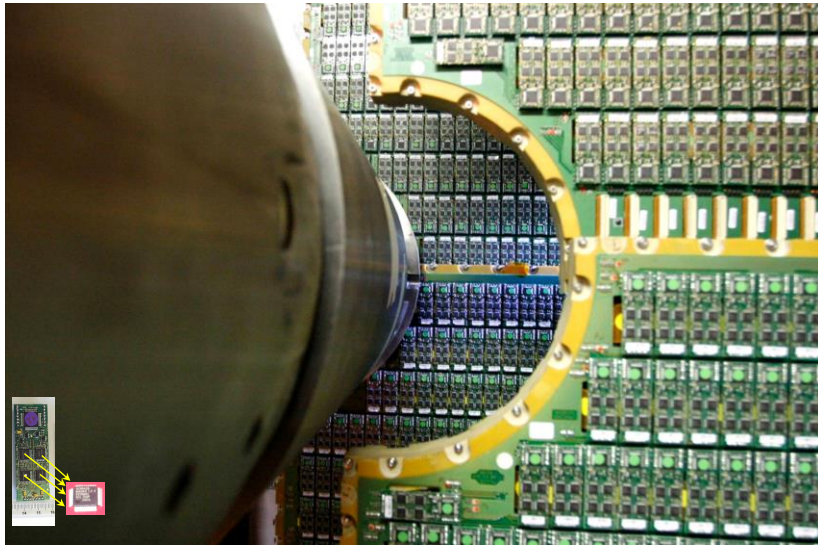
Jean Peyré

P.36

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Electronique de lecture



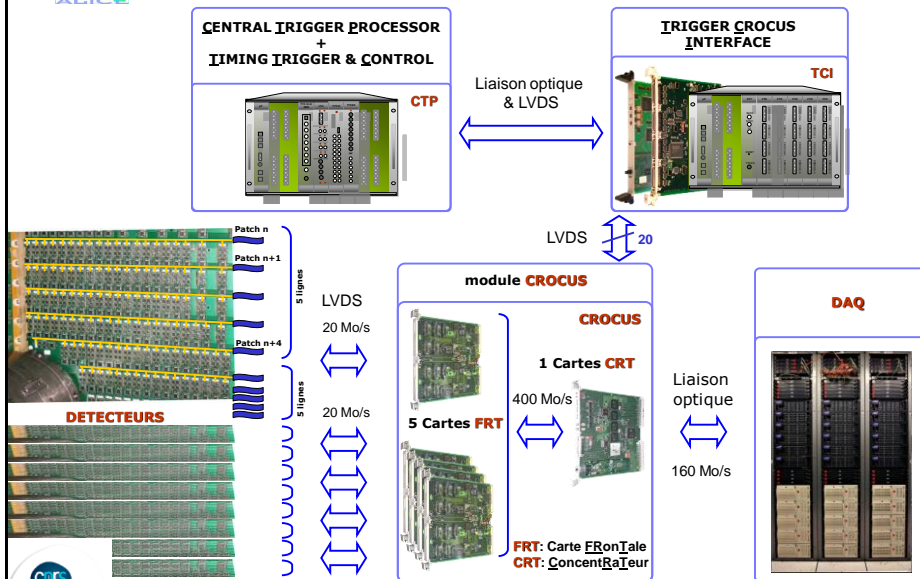
Jean Peyré

P.37

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



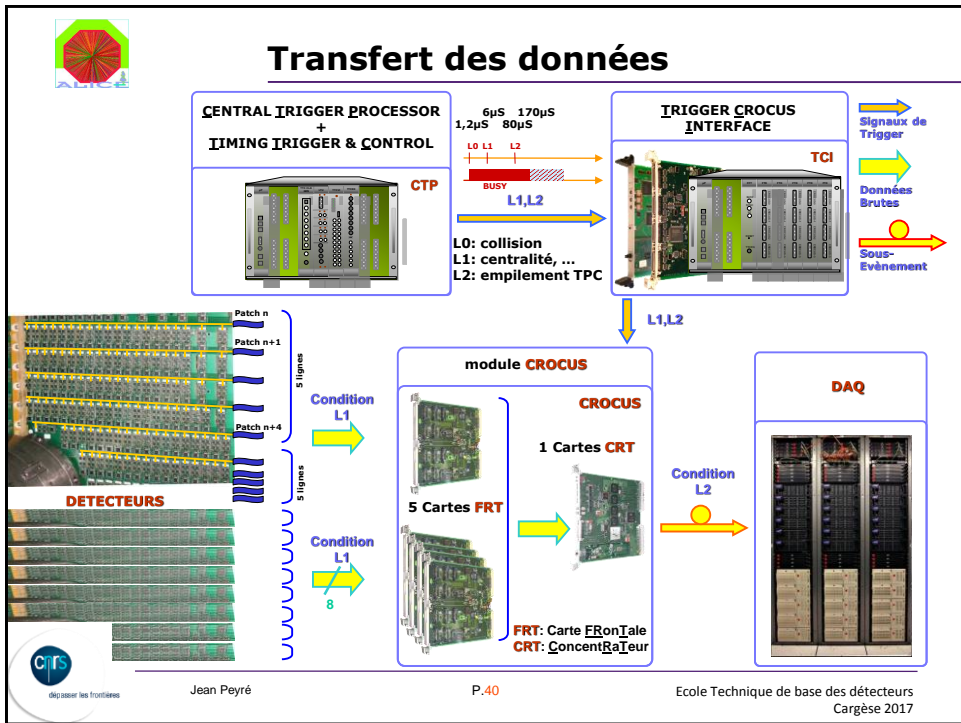
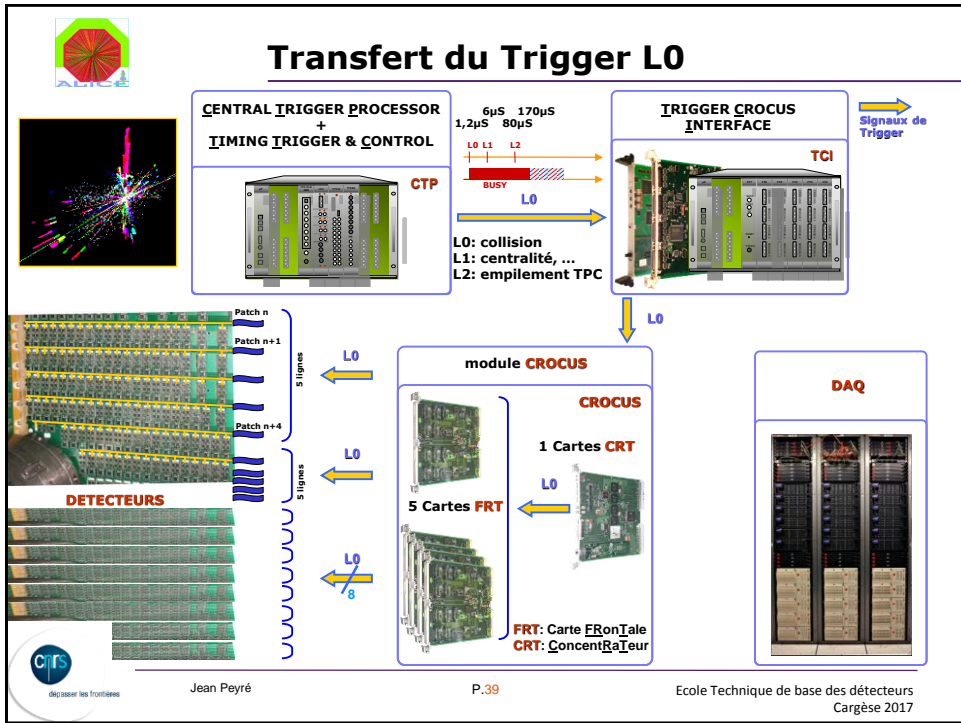
Principe de lecture des détecteurs



Jean Peyré

P.38

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017





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



Jean Peyré

P.41

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception des ASIC

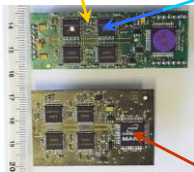


Cartes frontales
Spectromètre Dimuon

ASIC analogique (Kolkata)

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

ST1-2



ASIC numérique (Cagliari)

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

ST3-4-5



Jean Peyré

P.42

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



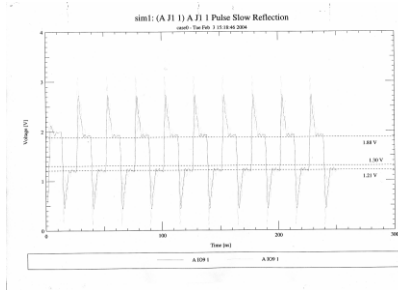
Conception des circuits imprimés

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

P.43

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

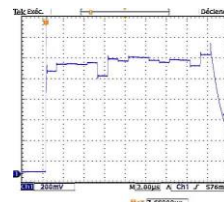
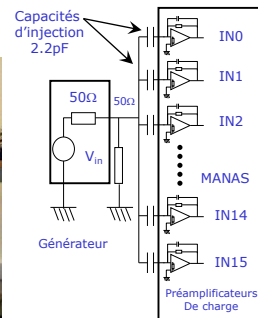
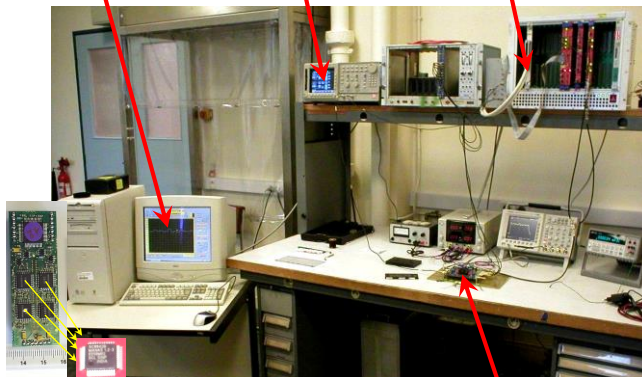


Banc de test pour ASICs frontaux

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



Jean Peyré

P.44

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



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

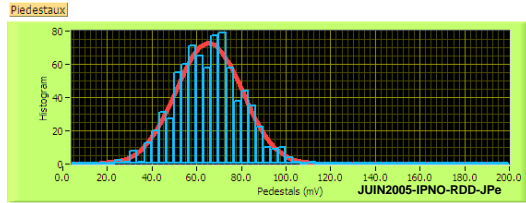
Nbre Gassiplex trouvés
50

Nbre Gassiplex bons
50

Nbre Gassiplex bons Ped
50

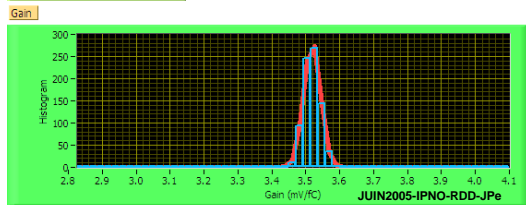
Nbre Gassiplex bons Gain
50

Valeur calcul du gain (fC)
1200



Pedestals (mV) 65.73 moyenne

Histogram



Gain (mV/fC) 3.52 moyenne

Histogram 0.66 écart-type (%)



Jean Peyré

P.45

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Gain & distribution piédestaux

MANAS 2005

•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

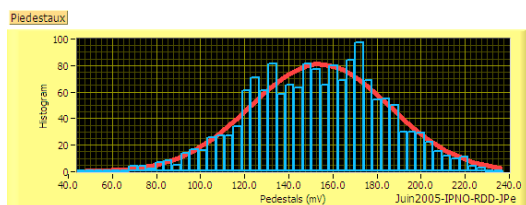
Nbre Manas trouvés
100

Nbre Manas bons
48

Nbre Manas bons Ped
87

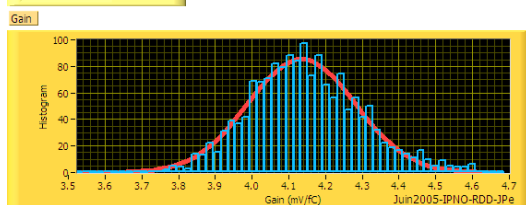
Nbre Manas bons Gain
56

Valeur calcul du gain (fC)
1200



Pedestals (mV) 153.08 moyenne

Histogram



Gain (mV/fC) 4.15 moyenne

Histogram 4.35 écart-type (%)



Jean Peyré

P.46

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

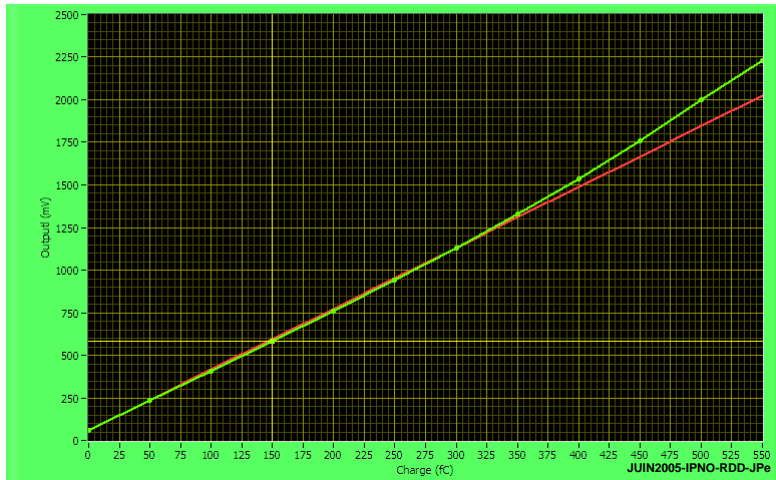


Linéarité

GASSIPLEX 0.7-3

Exemple Gassiplex #27 voie 12

voie 12 # Gassiplex 27



Jean Peyré

P.47

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

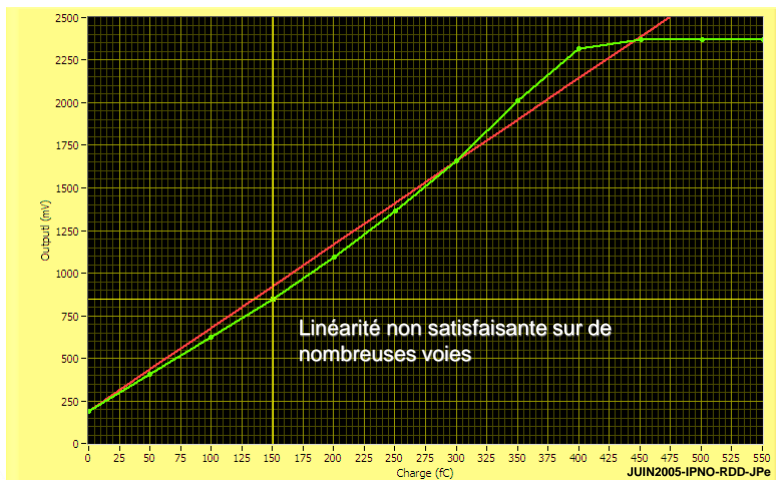


Linéarité

MANAS 2005

Exemple MANAS #3 voie 12 fourni en juin 2005

voie 12 # Manas 3



Jean Peyré

P.48

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

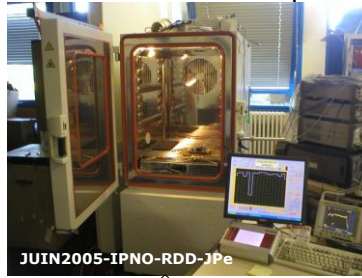


Variation du gain avec la température

Tests réalisés en enceinte climatique sur Gassiplex à 50%HR

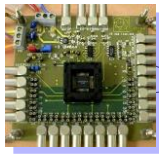
GASSIPLEX 0.7-3

enceinte climatique RDD



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

JUIN2005-IPNO-RDD-JPe



Banc de tests CERN/RDD

Cartes RDD

Gassiplex0.7-3 2002



2002 Cartes Manu



Jean Peyré

P.49

Ecole Technique de base des détecteurs Cargèse 2017



Variation du gain avec la température

Tests réalisés en enceinte climatique sur Manas à 50%HR

MANAS 2005

enceinte climatique RDD



JUIN2005-IPNO-RDD-JPe



Banc de tests RDD

Manas 2005



2005 Manu Card



IPNO-RDD-Jean Peyré

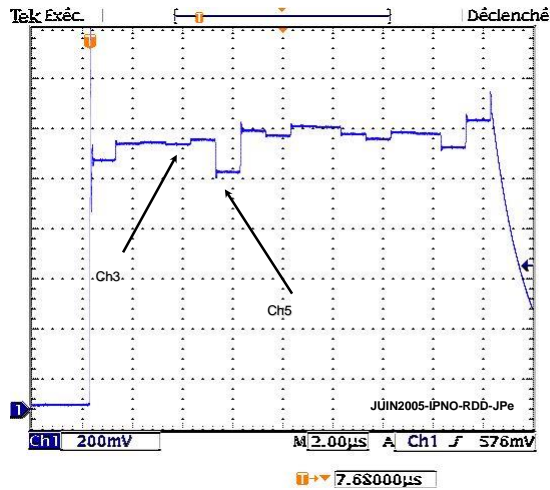
Jean Peyré

P.50

Ecole Technique de base des détecteurs Cargèse 2017



Tests à 22°C sur Chip Manas M5



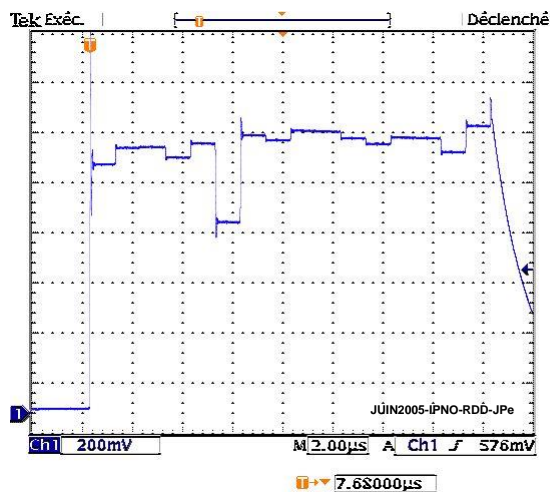
Jean Peyré

P.51

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 24°C sur Chip Manas M5



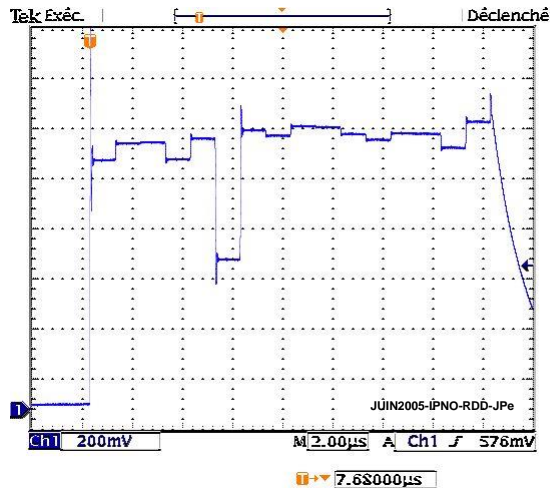
Jean Peyré

P.52

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 26°C sur Chip Manas M5



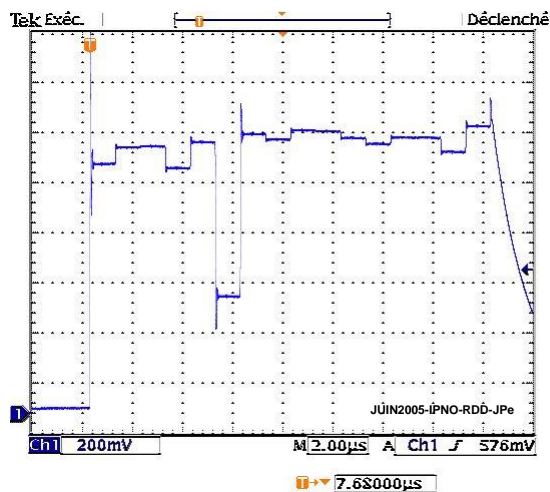
Jean Peyré

P.53

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 28°C sur Chip Manas M5



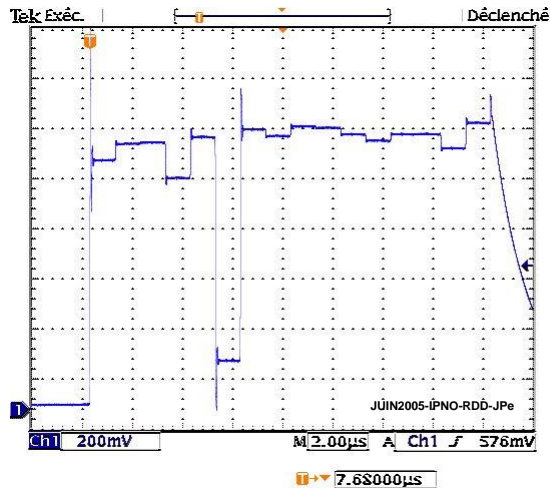
Jean Peyré

P.54

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 30°C sur Chip Manas M5



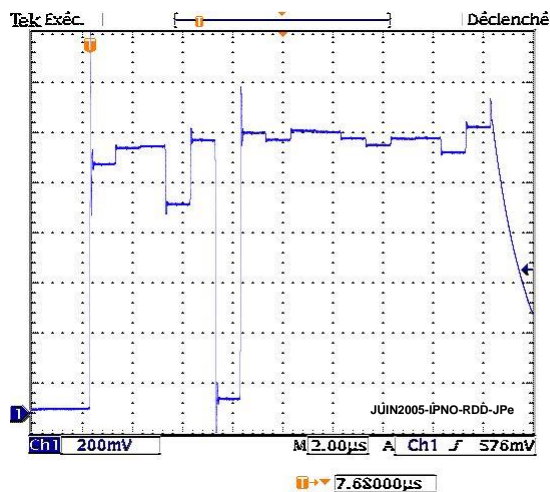
Jean Peyré

P.55

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 32°C sur Chip Manas M5



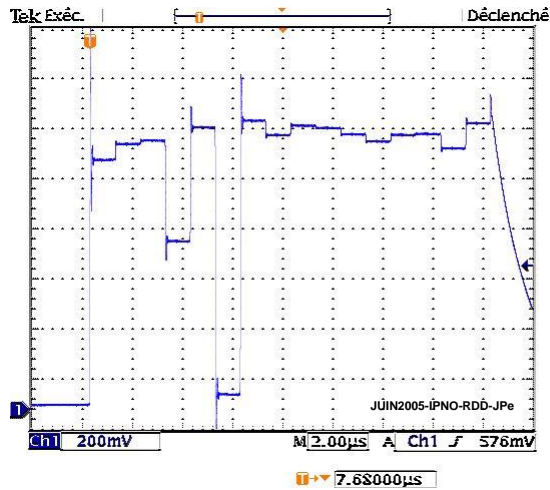
Jean Peyré

P.56

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 34°C sur Chip Manas M5



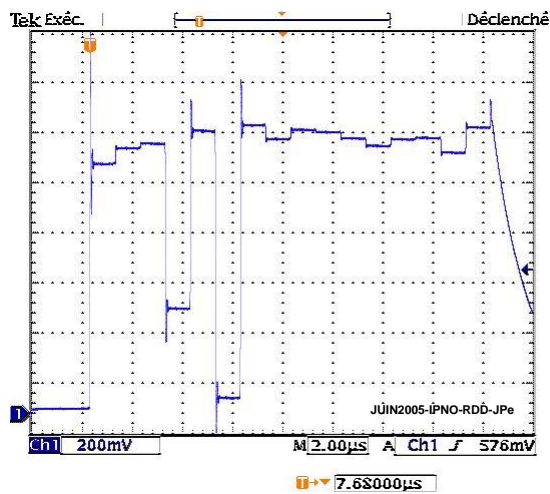
Jean Peyré

P.57

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 36°C sur Chip Manas M5



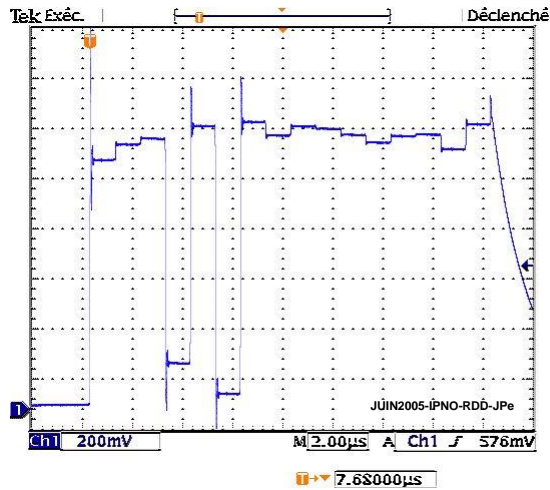
Jean Peyré

P.58

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 38°C sur Chip Manas M5



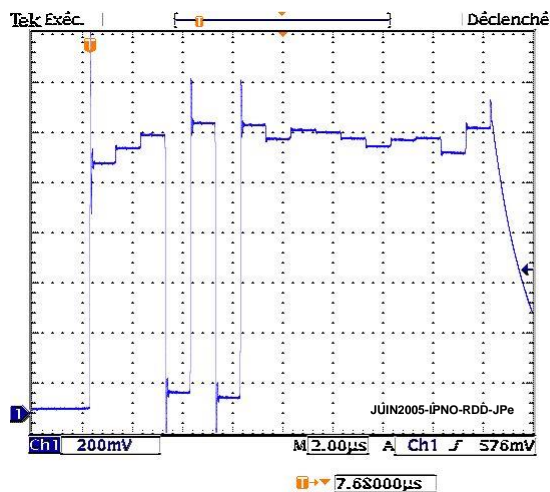
Jean Peyré

P.59

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests à 40°C sur Chip Manas M5



Jean Peyré

P.60

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



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



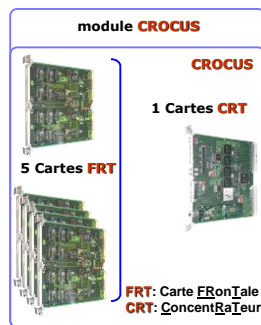
Jean Peyré

P.61

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Programmation des composants numériques de CROCUS



Jean Peyré

P.62

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Programmation des composants numériques

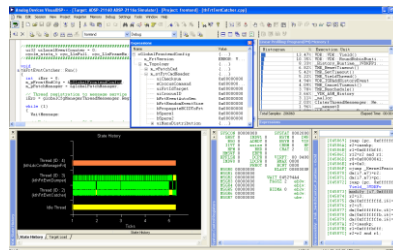
- Ecriture des codes Verilog ou VHDL pour les FPGA ou C++ pour les DSP
- Simulations
- Compilation avec pour cible un composant défini
- Implantation physique du code dans le composant réel



DSP

Ecriture code C++

Historique temporel



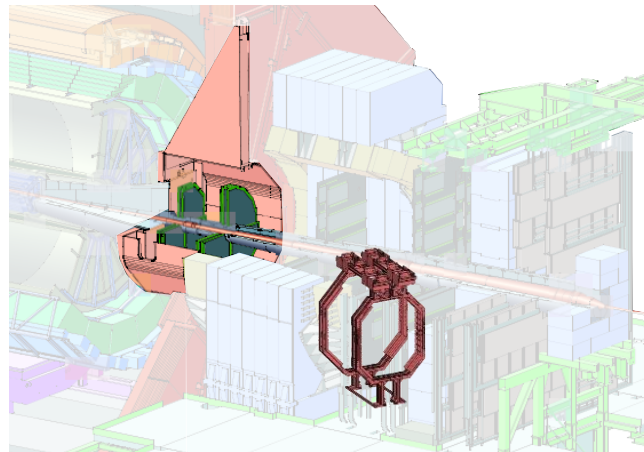
Suivi code assemblé



Jean Peyré

P.63

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



IV - Calcul des Supports ST1 & ST2



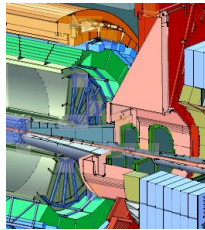
Jean Peyré

P.64

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



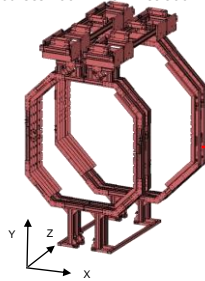
Conception des supports de ST1 & ST2



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

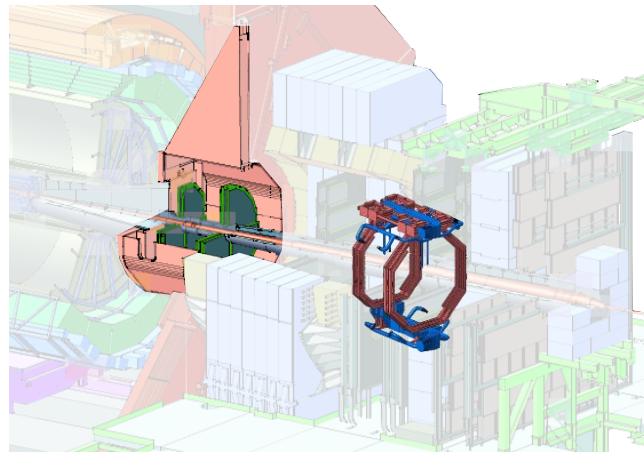
- Déplacements des supports dans 2 directions
- Contacts réguliers avec les collègues de Calcutta
- Calculs de RDM de chaque supports (ST1 et ST2) et des rails
- Suivi de dossier en fabrication (société NORCAN)
- Montage des supports à Orsay & au CERN



Jean Peyré

P.65

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



V - Refroidissement



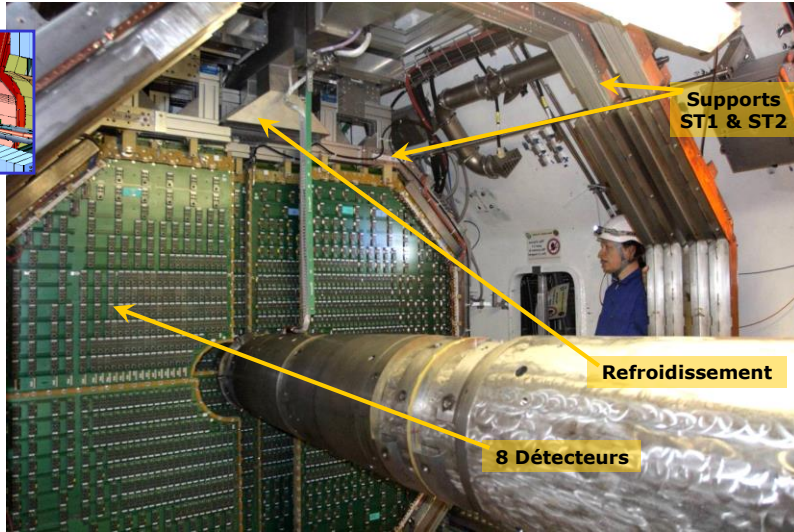
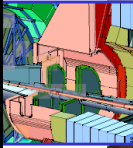
Jean Peyré

P.66

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Refroidissement



Supports
ST1 & ST2

Refroidissement

8 Détecteurs



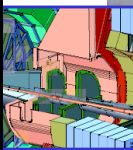
Jean Peyré

P.67

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Refroidissement



Jean Peyré

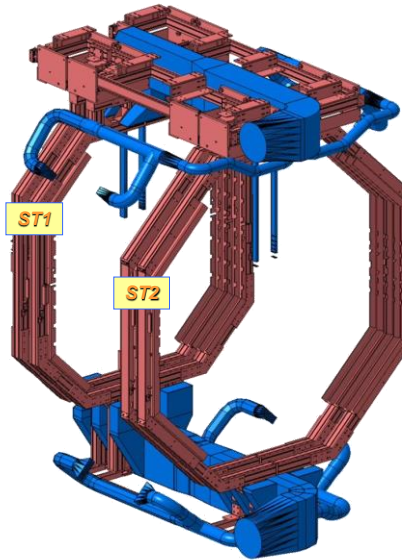
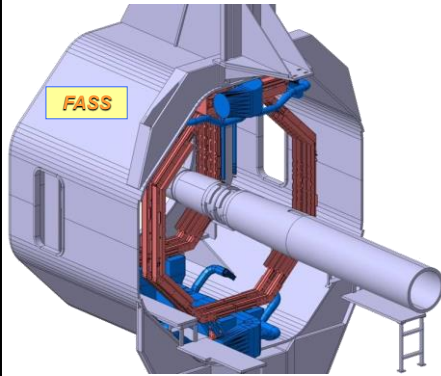
P.68

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

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



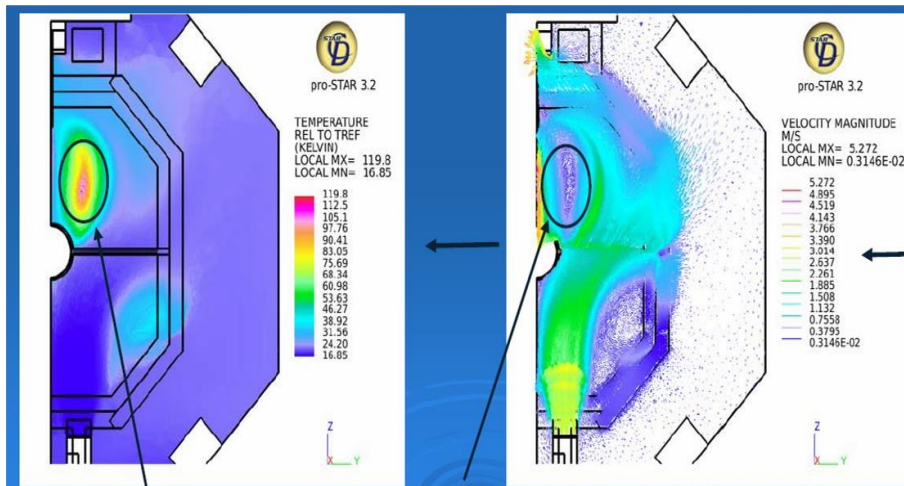
Jean Peyré

P.69

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



1998 - Des simulations inquiétantes



T=120°C !!!!!

V=0 m/s




Jean Peyré


P.70

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

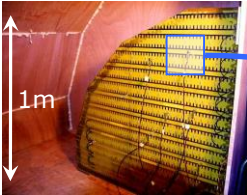
Modélisation d'une maquette à l'échelle 1



1,8m




¼ FASS

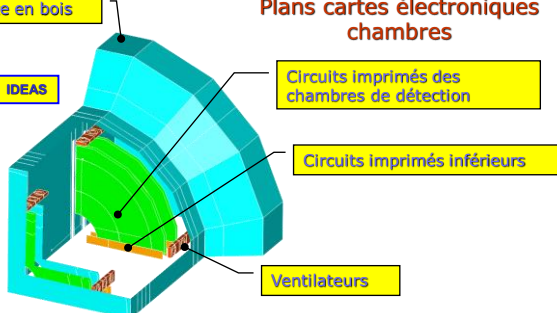


1m

Plans cartes électroniques chambres



Capteur température




Enceinte en bois

IDEAS

Circuits imprimés des chambres de détection

Circuits imprimés inférieurs

Ventilateurs



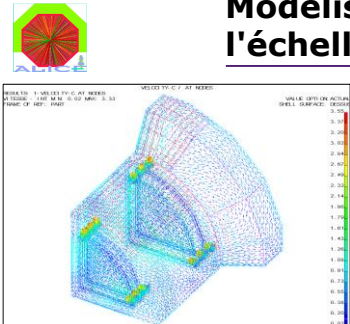
disposer les frontières

Jean Peyré

P.71

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

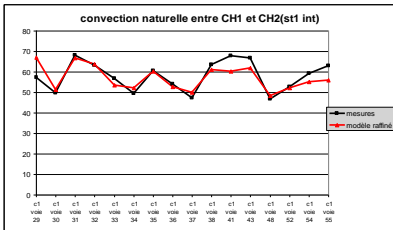
Modélisation d'une maquette à l'échelle 1



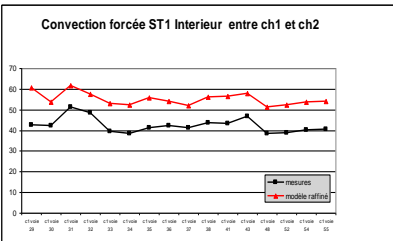
convection mixte


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.

convection naturelle entre CH1 et CH2(st1 int)



convection forcée ST1 Interieur entre ch1 et ch2






disposer les frontières

Jean Peyré

P.72

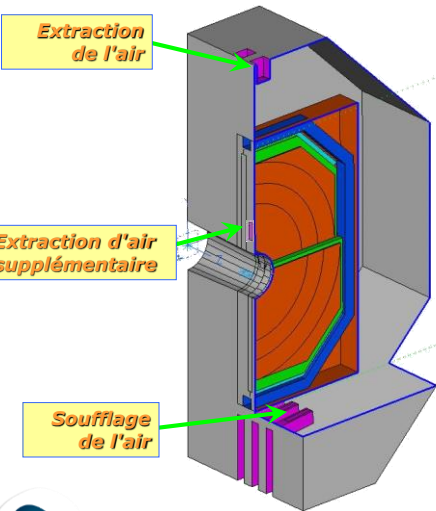
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

Conception du système de refroidissement



IDEAS

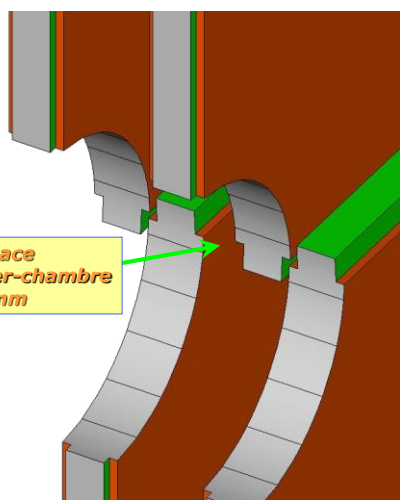
Modélisation de la station1




Extraction de l'air

Extraction d'air supplémentaire

Soufflage de l'air



Espace inter-chambre 40mm




disposer les frontières

Jean Peyré

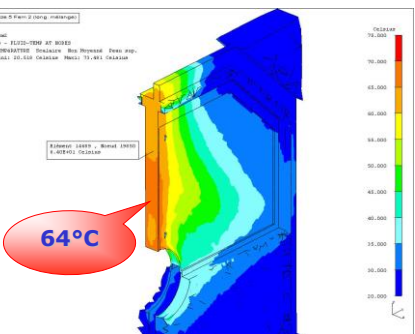
P.73

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

Conception du système de refroidissement



Modélisation de la station1

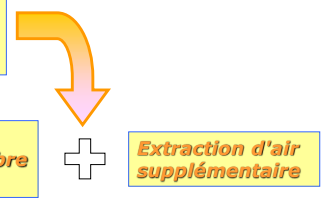


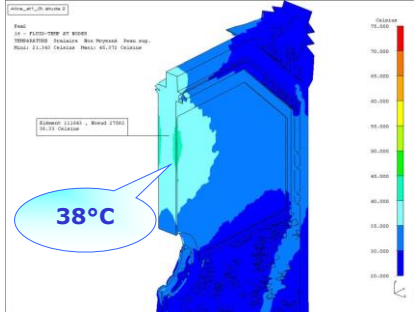
64°C

Espace inter-chambre 0mm


Espace inter-chambre 40mm

Extraction d'air supplémentaire





38°C



disposer les frontières

Jean Peyré

P.74

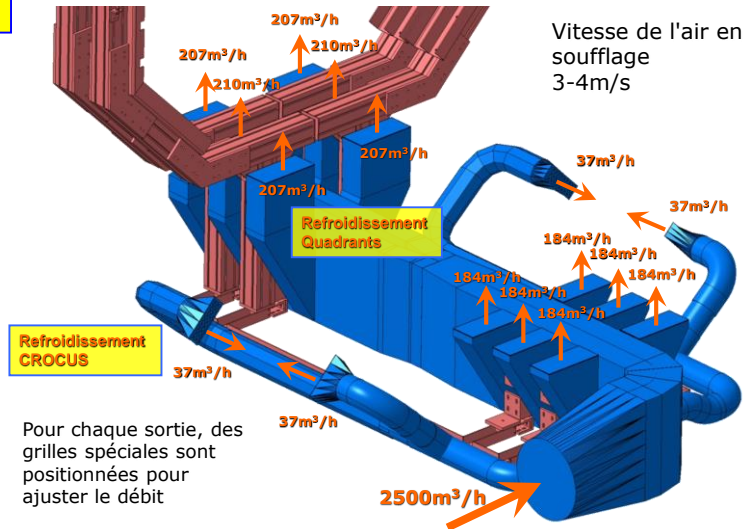
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



FISADUCT
+
AUTOCAD

Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Soufflage de l'air



Jean Peyré

P.75

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Soufflage de l'air



Jean Peyré

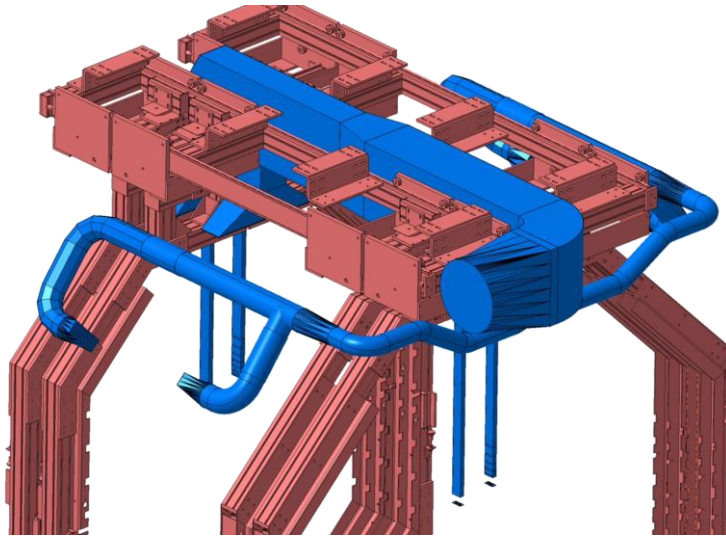
P.76

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Extraction de l'air



Jean Peyré

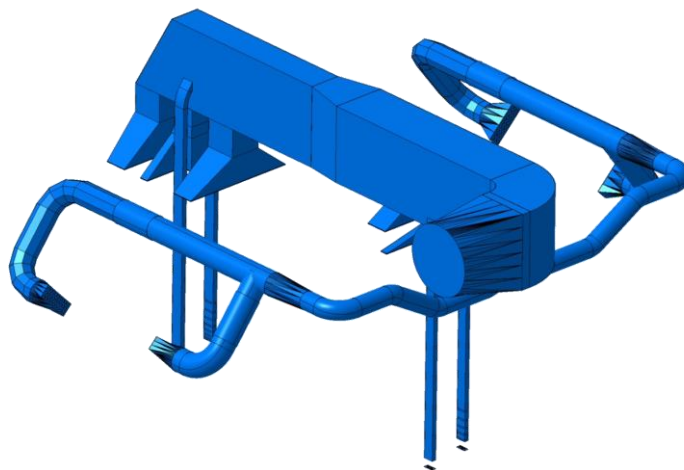
P.77

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Extraction de l'air



Jean Peyré

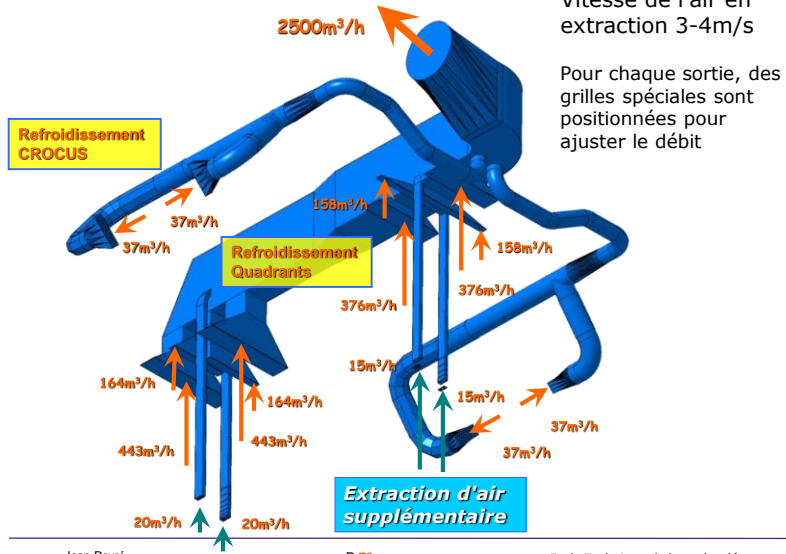
P.78

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Extraction de l'air



Jean Peyré

P.79

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Extraction de l'air



Jean Peyré

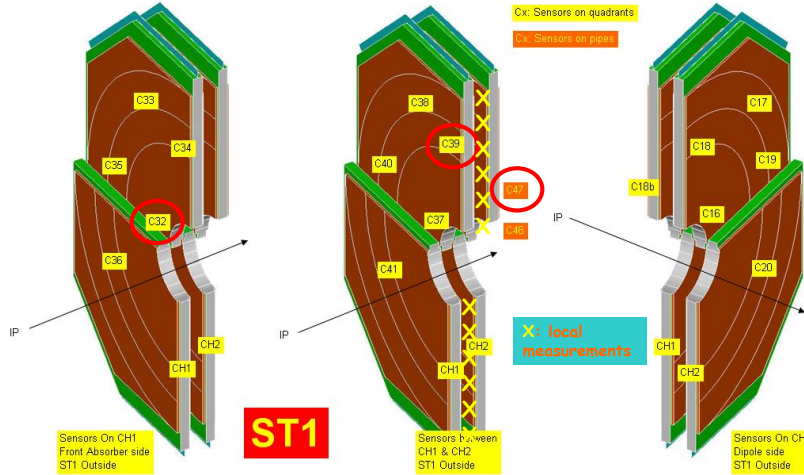
P.80

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Position des capteurs de T°C pour ST1



Jean Peyré

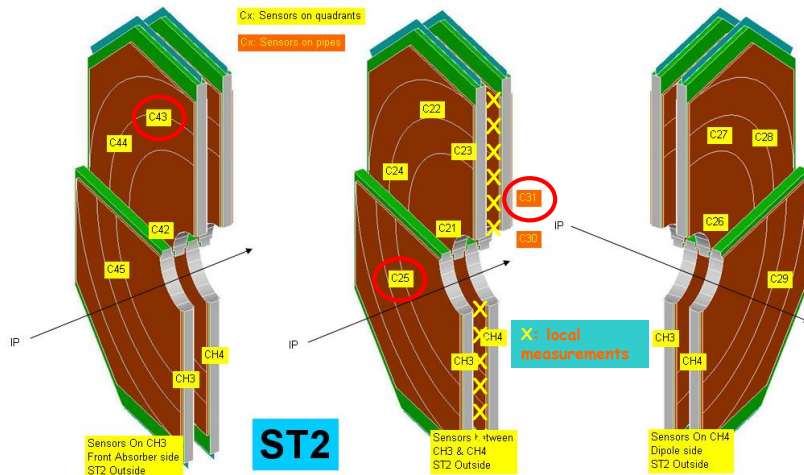
P.81

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Position des capteurs de T°C pour ST2



Jean Peyré

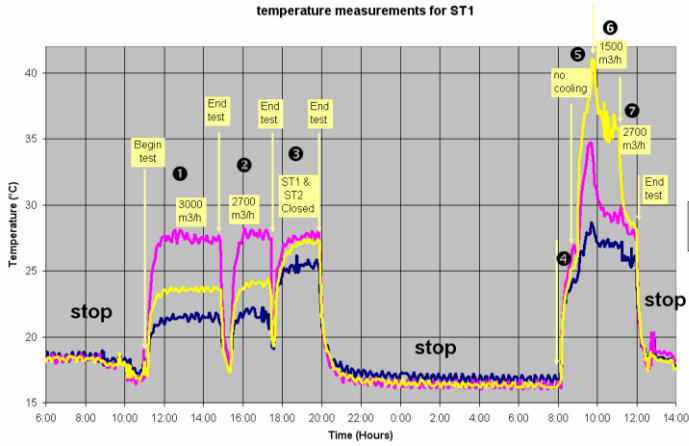
P.82

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2

Résultats des mesures



Température Max de l'air à débit nominal (3000 m³/h): <30°C
 Température Max de l'air en cas de maintenance (1500 m³/h): 36°C
 Température Max de l'air sans refroidissement: ?



Jean Peyré

P.83

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Conception du système de refroidissement – ST1 & ST2



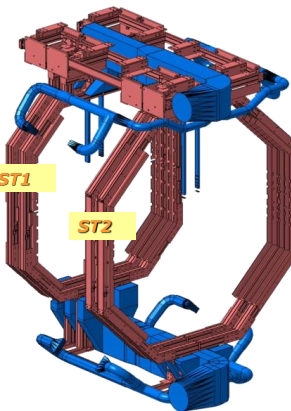
T=120°C !!!!!

64°C

- > Augmentation de la distance entre détecteurs 0->40mm
- > Pipettes d'aspiration

38°C

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



>Températures mesurées < 30°C pour simulations à 38°C

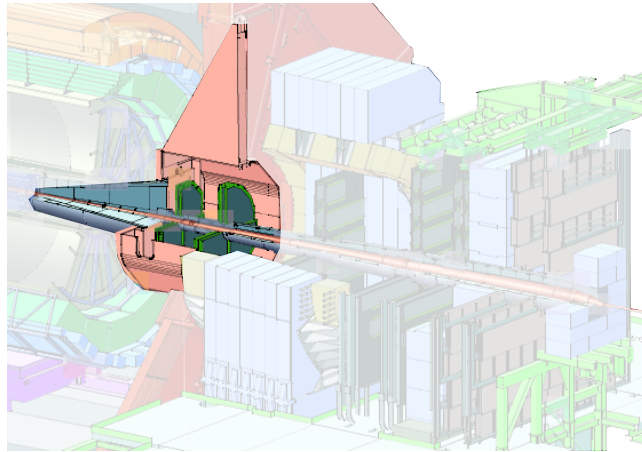


IDEAS

Jean Peyré

P.84

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



VI - Calcul du FASS



Jean Peyré

P.85

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Installation du FASS



FASS =
11m haut
& 24t



Jean Peyré

P.86

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

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
P.87
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

Calcul de la structure porteuse de l'absorbeur

SAMCEF

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

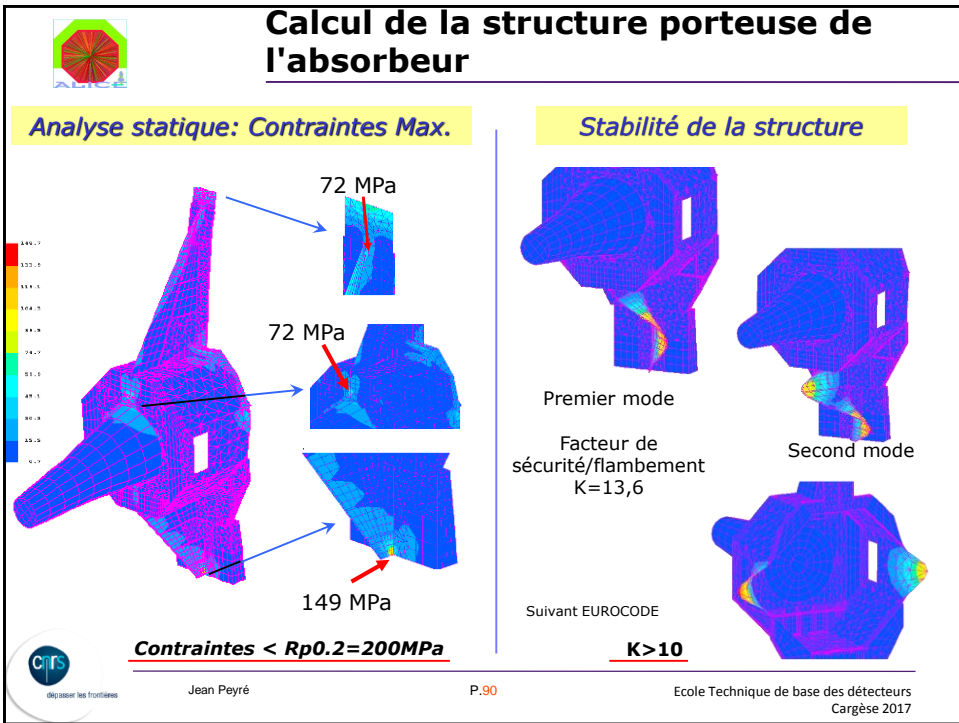
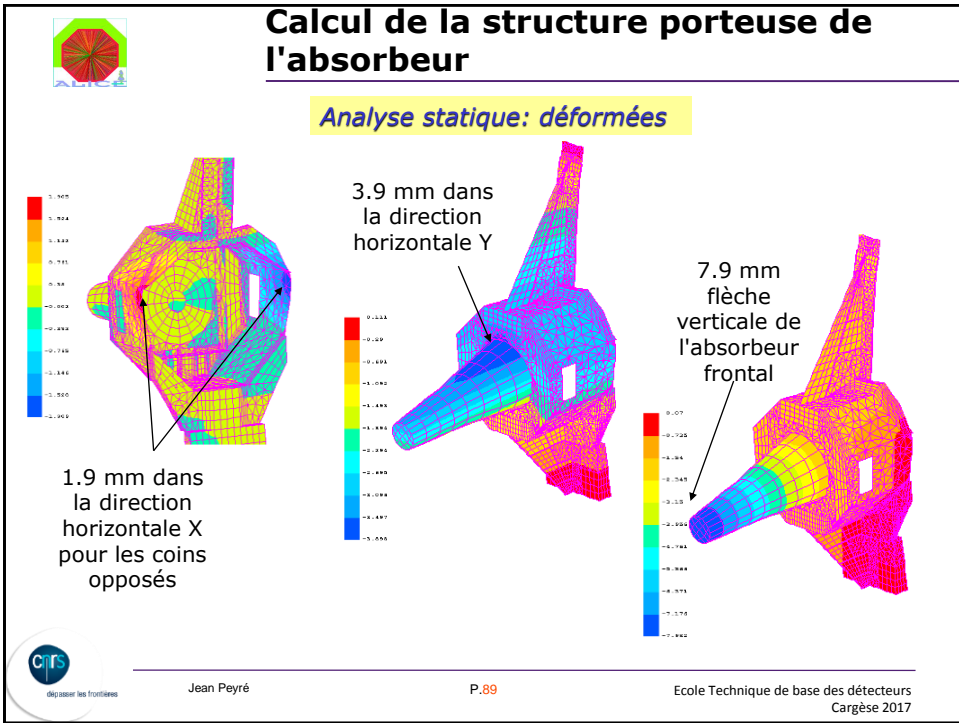
6800 éléments

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
P.88
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017





Calcul de la structure porteuse de l'absorbeur

Calculs dynamiques

Analyse modale:

mode fondamental \Leftrightarrow 2,9Hz

(déplacement latéral du nez de l'absorbeur - torsion du FASS selon Z)

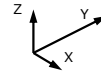
Mode n°2 \Leftrightarrow 6Hz

(déplacement vertical de l'absorbeur en phase avec le FASS)

Autres modes jusqu'à la fréquence de coupure à **34 Hz**

Réponse à un séisme:

Le CERN est en zone sismique modérée (zone Ib):



Probabilité d'occurrence par an	Magnitude (échelle de Richter)	Accélération équivalente	Accélérations induites	Déplacements induits	Contraintes induites (Séisme + Statique)
10^{-3} /an	6,1	1,5 m/s²	X=8m/s ² Y=5,6m/s ² Z=7,5m/s ² (Nez absorbeur)	X=18mm Y=5,6mm Z=3,2mm (Nez absorbeur)	Bas pied 191 MPa Interface FASS 145 MPa
10^{-2} /an (1)	5,5	0,7 m/s²		X=9mm	

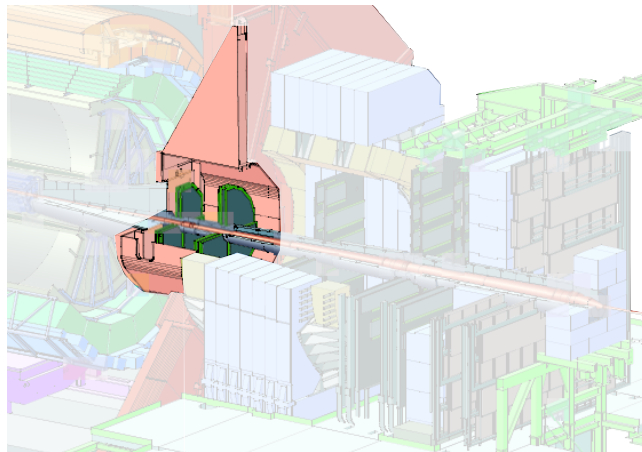
\Leftrightarrow (1): sur 20 ans, probabilité d'occurrence de 20%



Jean Peyré

P.91

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



VII - Ingénierie système



Jean Peyré

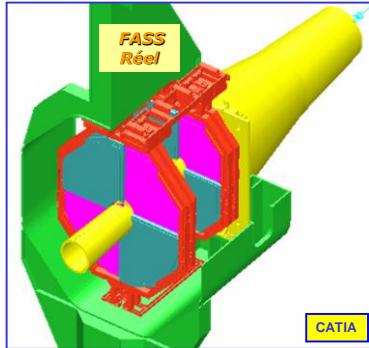
P.92

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

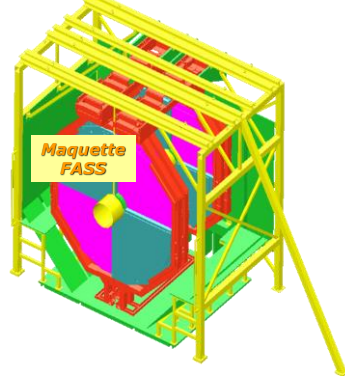


Integration de ST1 & ST2

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



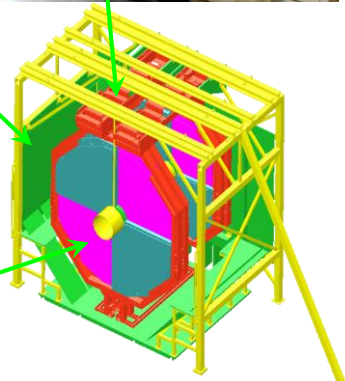
Jean Peyré

P.93

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2



HALL IN2P3



Jean Peyré

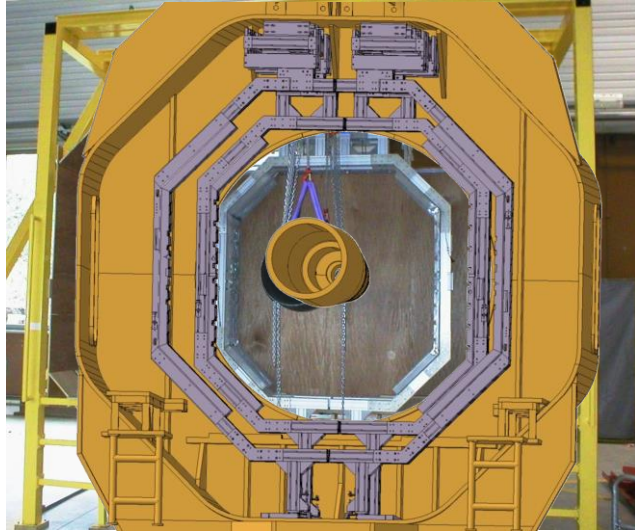
P.94

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2

Montage de la maquette du tuyau de faisceau



Jean Peyré

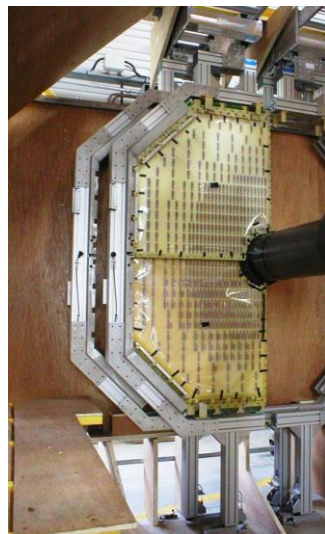
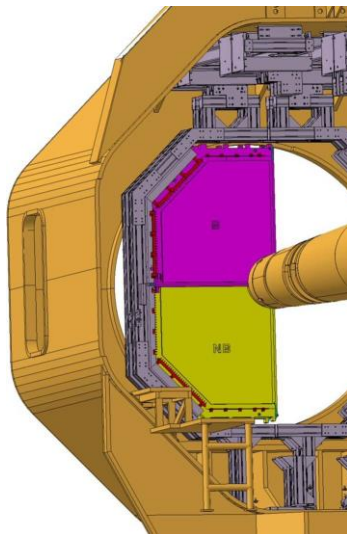
P.95

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2

Montage des vraies chambres



Jean Peyré

P.96

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Tests de montage de ST1 & ST2

Manipulation & fixation des supports de ST1 & ST2



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



Jean Peyré

P.97

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Montage de ST1 & ST2 au CERN

Vérification de la CAO !!!!!



Jean Peyré

P.98

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Montage de ST1 & ST2 au CERN



Après 3 semaines de travail....



Jean Peyré

P.99

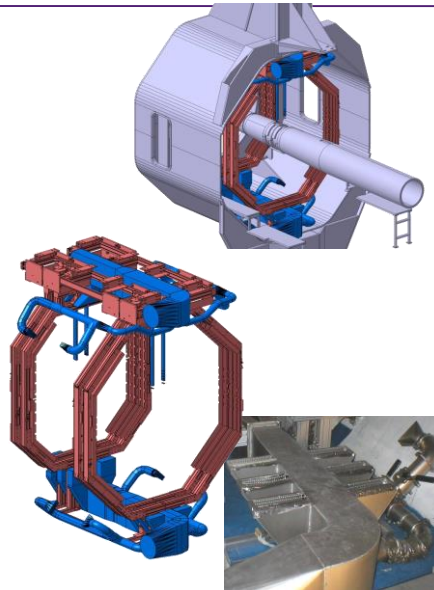
Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Montage de ST1 & ST2 au CERN



6 semaines plus tard....



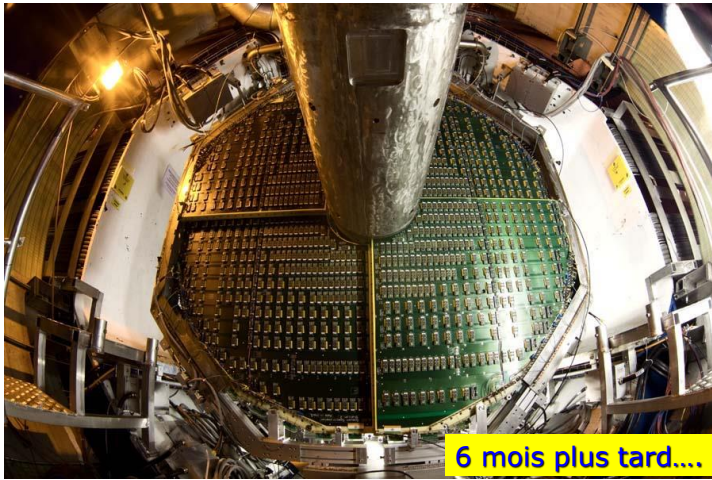
Jean Peyré

P.100

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Montage de ST1 & ST2 au CERN



6 mois plus tard....



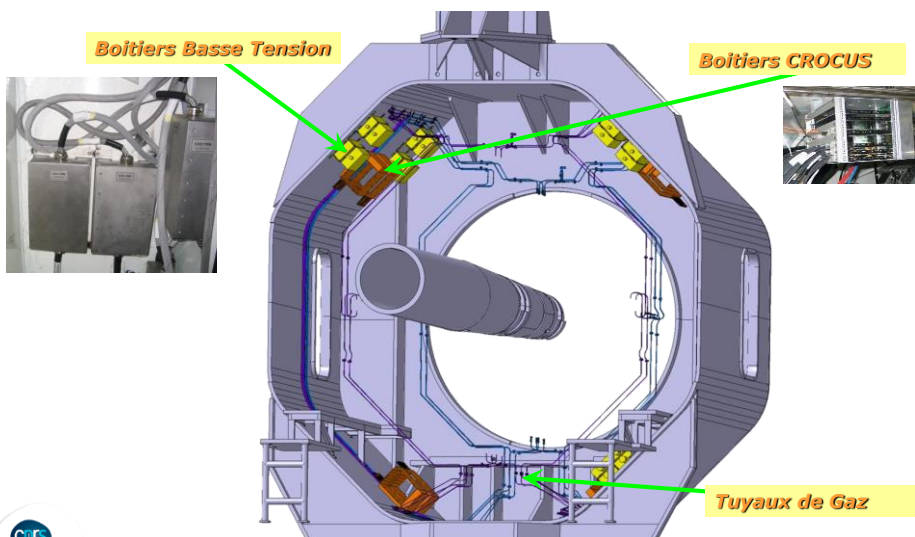
Jean Peyré

P.101

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2



Jean Peyré

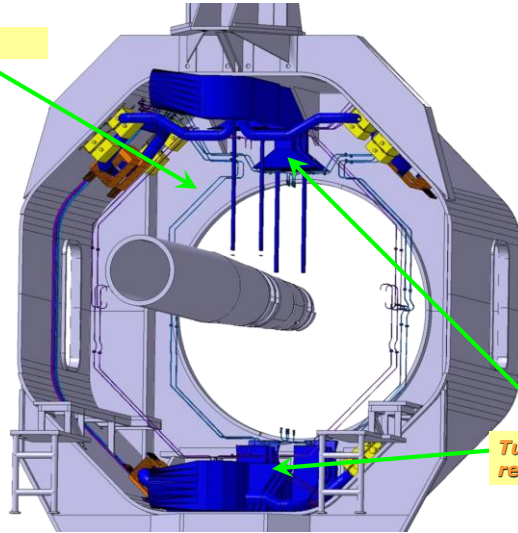
P.102

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2

Tuyaux de Gaz



Tuyaux de refroidissement



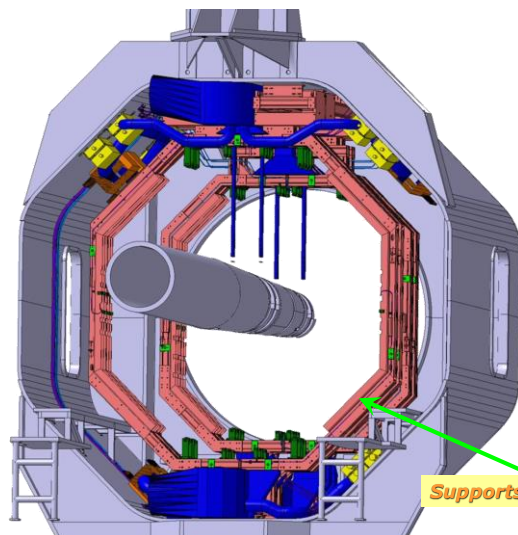
Jean Peyré

P.103

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2



Supports ST1 & ST2



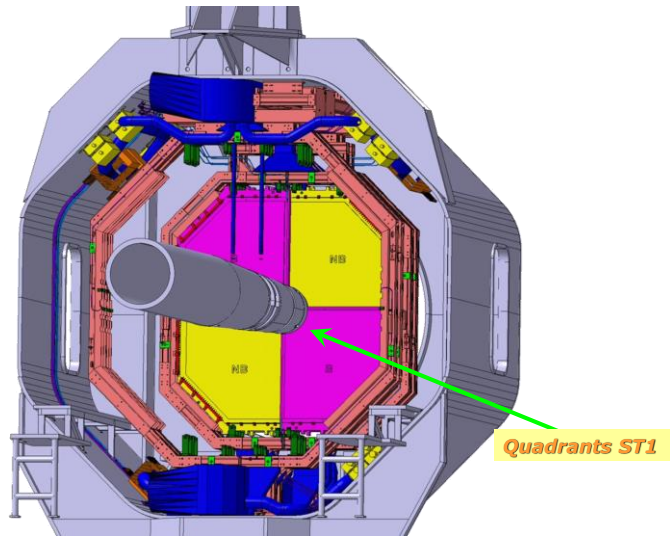
Jean Peyré

P.104

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2



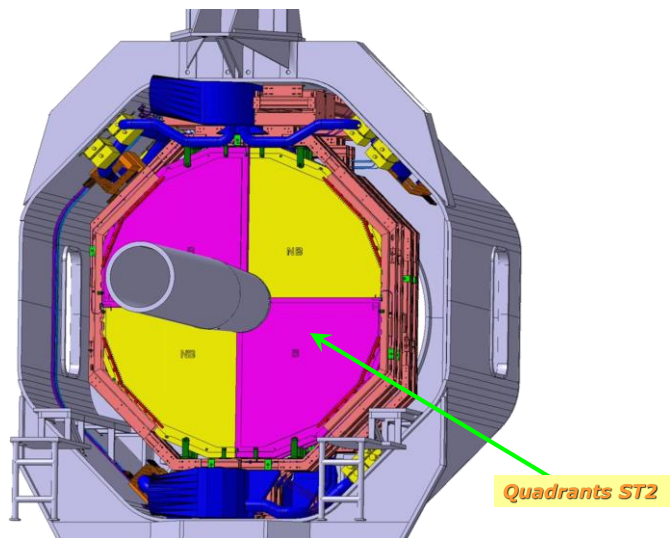
Jean Peyré

P.105

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2



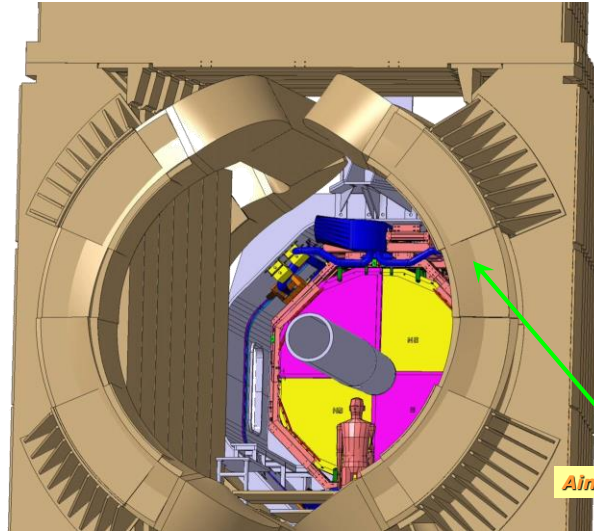
Jean Peyré

P.106

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2



Aimant Dipolaire



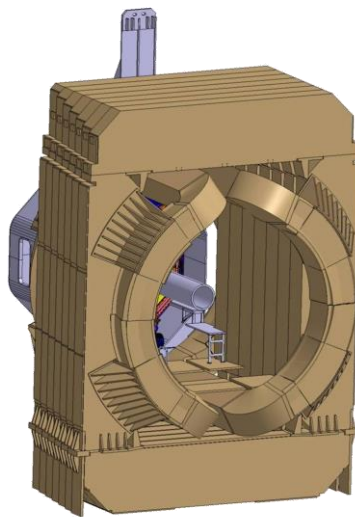
Jean Peyré

P.107

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017



Integration de ST1 & ST2

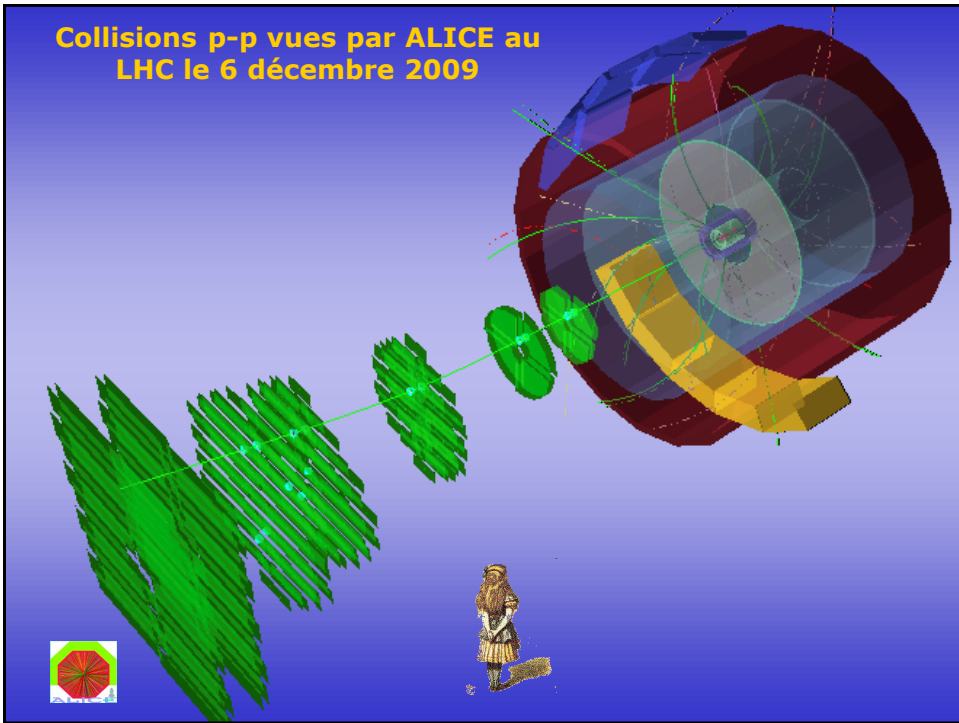


Jean Peyré

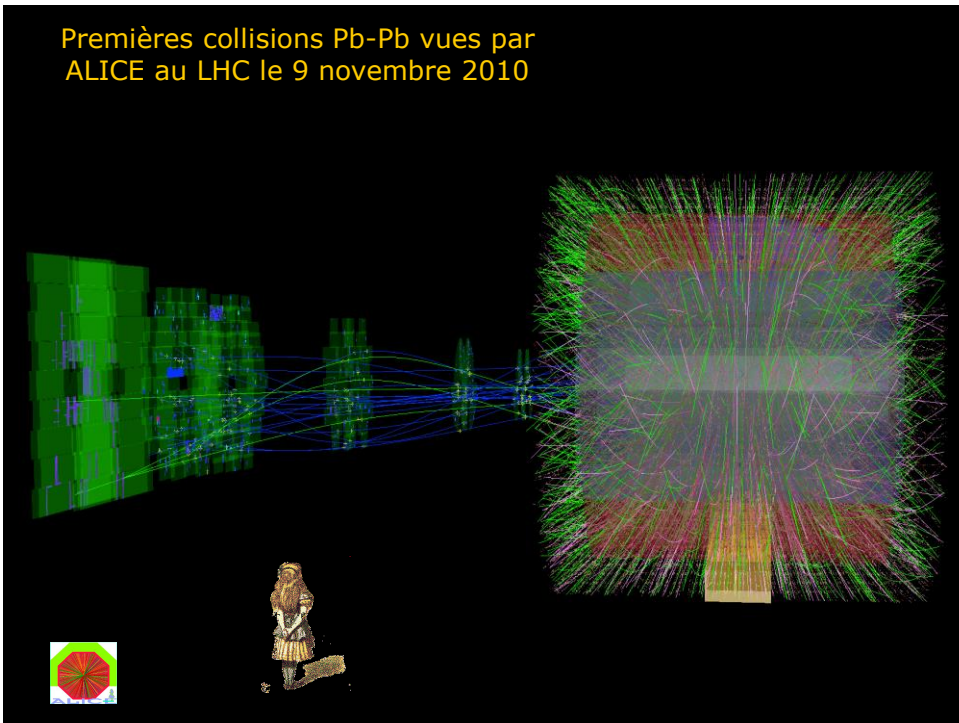
P.108

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017

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





Jean Peyré

P.111

Ecole Technique de base des détecteurs
Cargèse 2017