



Journée SiPM/PMT - LPNHE

La conception du détecteur FRACAS pour ARCHADE

Samuel Salvador



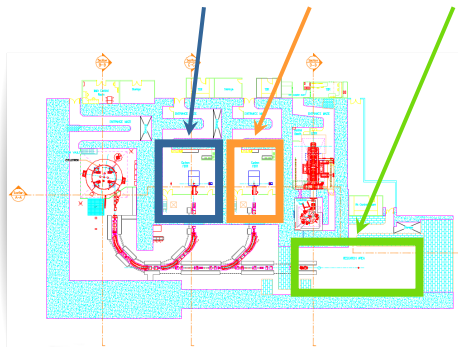
Groupe Applications Médicales et Industrielles
Laboratoire de Physique Corpusculaire de Caen
ENSICAEN, Université de Caen, CNRS/IN2P3, Caen, France

10 Novembre 2015

Développements pour les ions légers : ARCHADE

Un centre de thérapie et de recherche

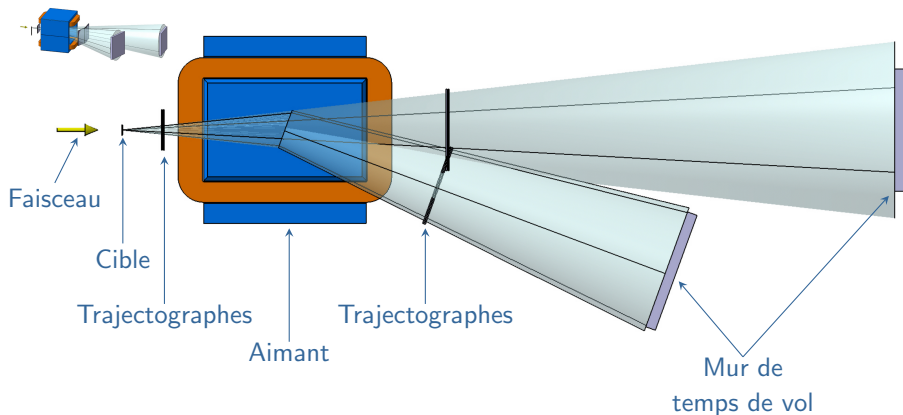
- ▶ Thérapie proton utilisant un synchro-cyclotron supra-conducteur (S2C2),
- ▶ Recherche sur les ions carbone et tous les ions avec $A/Z = 2$,
 - ▶ Salles spécifiques pour la clinique, la radiobiologie et la physique



R&D d'instruments de dosimétrie clinique et de contrôle

Fragmentation du carbone et sections efficaces

Un spectromètre de masse à large acceptation



FRACAS : Les contraintes/performances

Le faisceau issu du cyclotron

- ▶ Intensité max. de l'ordre de 10^{5-6}
- ▶ Un bunch toutes les ~ 40 ns
- ▶ En priorité ^{12}C jusqu'à 400 MeV/n

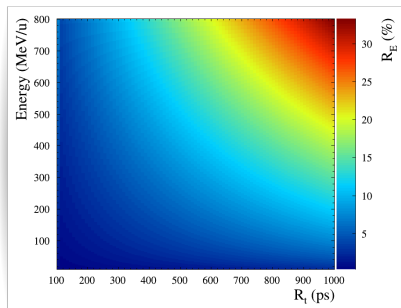
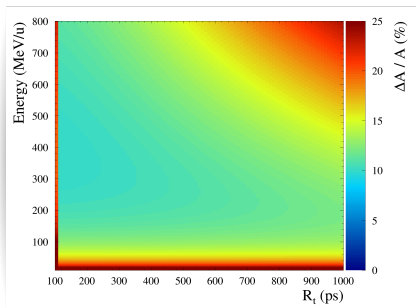
Sections efficaces de fragmentation doublement différentielles : $\frac{d\sigma^2}{dE d\theta}$

- ▶ Une résolution en masse < 10 % (1 masse à $A=10$),
- ▶ Une résolution en énergie < 5 %,
- ▶ Une résolution en angle $< 1^\circ$,
- ▶ Une dynamique en énergie déposée ~ 50

FRACAS : Les contraintes/performances

Le mur de temps de vol :

- Résolution en énergie et en masse à partir du temps de vol pour 4 m et ^{12}C

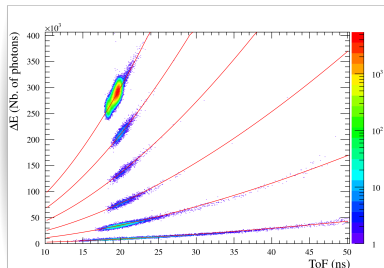
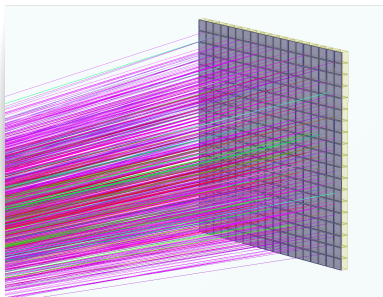


- Résolution en coïncidence < 500 ps !

Le mur de temps de vol

Mesure de la perte d'énergie des particules et de leur vitesse

- ▶ Méthode ΔE —TdV
- ▶ Identification en charge des particules



Caractéristiques majeures

- ▶ 20 × 20 modules de ~ 25 mm de côté
- ▶ Un détecteur à scintillation rapide (résolution temporelle et intensité faisceau)
- ▶ Une bonne résolution en énergie (identification en charge)

Le mur de temps de vol

Scintillateur : YAP:Ce

- ▶ Dense, rapide, non hygroscopique
- ▶ $R_E = 5,8 \% @511 \text{ keV}$ avec Hamamatsu R7723-100
- ▶ Très bonne proportionnalité (énergie déposée de 2 à 100 MeV)
- ▶ Épaisseur optimisée : 1,5 mm
- ▶ Surface en fonction du photodétecteur

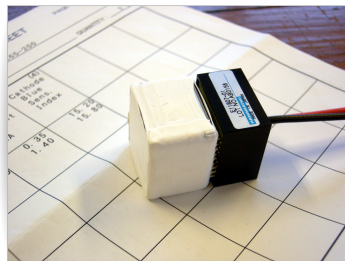
PMT ou SiPM ?

- ▶ À 4 m de l'aimant : champ magnétique négligeable
- ▶ Résolution temporelle : $R_t^{PMT} \simeq R_t^{SiPM}$
- ▶ \mathcal{E}_Q (ou PDE) : 43 % PMT ultra-bialkali vs. $\sim 25 \%$ SiPM (@420 nm)
- ▶ Enceinte à vide ($\sim 10\text{--}100 \text{ mbar}$) : pas (ou peu) de régulation en température des détecteurs
- ▶ 1 voie de PMT pour 12 ou 16 voies de SiPM
- ▶ Le prix, l'utilisation

Le photodétecteur

PMT R11265-200 Hamamatsu

- ▶ Photocathode ultra-bialaki
- ▶ Embase E11807-01 modA (gain $1/20^e$)
 - ▶ 100 MeV déposés $\Rightarrow \sim 5 \times 10^5 \text{ pe}^-$
 - $\hookrightarrow 900 \text{ V/ns !!! } (@G=5 \times 10^5)$
- ▶ TTS de 300 ps
- ▶ PMT de 26,2 mm de côté
- ▶ Photocathode de $23 \times 23 \text{ mm}^2$

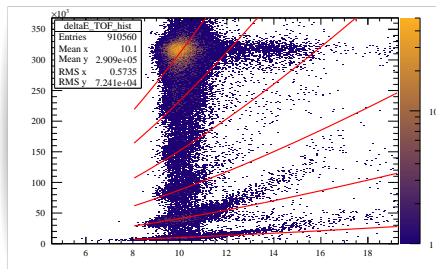
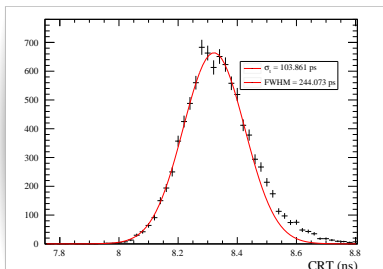


Test en faisceau

Carbone à 95 MeV/u

- YAP d'1 mm en coïncidence avec une galette de microcanaux

Résultats en coïncidences

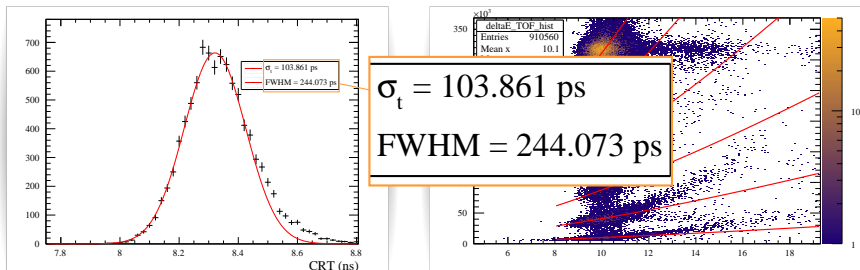


Test en faisceau

Carbone à 95 MeV/u

- YAP d'1 mm en coïncidence avec une galette de microcanaux

Résultats en coïncidences



DosiBàG : une application des SiPMs

Samuel Salvador

Groupe Applications Médicales et Industrielles
Laboratoire de Physique Corpusculaire de Caen
ENSCAEN, Université de Caen, CNRS/IN2P3, Caen, France

10 Novembre 2015

J.-M. et C. Fontbonne, J. Colin, J. Jehanno (Areva/Melox)

Mesure de Hp(0,07) en temps réel

Contrat de collaboration avec Areva/Melox

- ▶ Hp(0,07) : dose personnelle à 70 μm sous la peau
- ▶ Travailleurs en boîtes à gants
- ▶ Débit de dose de 0,15 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à qqs $\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
- ▶ Radioéléments avec $30 \text{ keV} < E_\gamma < 2 \text{ MeV}$

Le choix du MPPC

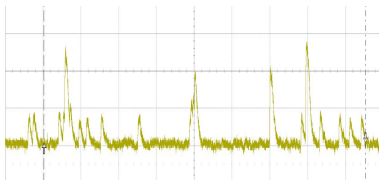
- ▶ Sur toute la gamme en énergie :
 - ▶ Scintillateur plastique est le mieux adapté \Rightarrow photodétecteur associé
 - ▶ Après calibration : spectre en énergie déposée \equiv dose absorbée
Brevet WO2014128174 (A1)
- ▶ Très faible encombrement !

- ▶ Entre 15°C et 45°C de variation de température sans régulation :
 $\Delta V_{ob} = 50 \text{ mV}/^\circ\text{C}$

Mesure de Hp(0,07) en temps réel

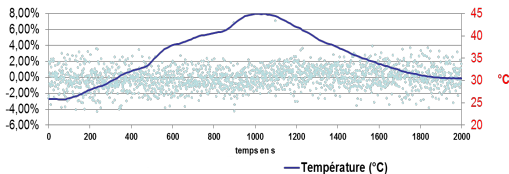
Les défauts des SiPMs

- ▶ Thermo-émission du pe^- au MHz
- ▶ Cross-talk générant 2 pe^- , 3 pe^- , etc ...



Toutes les secondes :

- ▶ Mesure du delta en charge entre 1 et 2 pe^-
- ▶ Boucle sur la tension pour maintenir Δ constant



- ▶ Stabilisation de Δ à $\sim 2\%$ Brevet WO2014128101 (A1)

