

Le scanning dans OPERA

Développements au laboratoire de LYON (IPNL)



au programme...

- **les émulsions nucléaires dans OPERA**
- **Le scanning dans OPERA – labo de Lyon**
- **Procédure de scan et problèmes rencontrés...**
- **Analyses en cours**

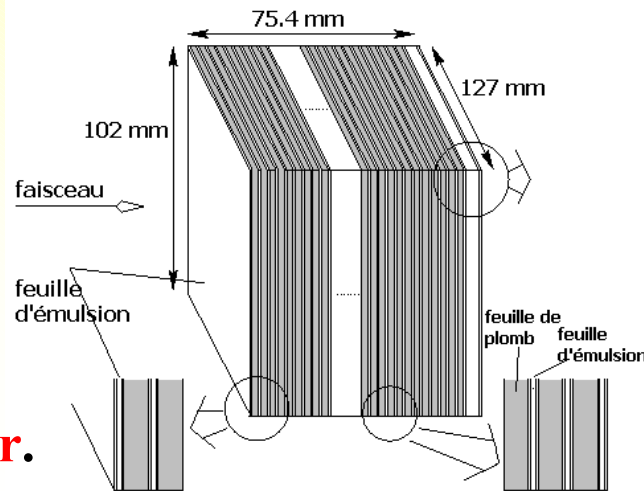


Les émulsions nucléaires dans OPERA

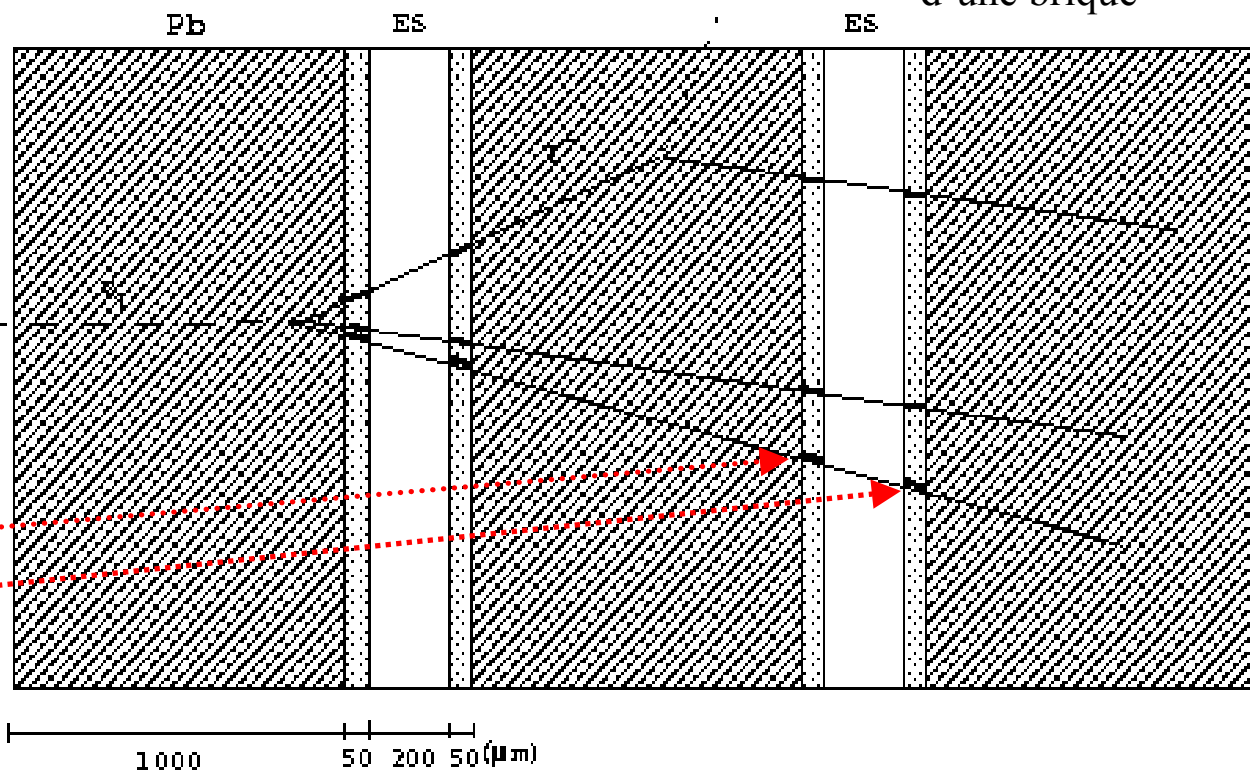
Structure de la cible:

1 brique = 57 émulsions et 56 feuilles de plomb alternées.

• Il y aura **206 336 briques**.
Scanning = ~30 / jours pendant 5 ans
→ ~30 000 briques à scanner.



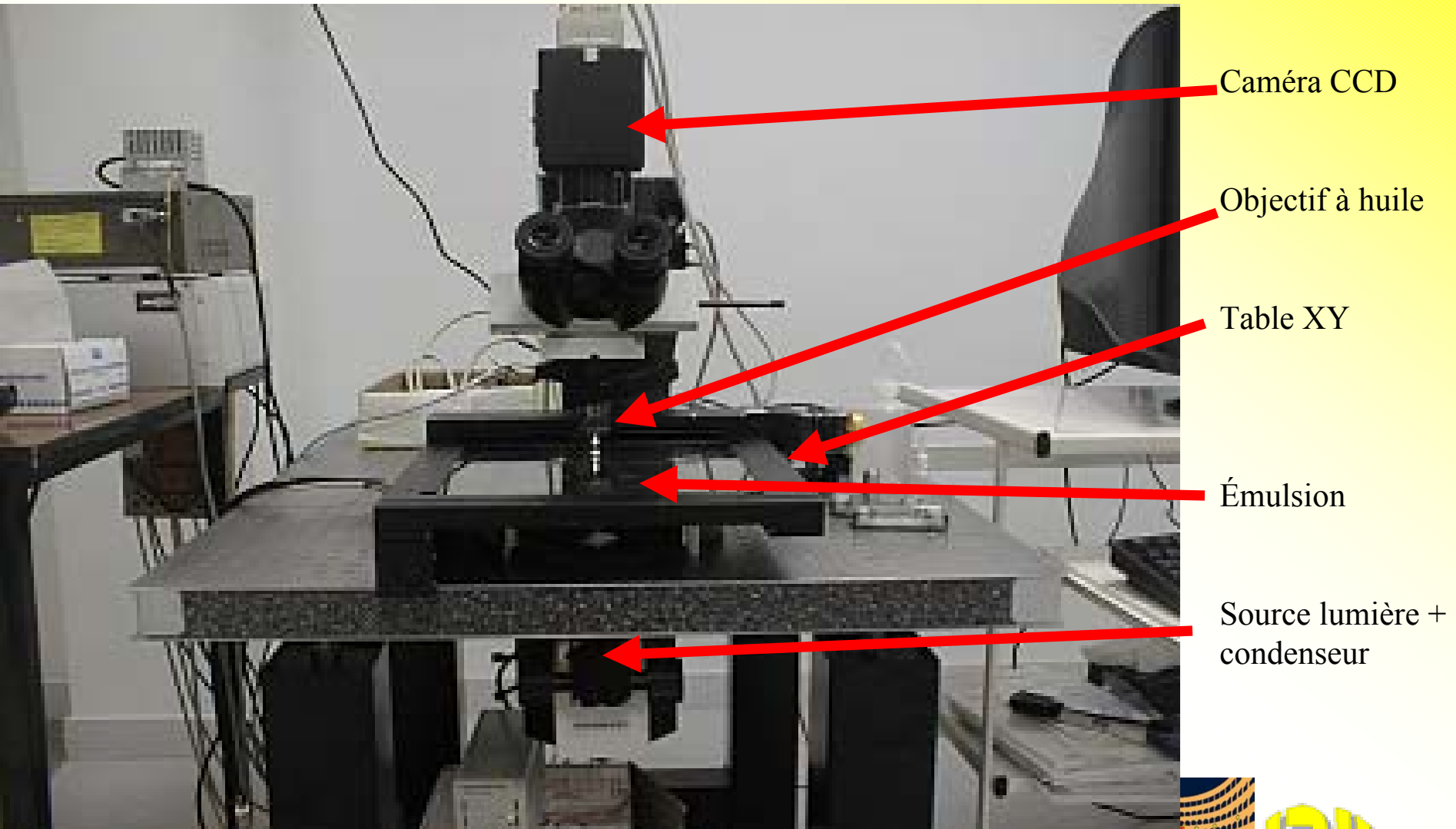
↑ Emballage
« Origami »
d'une brique



Repérer un événement:

Micro-traces laissées dans les émulsions

table de scan à Lyon



Caméra CCD

Objectif à huile

Table XY

Émulsion

Source lumière +
condenseur

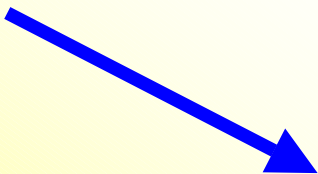


Exigences d'OPERA pour le scanning...

Rapidité

briques à scanner: environ 30/jour .

Rapidité attendue 20cm²/h (Japon + Europe)

- 
- **table X,Y,Z**, $V_{xy \max} = 3,5 \text{ cm/s}$ $V_{z \max} = 9 \text{ cm/s}$
 - **Caméra CCD** 20 fps (*jusqu'à 500 fps* à l'avenir). 1024 X 1024 pixels
 - **Carte d'acquisition** (MATROX) 133Mo/s
 - **Filtres électroniques** pour réduire le nombre de données à traiter et permettre de reconstruire + rapidement, en ligne, les traces en profondeur.



Exigences d'OPERA pour le scanning...

Résolution

Précision mécanique $< 0,1 \mu\text{m}$

Optique de précision (taille grain $\sim 0,3 \mu\text{m}$)



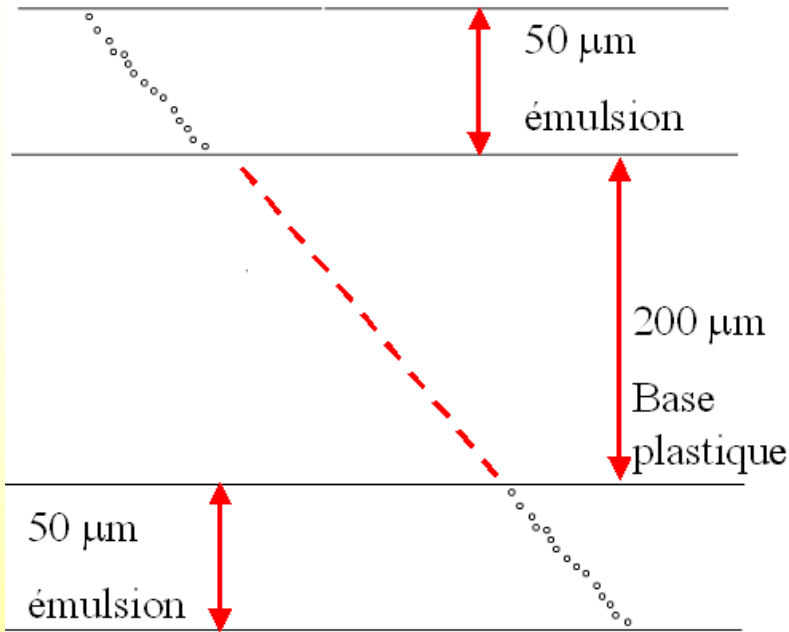
résolution intrinsèque des émulsions $0.09 \mu\text{m}$
(liée à la taille des pixels)

pour construire trace: $\sigma_x \sim 0,5 \mu\text{m}$

résolution angulaire: $\sigma_\theta \sim 2 \text{ mrad}$



Exigences d'OPERA pour le scanning...



Pour suivre une trace,

- voir les 2 couches d'émulsions (50 µm d'épaisseur)
- +distinguer les grains déposés (distance entre grains ~3 µm)



• **microscope** : NA=0,90 et **condenseur** NA=0,95 (Grossissement 50X soit : vues de 267X267 µm²)

→ la profondeur de champ est ~3 µm

• **Microscope en mouvement sur axe Z** (précision +/- 0,2µm)

• Utilisation d'un **objectif à immersion (huile)**
pour adaptation d'indice (indice émulsion ~1,5)
et ne pas perdre de la luminosité en profondeur.

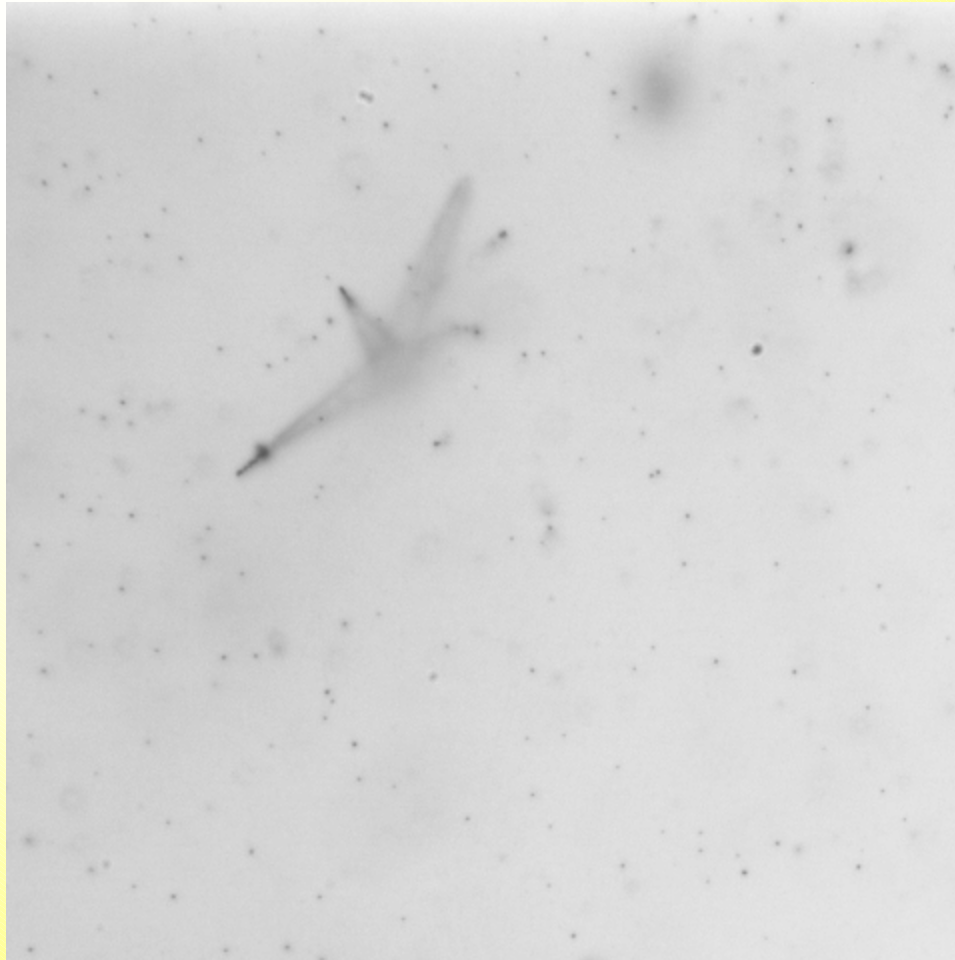


Perspectives instrumentales à Lyon

- une table est en fonctionnement
 - sont installés ce mois-ci :
 - une caméra CMOS 500fps
 - + nouvelle carte d'acquisition (jusqu'à 1 Gbyte/s)
- *Augmentation notable de la vitesse de scan!*
- *Adapter les algorithmes informatiques .*



Traces dans les émulsions: ici on fait diminuer z (le microscope descend sur l'émulsion)

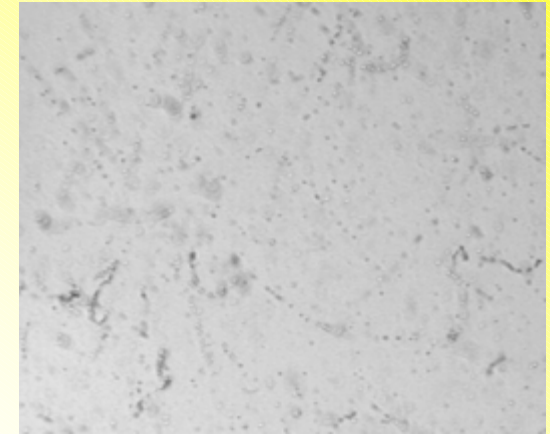


Principe de la procédure de scan

- *Passage particules chargées*: grains d'Ag sur les émulsions après développement

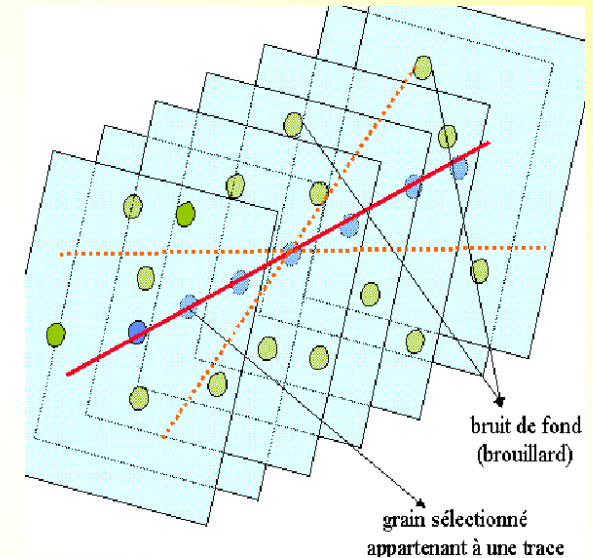
Déroulement du scan ...

- *Table* → mouvements en X,Y et Z
- *Caméra CCD* → pixels touchés dans 16 vues
- *DAQ +filtres: pixels* → clusters dans les 16 vues
- *On line* → algorithmes pour trouver les micro-traces à partir des grains



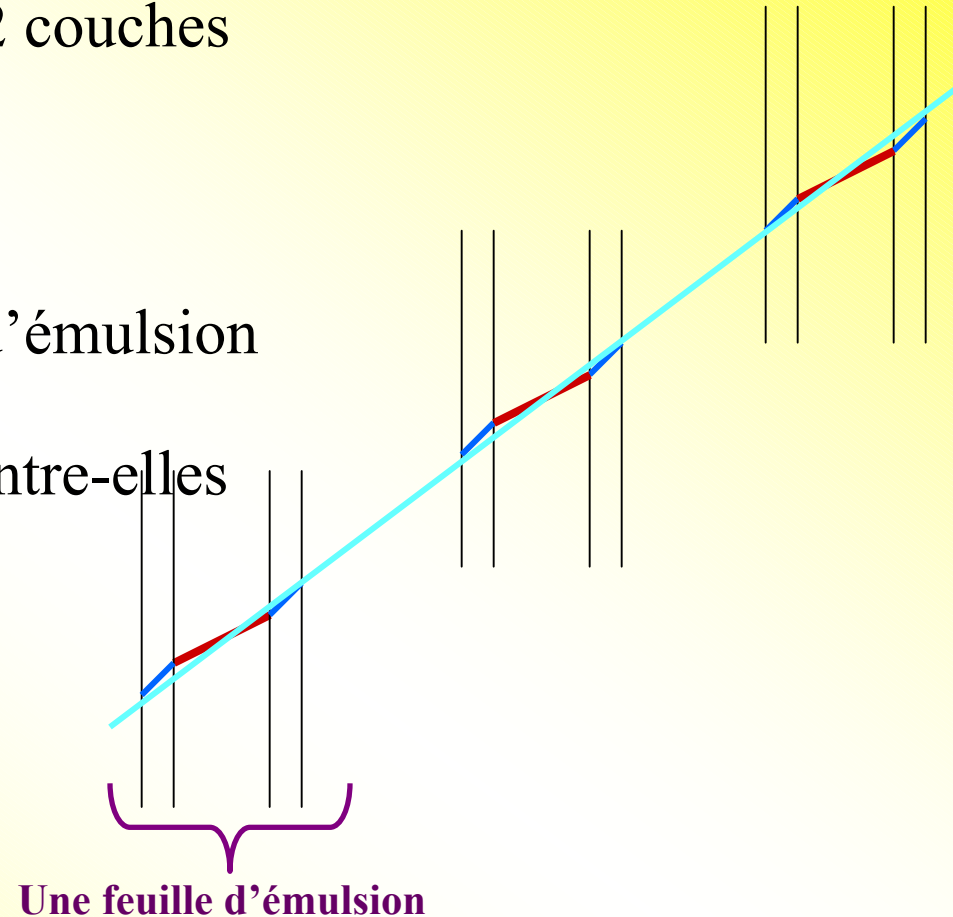
Puis...

- *Off line* → algorithmes de tracking...



Algorithmes utilisés...

- *On line*: microtraces sur les 2 couches des feuilles d'émulsion
- *Off-line*
 1. Traces sur chaque feuille d'émulsion
 2. Alignements des feuilles entre-elles
 3. Traces le long de la brique



Quelques idées sur les problèmes rencontrés lors de la reconstruction et leurs solutions...

1. Bruit de fond:

- Brouillard (*fog*) inhérent au développement des films
- Cosmiques
- Radioactivité du plomb
- ...

2. reconstruction des microtraces: pureté faible

Comment fait-on?

- nombre minimum de grains laissés sur le passage d'une particule chargée
- coupures angulaires
- utilisation des cosmiques pour aligner les feuilles entre-elles
- tests de χ^2 pour l'alignement des traces
- autres méthodes: transformation de Hough ...
- ...



Calculs de l'efficacité de scanning

- Réalisation d'un test beam en Juin 2003

Exposition à des pions de 8 GeV.

7 angles d'exposition (-0,5 ; -0,3 ; -0,1 ; 0 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 mrad)

- **Conditions de scanning:** caméra à 20 fps, objectif à immersion, vitesse de scan 1-2 cm²/h /layer.

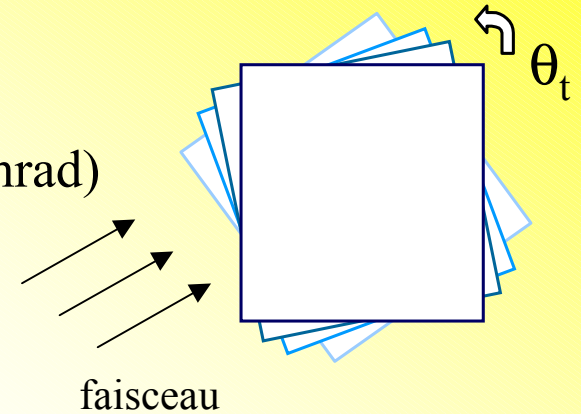
- On a scanné 4 feuilles.

Estimation de l'efficacité dans la 4^{ième} feuille :

$$\mathcal{E} = \frac{N_4}{N_{tot}}$$

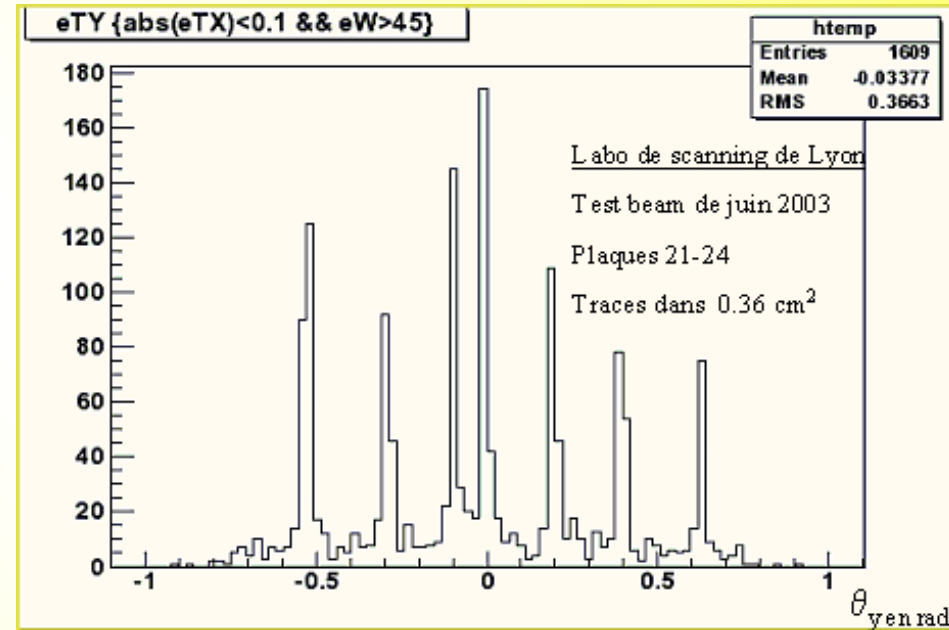
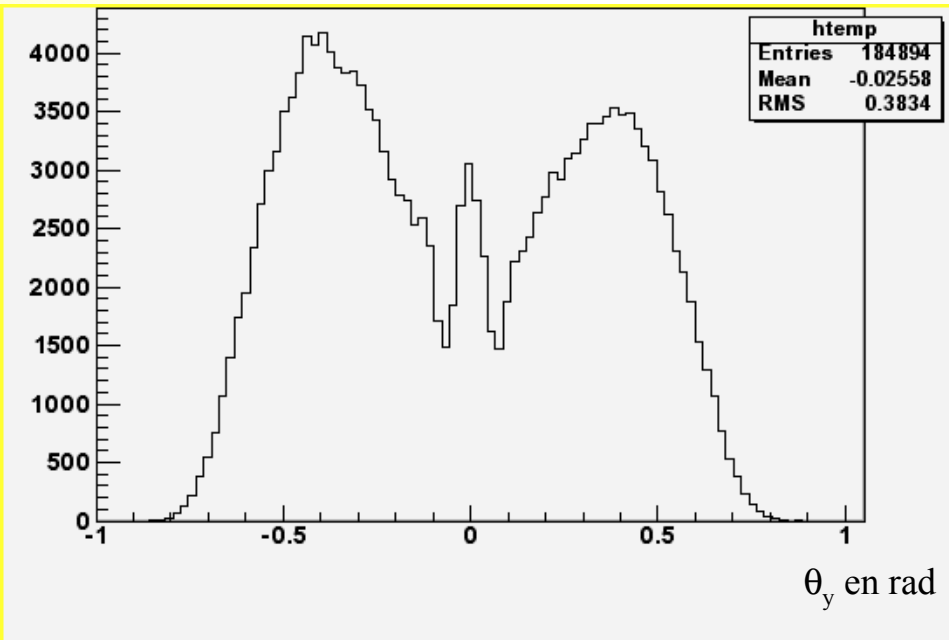
N_4 = nb de traces à 4 segments .

N_{tot} = nb de traces constituées par au moins 3 segments (dans les 3^{ières} feuilles)



Efficacité (suite)

- Résultats obtenus pour l'instant: efficacité de $\sim 80\%$ à Lyon.



Avant: les traces dans une feuille

Après: les traces dans 4 feuilles



Analyse (travaux en cours)

Objectif: l'identification des muons dans OPERA est délicate si ceux-ci s'arrêtent avant un spectromètre à muons.

On veut s'intéresser aux **muons de basse énergie** s'arrêtant dans une brique d'émulsion...et essayer de les **identifier**

→ Séparation pion/ muon?

On va utiliser **dE/dX** en fin de parcours. **La densité de grains devrait être différente** pour les 2 particules car leurs masses sont différentes.

→ Réalisation d'un test-beam au PSI à Zurich le 15/09/03.

On a exposé 2 briques à un faisceau de pions et 2 briques à un faisceau de muons. **Pureté du faisceau ~99%**.



Perspectives

Pour ce test beam : travail en collaboration avec Berne, Neuchâtel, Annecy et Naples.

Travail à fournir:

- scanning des briques exposées
- développement d'algorithmes de tracking adaptés à cette physique à basse énergie
- récupération des informations sur les grains pour calculer dE/dX .

Pour les performances de scanning: améliorer la pureté, calculs d'efficacité si vitesse scan augmente , ...

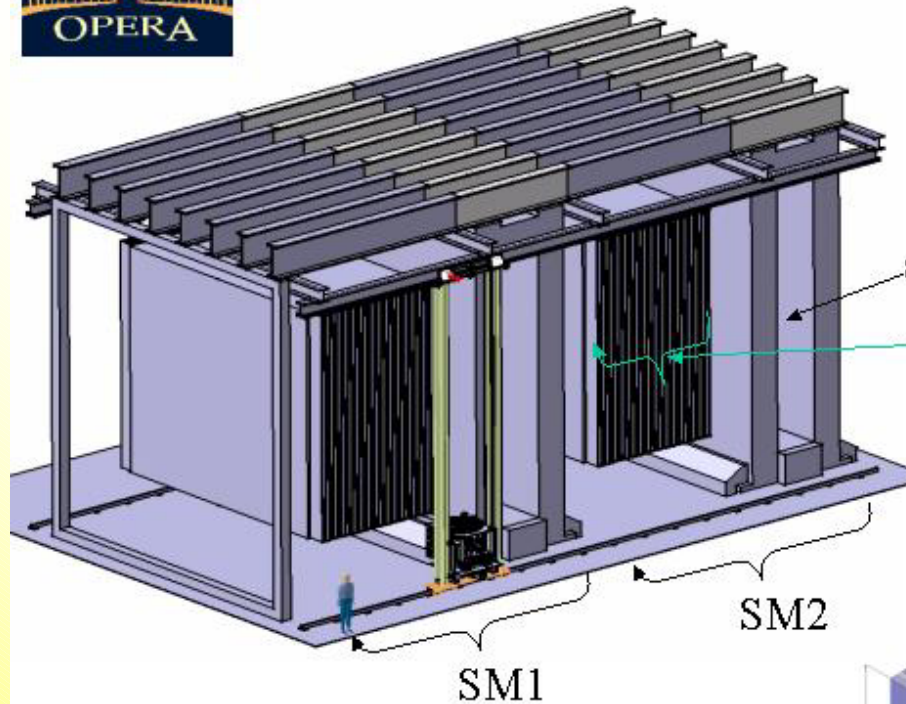


Autres transparents...





The OPERA Detector

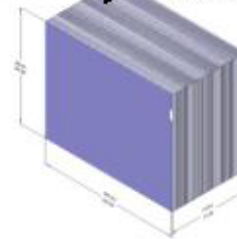


Total target ~ 1.8 kton
= 206336 bricks

spectrometer

31 Walls
(each containing
3328 bricks)

1 brick is made of
57 nuclear emulsions and
56 lead sheets (~ 8.7 kg)

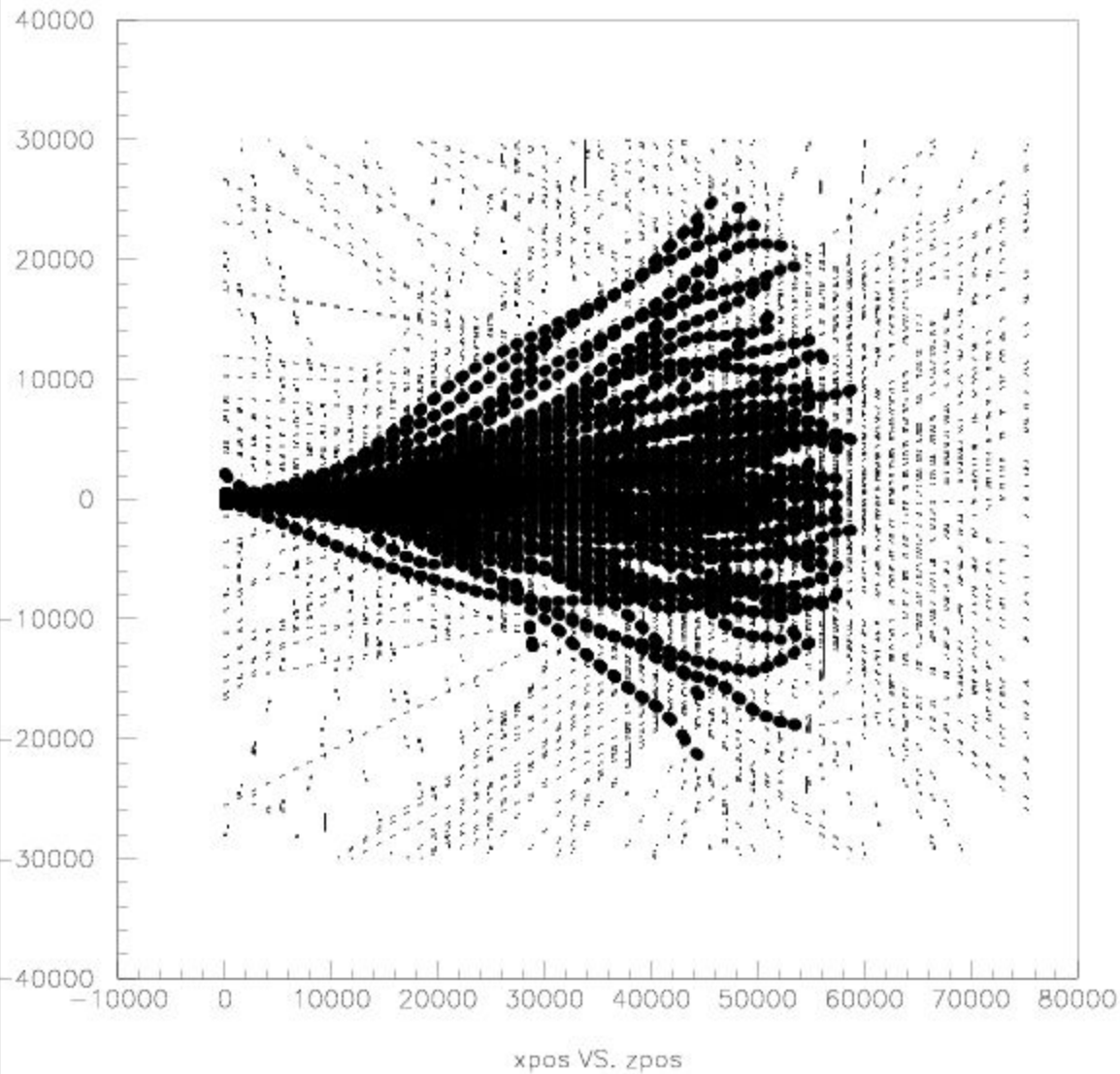


SM1
31 walls (brick walls+TT)
+ 1 spectrometer

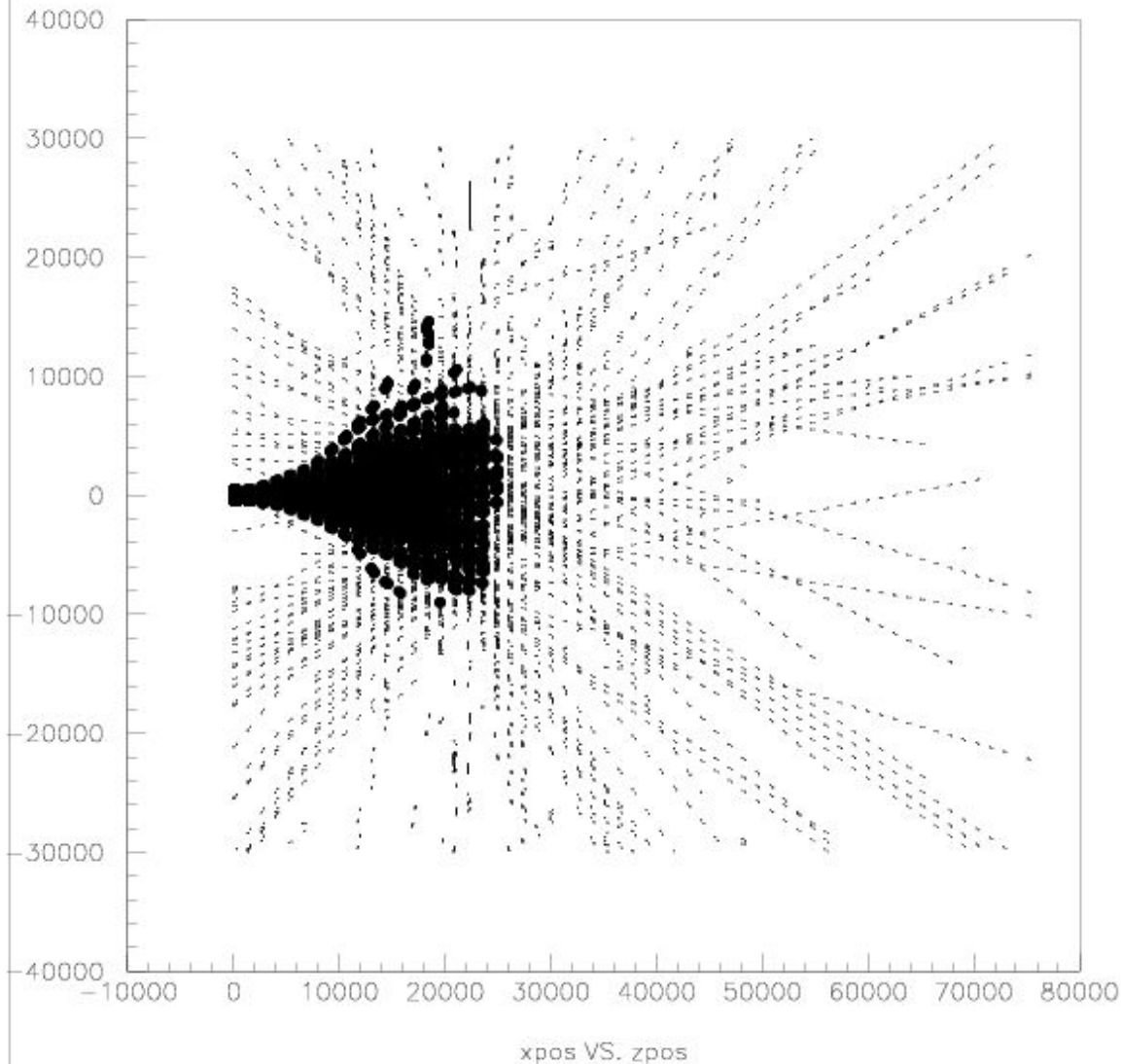
SM2



Simulation: pions de 200 MeV



Simulation: muons de 120 MeV



Development of automatic scanning in Europe

Design philosophy

*Optics with large view
hence
no critical mechanics*

*Commercial components
(in continuous development)*

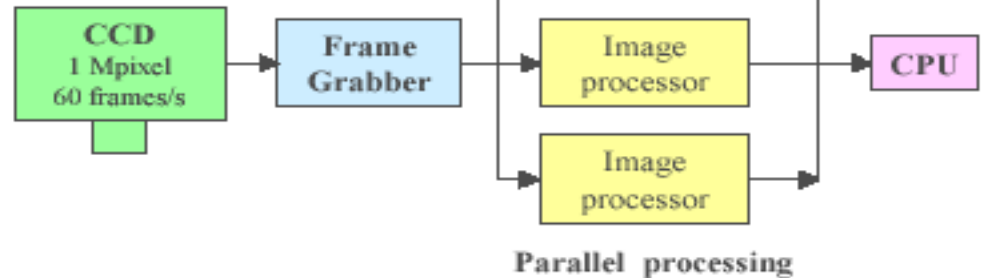
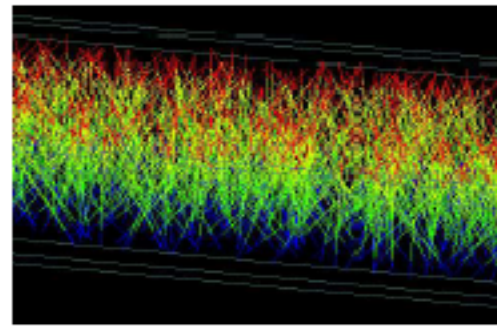
Software approach



Present performance
10 cm²/hour



Aim
20 cm²/hour



Operating tables and R&D in :
Bari, Bern, Bologna, Lyon, Münster, Napoli, Roma, Salerno
(software based on "Sysal" system operating in Salerno)