



# Mesures de fragmentation du $^{12}\text{C}$ pour l'hadronthérapie

Benjamin Braunn

LPC Caen, ENSICAEN, Université de Caen, CNRS/IN2P3,  
Caen, France

Rencontre Jeunes Chercheurs 2008



# Plan

- Fragmentation en hadronthérapie
- Expérience au GANIL      du 27 au 30 Mai 2008
- Données brutes et premières analyses

# Introduction : intérêt des ions contre le cancer

**Aujourd'hui :**

- Radiothérapie :  
150 000 patients /an (en France).

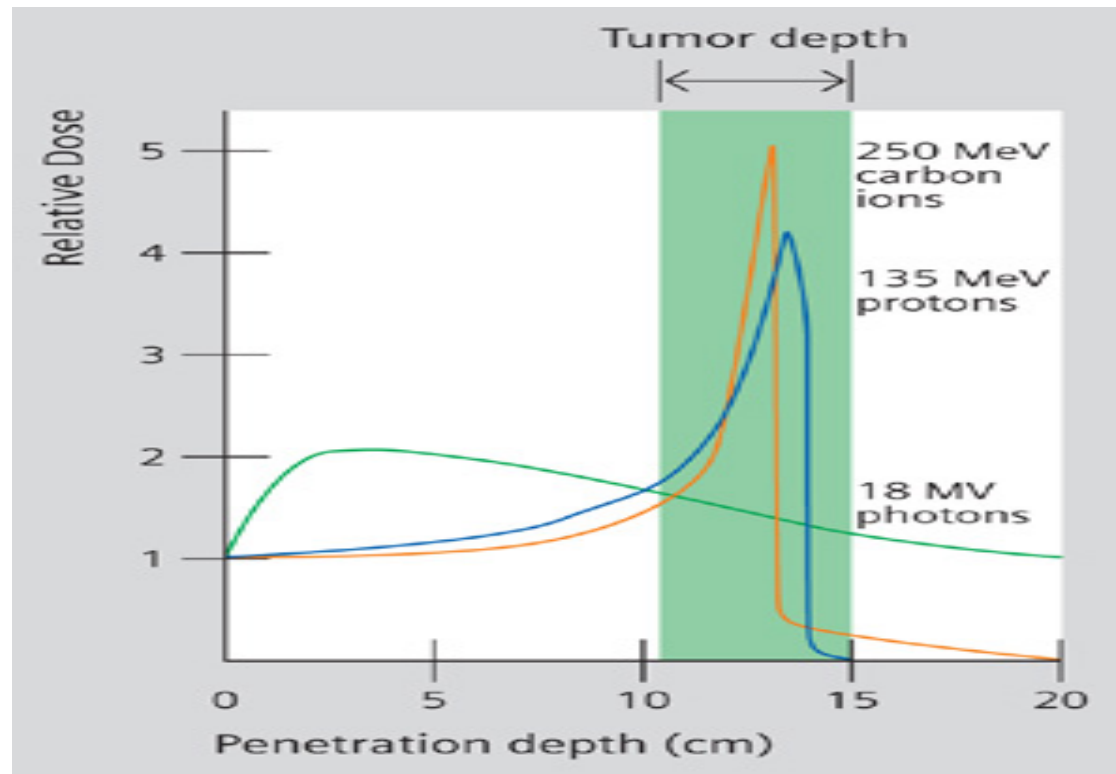
- Hadronthérapie :  
5000 patients (monde).

**avantages balistiques**

- Pic de Bragg
- Faible diffusion angulaire

**avantages biologiques**

- $^{12}\text{C}$  meilleure efficacité par rapport aux X et protons (tumeurs radio-résistantes).



inconvenient



fragmentation

# Importance de la fragmentation pour la dose

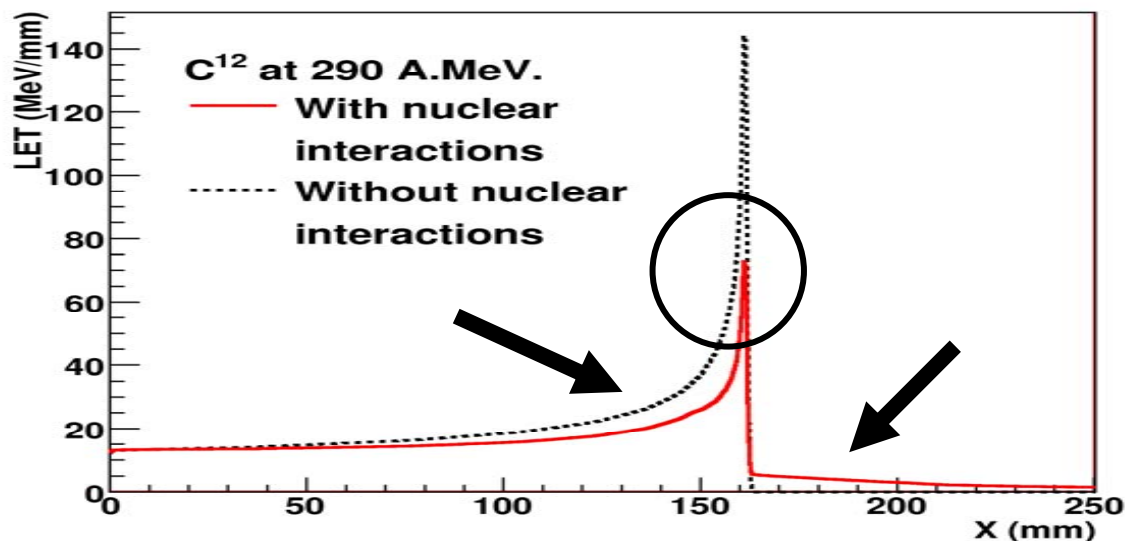
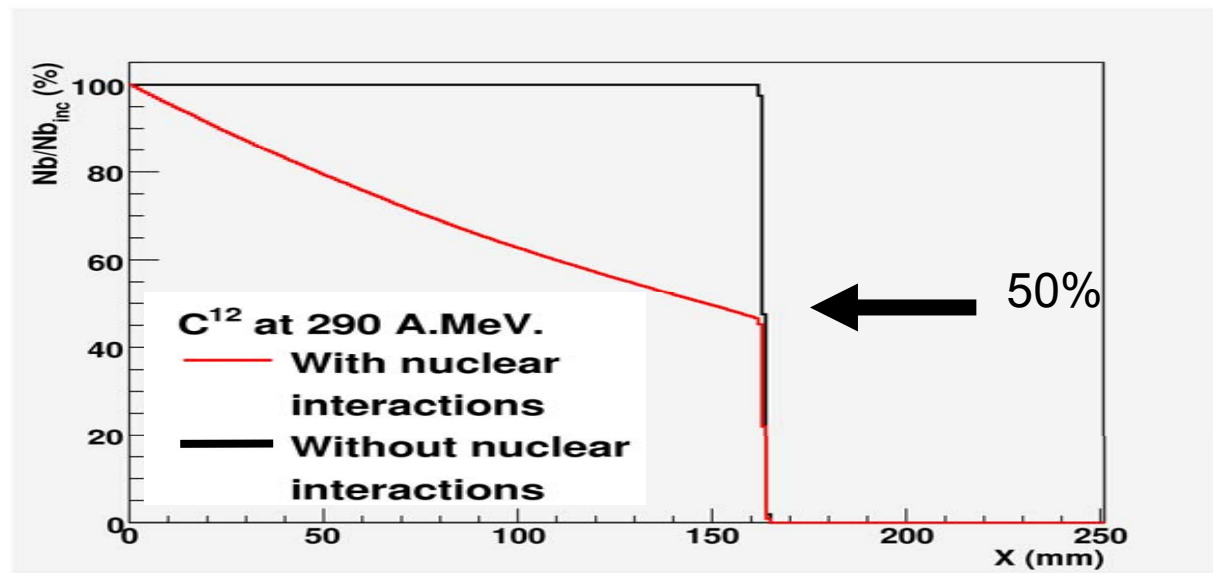
simulations GEANT4 :

$^{12}\text{C}$  à  $E = 290\text{ MeV/u}$  dans l'eau.

- Fragmentation :  
50% of incident ions.
- contribution des fragments :  
15-25% de l'énergie déposée au  
pic de Bragg.[1]

[1] N. Matsufuji et al, Phys. Med. Biol. 48(2003)  
1605-1623

- Baisse du LET au pic de  
bragg.



# Nécessité d'étudier la fragmentation

## Mesures

- Peu de données publiées.
- Aucune donnée inférieure à 100MeV/u.

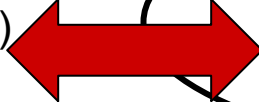
## Précision de GEANT 4

(comparaison données à haute énergie)

- 2 mm sur le pic de Bragg
- 10% sur le dépôt de dose

## Précision demandée en hadronthérapie

- 1 mm sur le pic de Bragg
- 2,5% sur le dépôt de dose



nécessaire

- Améliorer les codes de simulation
- Compléter les bases de données à basse énergie.

# Expérience E566 @ GANIL 27-30 mai 2008

Collaboration : GDR MI2B (IN2P3,CEA)

- LPC Caen : G.Ban, E. Batin, B. Braunn, J. Colin, D. Cussol, J.M. Fontbonne, M. Labalme, F.R. Lecolley, C. Pautard.
- IPN Lyon : M. Chevallier, D. Dauvergne, F. Le Foulher, C. Ray, E. Testa, M. Testa.
- IPHC Strasbourg : F. Haas, D. Lebhertz, M. Rousseau, M.D. Salsac, L. Stuttge.
- IRSN : V. Lacoste, F. Trompier.

# Buts de l'expérience

- Données & contraintes pour le calcul de dose  
par des mesures de section efficaces intégrales des particules  
chargées & des neutrons.  
Observables :
  - monitorage faisceau
  - taux de production des fragments
  - distribution angulaire
  - spectre en énergie
- Imagerie de Dose  
par la détection des gamma prompts.
- Problèmes liés à la Radioprotection  
par la détection des neutrons (100MeV).

# Montage expérimental – ligne G22

Détecteurs de neutrons

détecteurs pour les  
gamma prompts

Monitoring faisceau

Faisceau  $^{12}\text{C}$  à 94,5 MeV/u  
 $I : 10^4$  à  $10^8$  pps

Porte-cibles

Télescopes à particules chargées

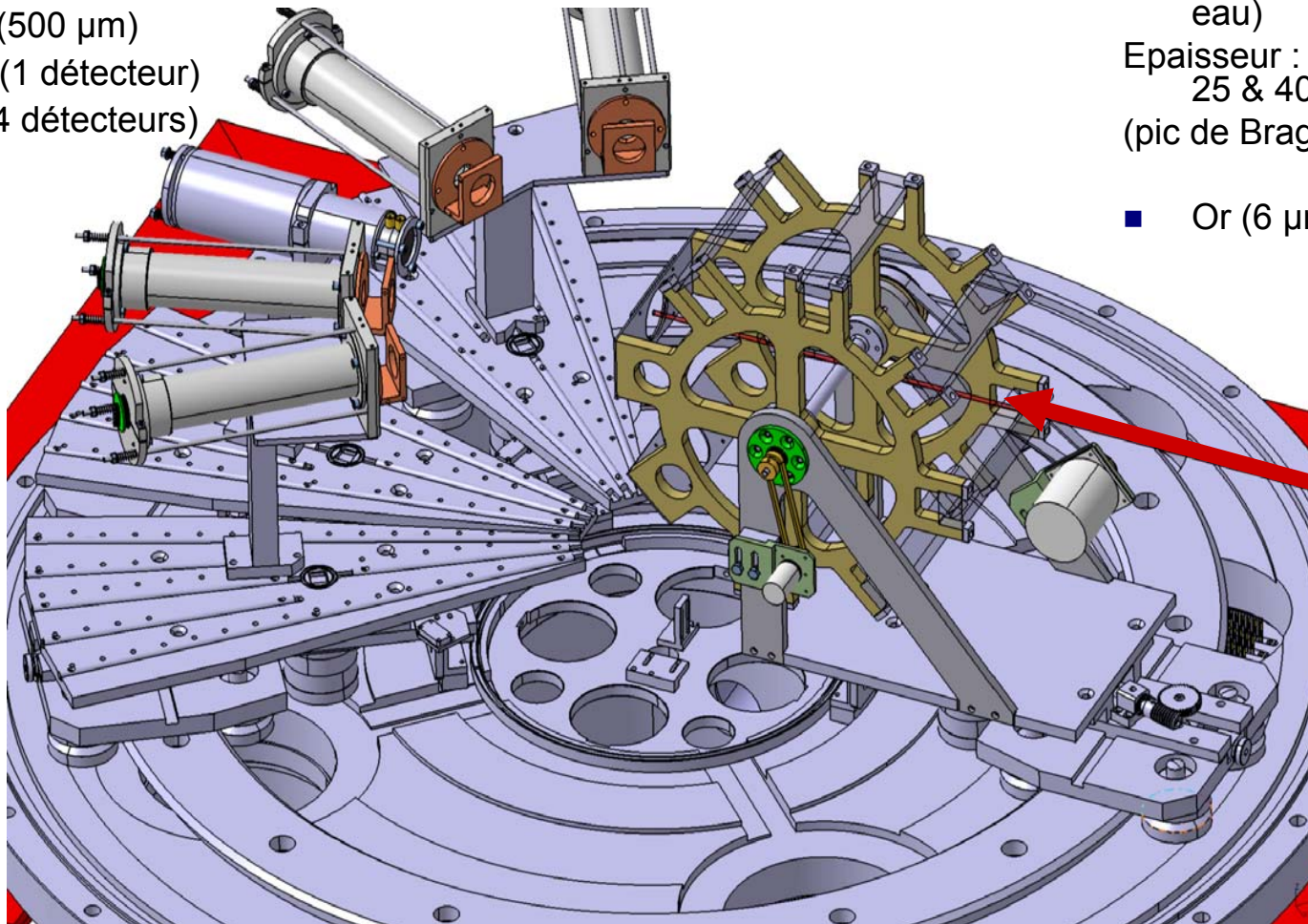
Chambre  
ECLAN

3 m

## 5 Télescopes à particules chargées

3 étages :  $\Delta E1$ -  $\Delta E2$ -E

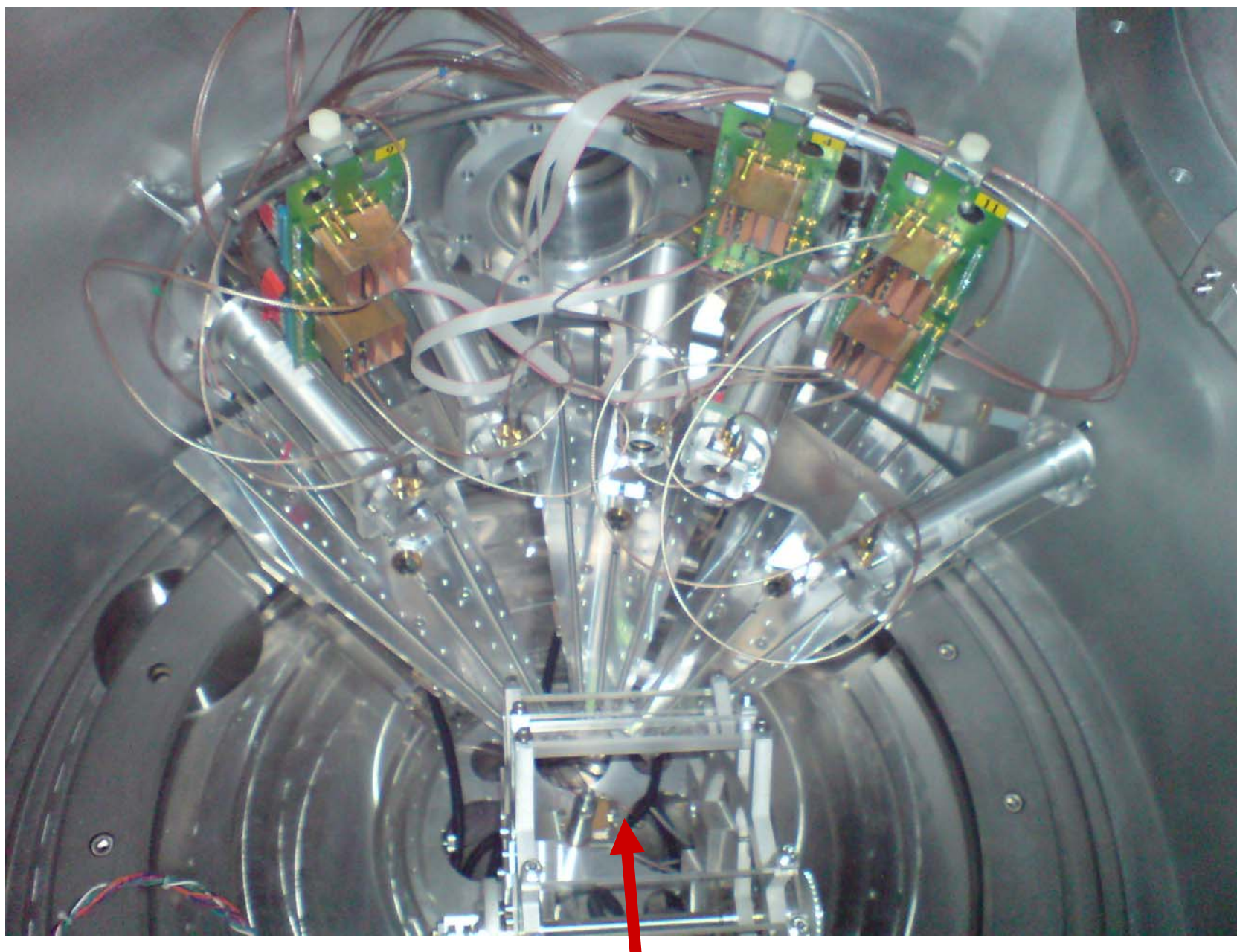
- $\Delta E1$  : Si (80  $\mu\text{m}$ )
- $\Delta E2$  : Si (500  $\mu\text{m}$ )
- E : BGO (1 détecteur)  
: Csl ( 4 détecteurs)



### Cibles

- PMMA  
(cible épaisse équivalent eau)  
Epaisseur : 5, 10, 15, 20, 25 & 40 mm  
(pic de Bragg = 20 mm)
- Or (6  $\mu\text{m}$ )

faisceau



# Détecteurs gamma

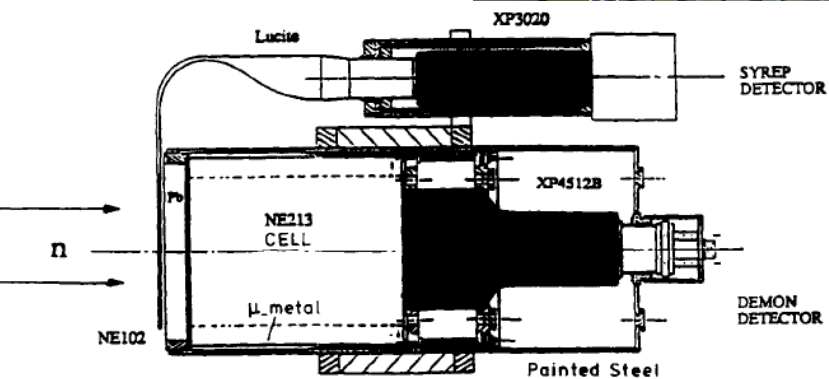
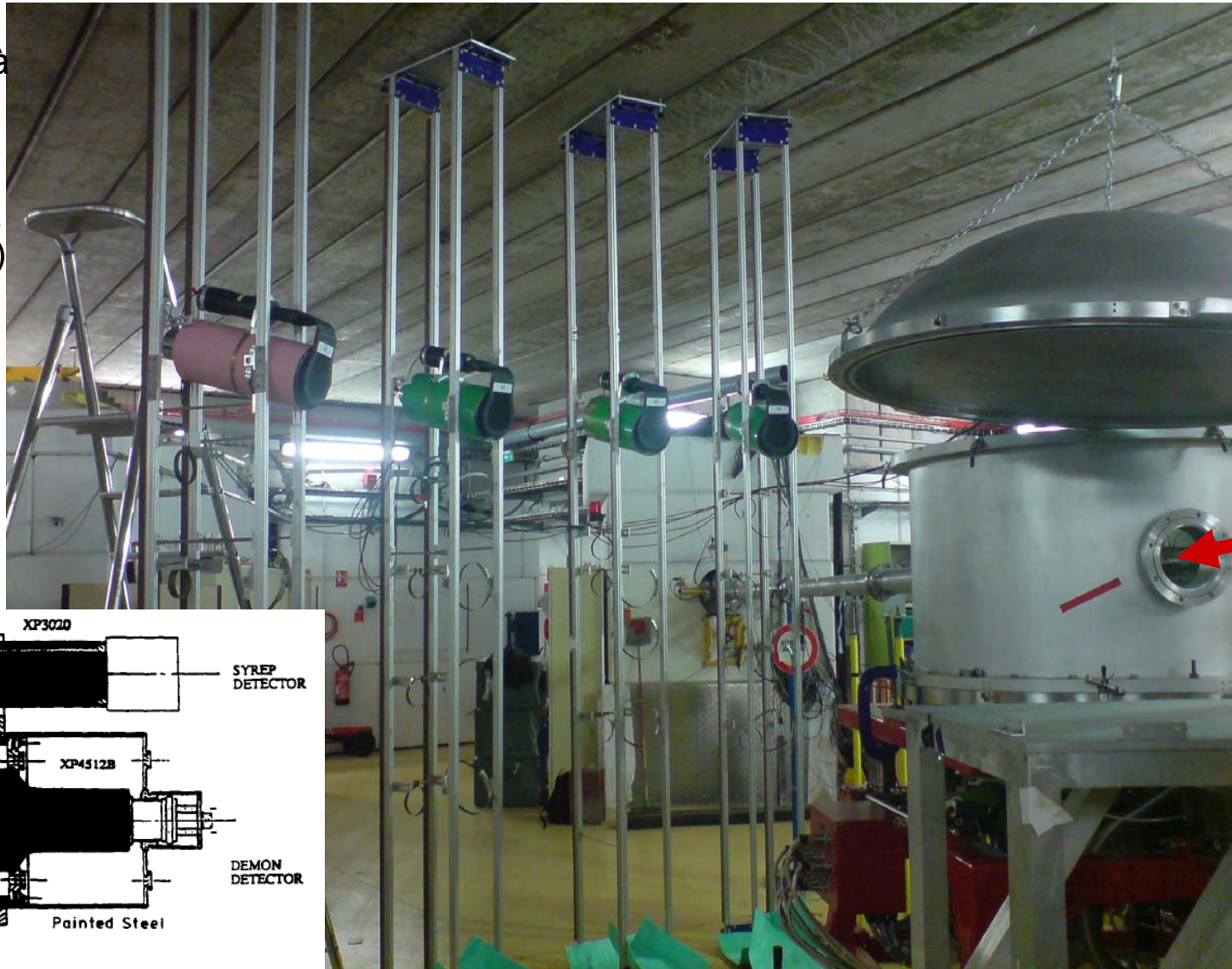
- Détection des gamma prompts à  $90^\circ$   
NaI – BaF2 – BC501
- Monitoring faisceau  
Ge – SiLi



# Détecteur de neutrons

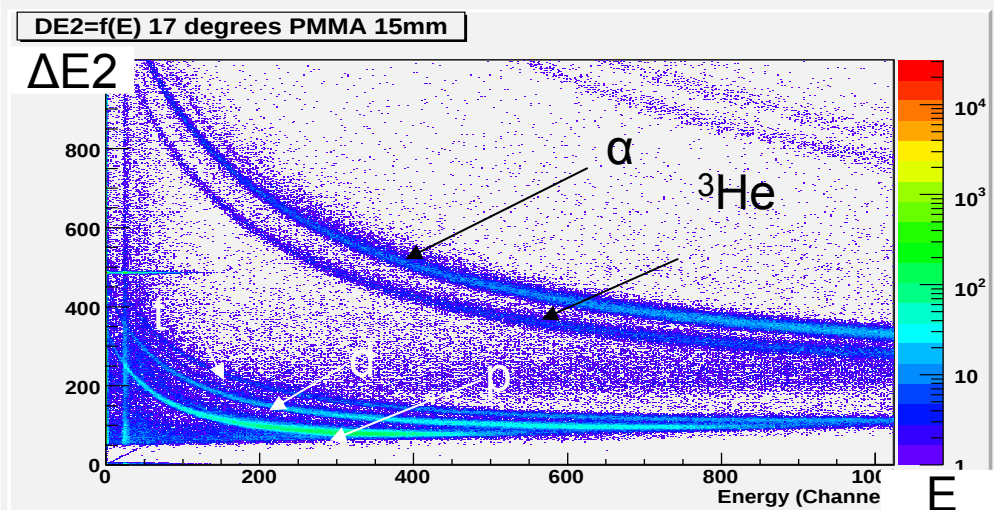
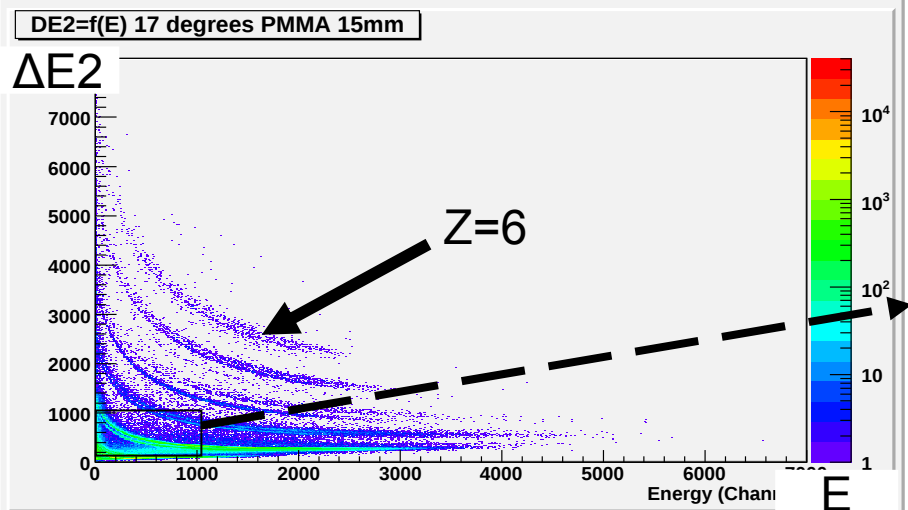
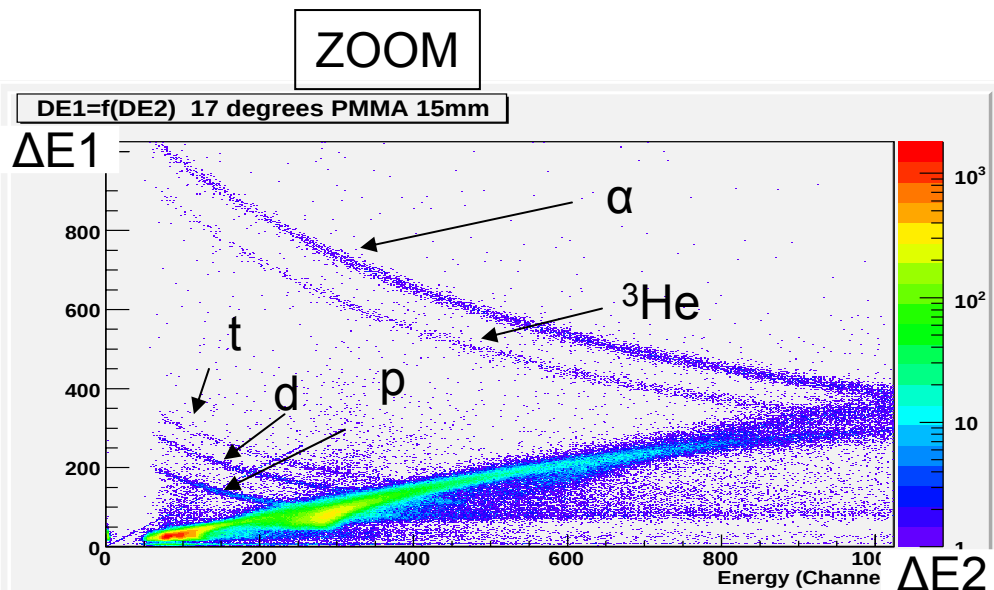
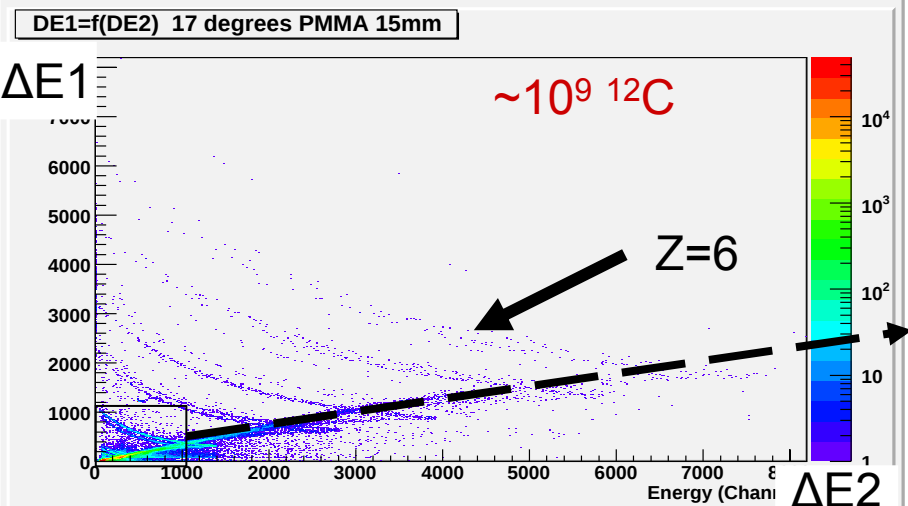
- 4 DEMON couplés à des SYREP à 10, 25, 45, 70°

(SYREP : veto pour les particules chargées)



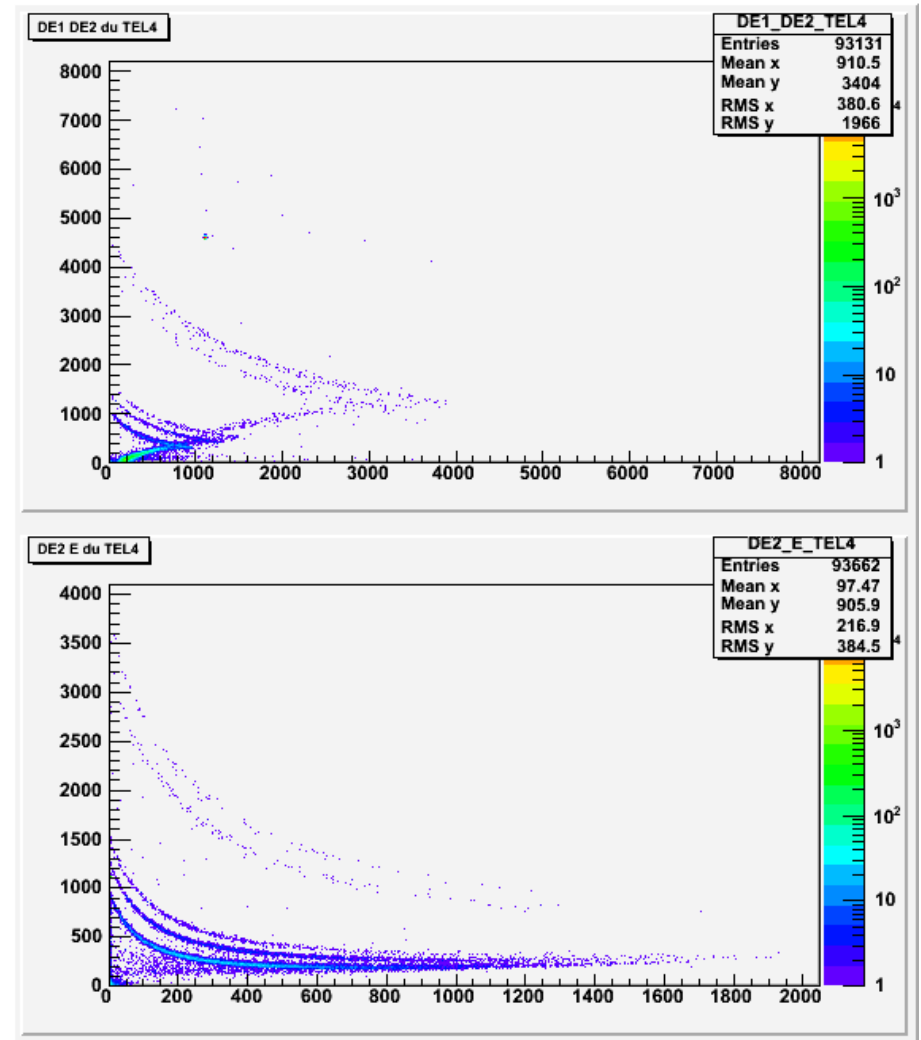
# Données brutes

( PMMA 15mm, télescope à 17°)



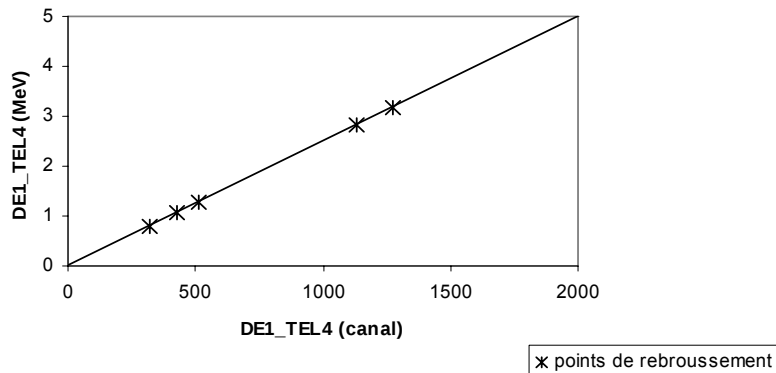
# Dépouillement des données

- 40 runs exploitables.
- illustration avec le télescope 4 ( $60^\circ$ ) du run 233.

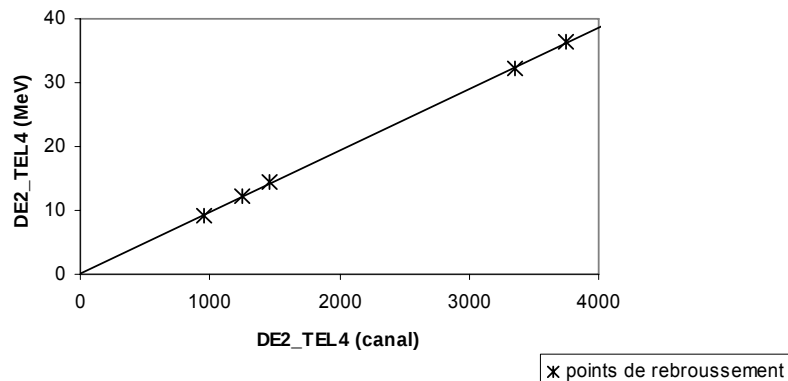


# Etalonnage des télescopes

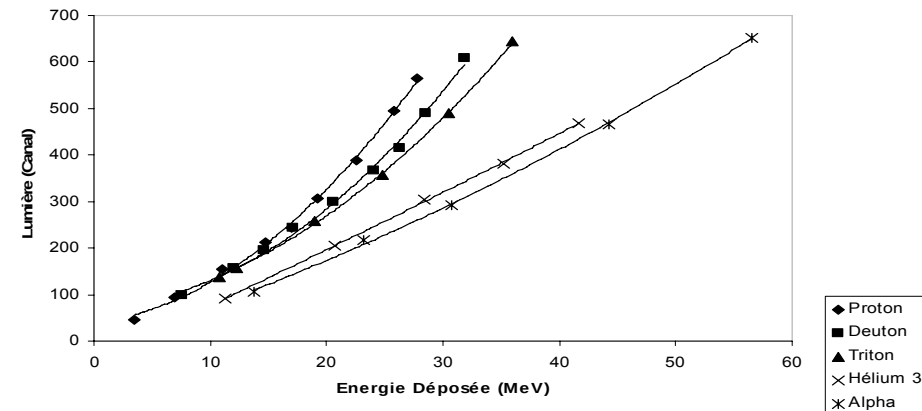
courbe d'étalonnage DE1\_TEL4



courbe d'étalonnage DE2\_TEL4

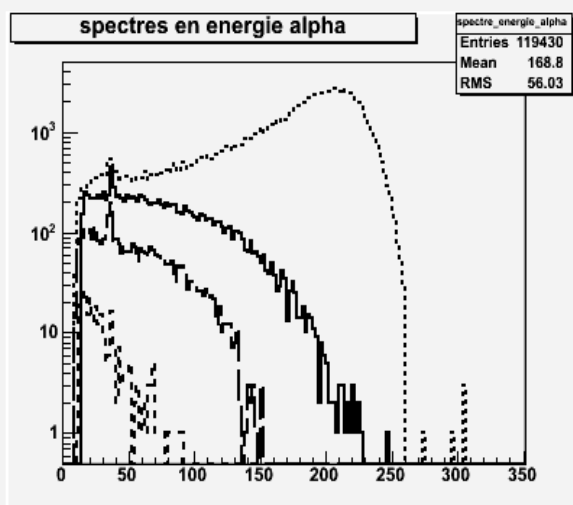
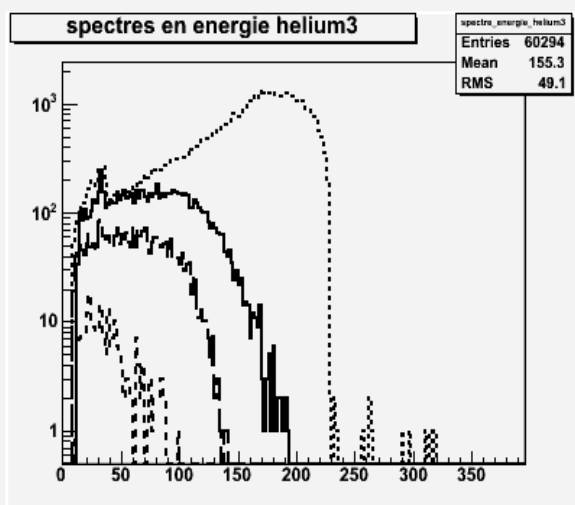
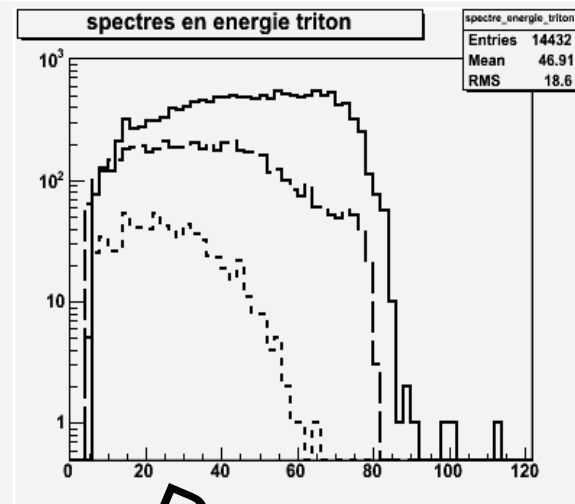
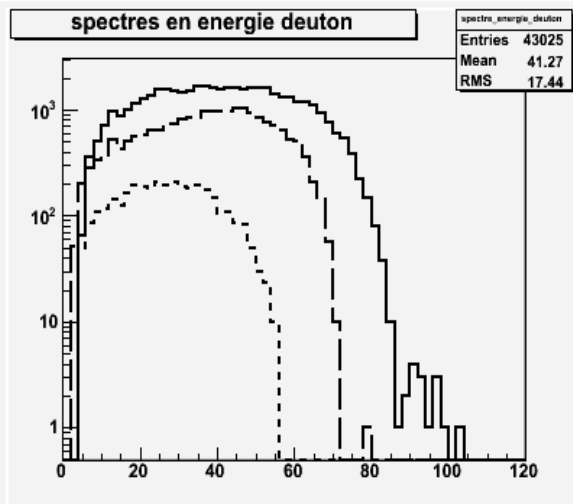
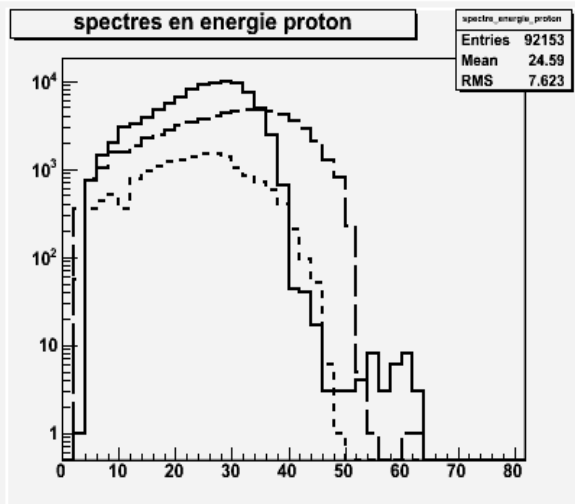


Courbe d'étalonnage du scintillateur TEL4



Permet d'obtenir les spectres  
en énergie pour chaque  
particule

# Spectres en énergie



RUN 233

Préliminaire

..... 17 degrés  
 — 25 degrés  
 --- 40 degrés  
 - - - 60 degrés  
 Cible PMMA 0.5 cm

## ■ Conclusion

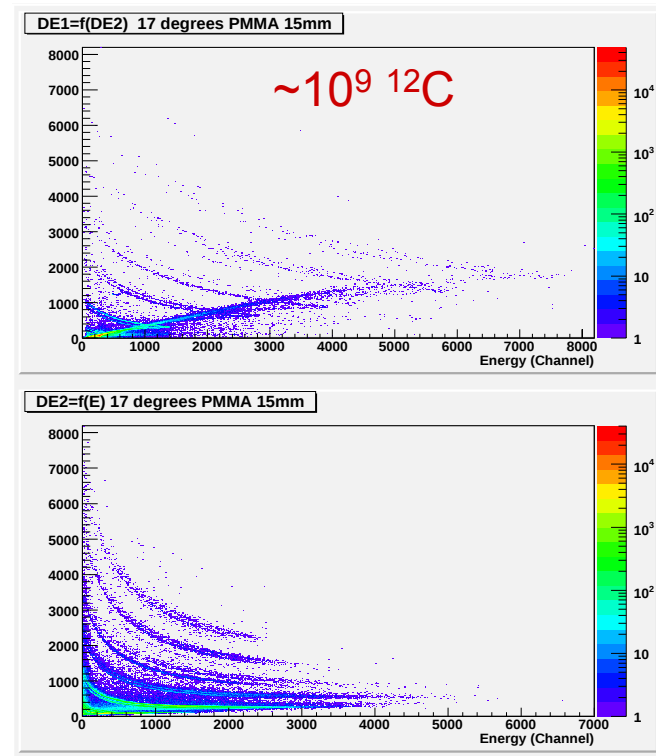
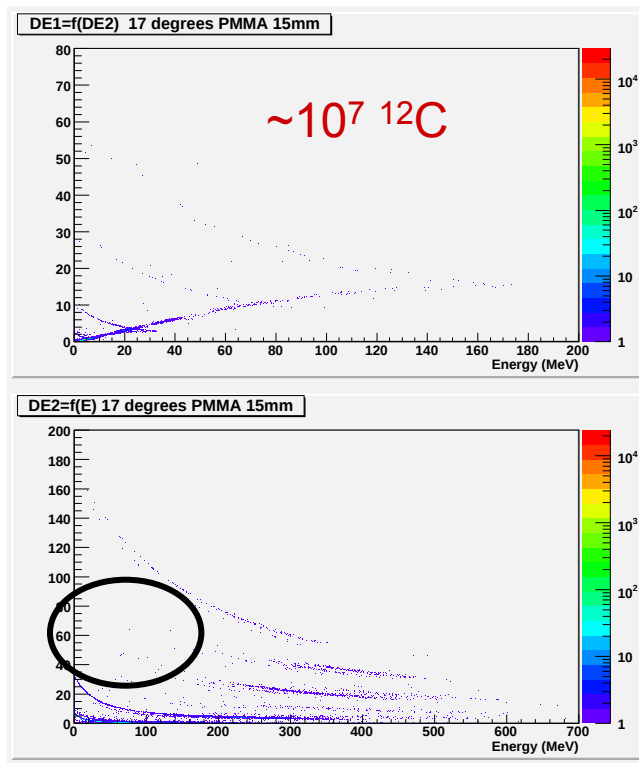
- Données disponibles pour les particules chargées & neutrons

$^{12}\text{C}$  à  $E=94,5 \text{ MeV/u}$   
 $\neq$  épaisseurs de PMMA  
 $\neq$  angles

- Montage expérimental relativement léger :  
étalonnage fini → analyse en cours
- Normalisation au nombre de carbones incidents : sections efficaces

# Perspectives

## ■ Comparaison codes MC – données expérimentales



## ■ Sections efficaces de fragmentation avec des cibles fines (C, O, Ca, ...)



Merci !