

Trajectographe de recul pour la physique hadronique au Jefferson Laboratory

ALERT : A Low Energy Recoil Tracker

Gabriel Charles

IPNO

CNRS-IN2P3
Université Paris-Sud

De ALERT à ALERT

De
ALERT
l'expérience
à
ALERT
le détecteur

L'expérience ALERT

Détection de l'électron et du noyau de recul

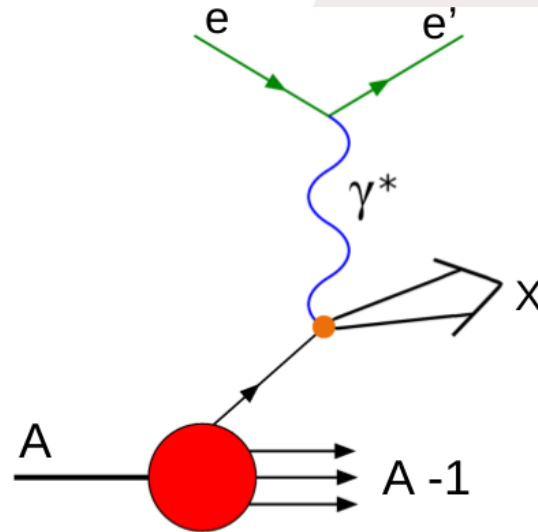
Le noyau de recul peut interagir avec les fragments du noyau. Pour diminuer la probabilité, il faut mesurer à basse impulsion et angle élevé.

$$\Rightarrow p < 150 \text{ MeV}/c, \theta > 100^\circ \quad \text{DéTECTEUR } 4\pi$$

L'électron est en avant, énergie proche de 10 GeV

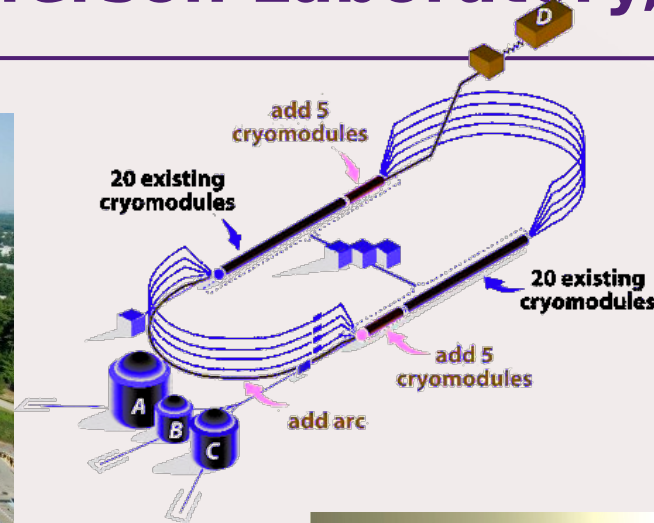
Le noyau de recul peut être :

proton, deuterium, tritium, helium 3, alpha
(p) (1p,1n) (1p,1n) (2p, 1n) (2p, 2n)



Cible de deuterium ou d'hélium

La collaboration ALERT souhaite un détecteur capable de détecter et d'identifier toutes ces particules avec une cible de 30 cm

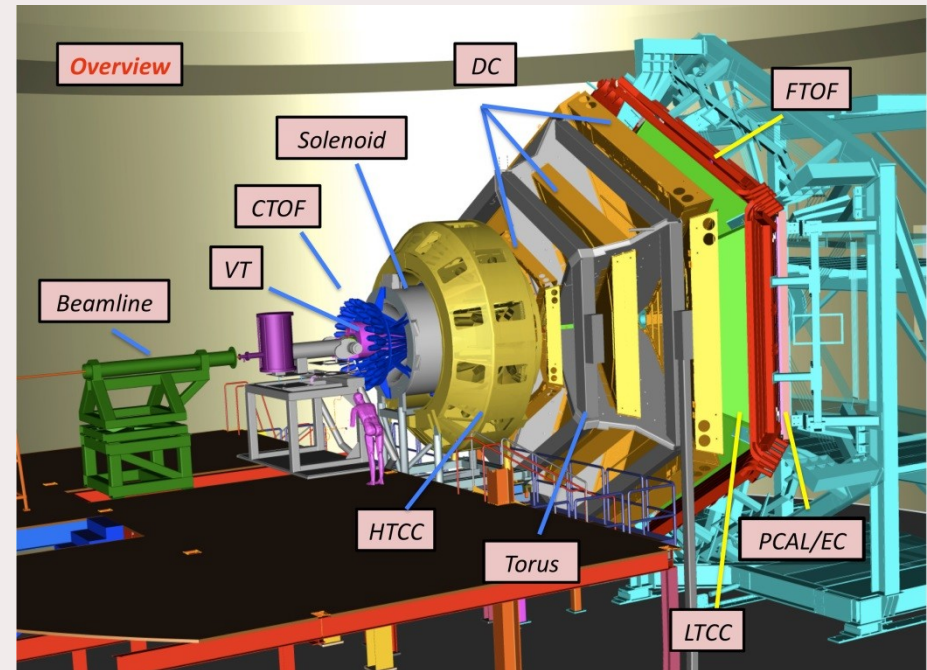


Faisceau continu d'électrons de 12 GeV

Le Hall B étudiera des questions telles que :

- ◆ Quelle est la structure longitudinale du nucléon ?
- ◆ Quelle est la structure 3D du nucléon ?
- ◆ Quel est le spectre hadronique ?
- ◆ Que pouvons-nous apprendre des hadrons et de la matière nucléaire froide ?

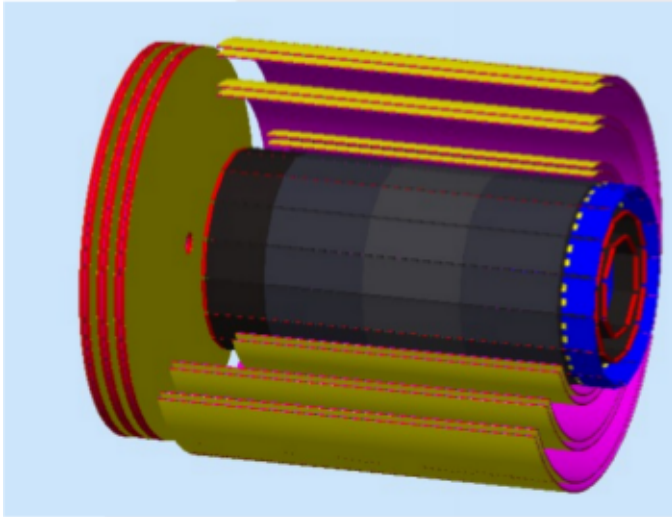
L'accélérateur fonctionne en ce moment même.



CLAS12 (Hall B)

Quels détecteurs ? (1/2)

La partie en avant des détecteurs du Hall B est parfaite pour détecter l'électron.

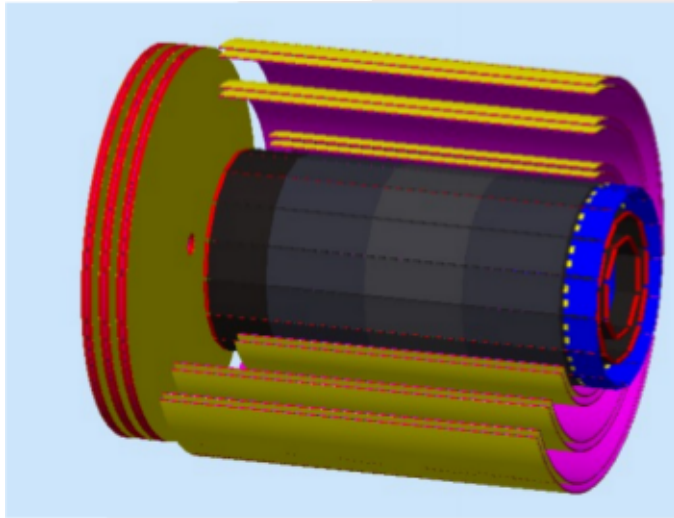


Quid du détecteur central ?

- 4 couches de silicium
- 6 couches de Micromegas cylindriques
- CTOF, NTOF
- Un aimant de 5T (champ dans l'axe du faisceau)
- Seuil en impulsion : 200-300 MeV/c

Quels détecteurs ? (1/2)

La partie en avant des détecteurs du Hall B est parfaite pour détecter l'électron.



Quid du détecteur central ?

- 4 couches de silicium
- 6 couches de Micromegas cylindriques
- CTOF, NTOF
- Un aimant de 5T (champ dans l'axe du faisceau)
- Seuil en impulsion : 200-300 MeV/c



Le seuil est trop haut

+ autre aspect requis :

- Le détecteur doit participer au déclencheur
- Taux de particules 5 MHz
- Taux du déclencheur 2 kHz
- Résolution au vertex 3 mm
- $\sigma_p = 10\%$ à 100 MeV/c

Une **chambres à dérives** pour la trajectographie :

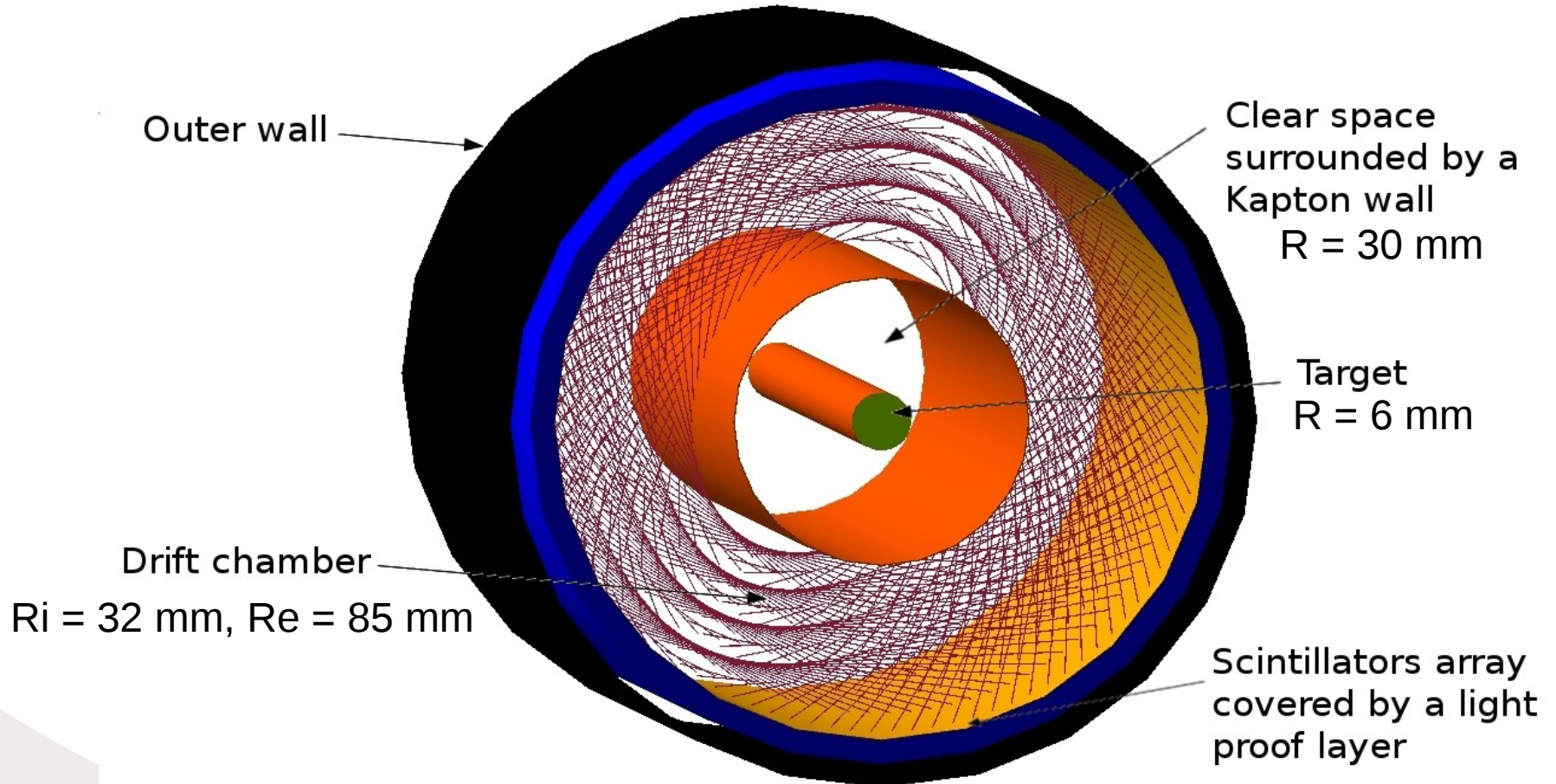
- Peu de matière
- Temps de collecte du signal court
- Peut servir dans le déclencheur
- Selon le gain, peut être aveugle aux mips
- Bonnes capacités de trajectographie

La chambre à dérives est complétée par des **scintillateurs** pour ajouter une information temporelle (précise) et d'énergie (moins précise).

- Modulable selon la géométrie du détecteur
- Résolution temporelle excellente selon l'équipement
- Peut servir dans le déclencheur
- Peut arrêter les particules lourdes de basses impulsions

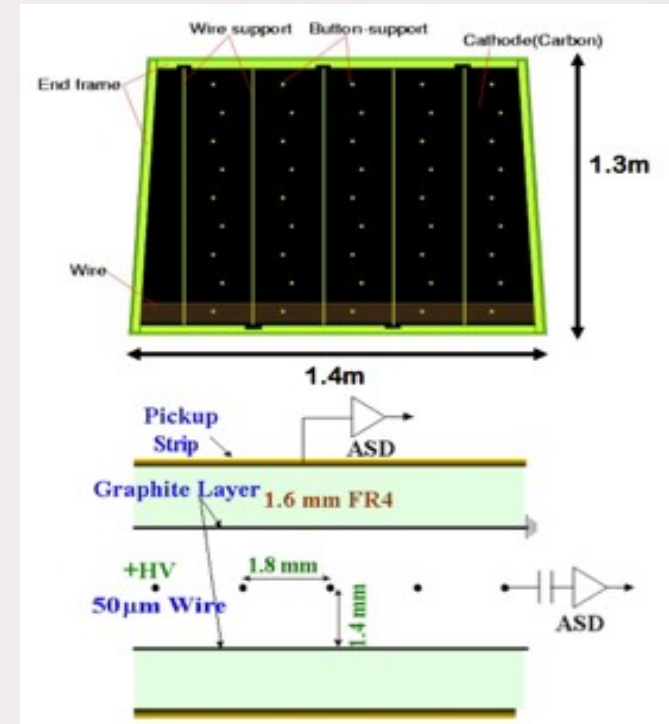
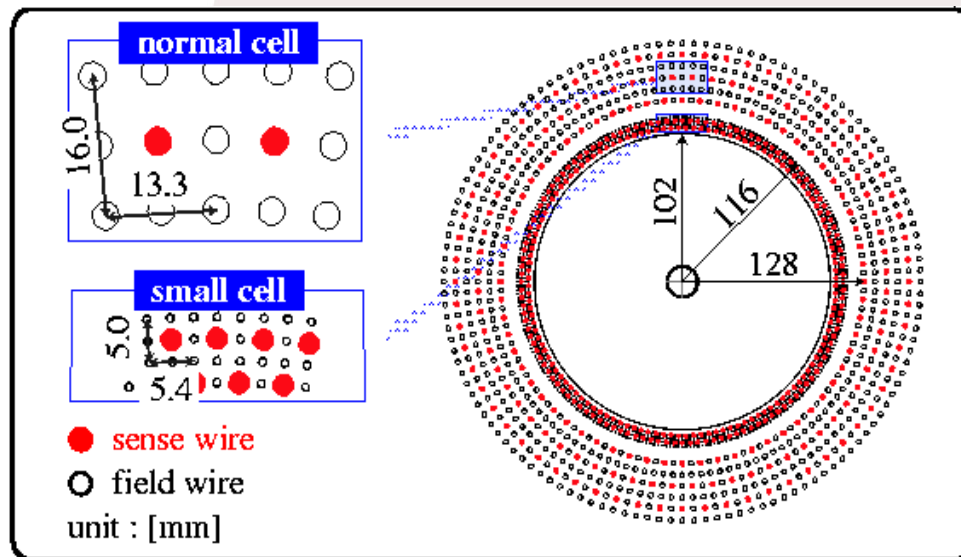
Roulements de tambours

Tous les éléments mesurent environ 300 mm et se situent dans un champ magnétique longitudinal de 5 T



Chambres à dérives existantes

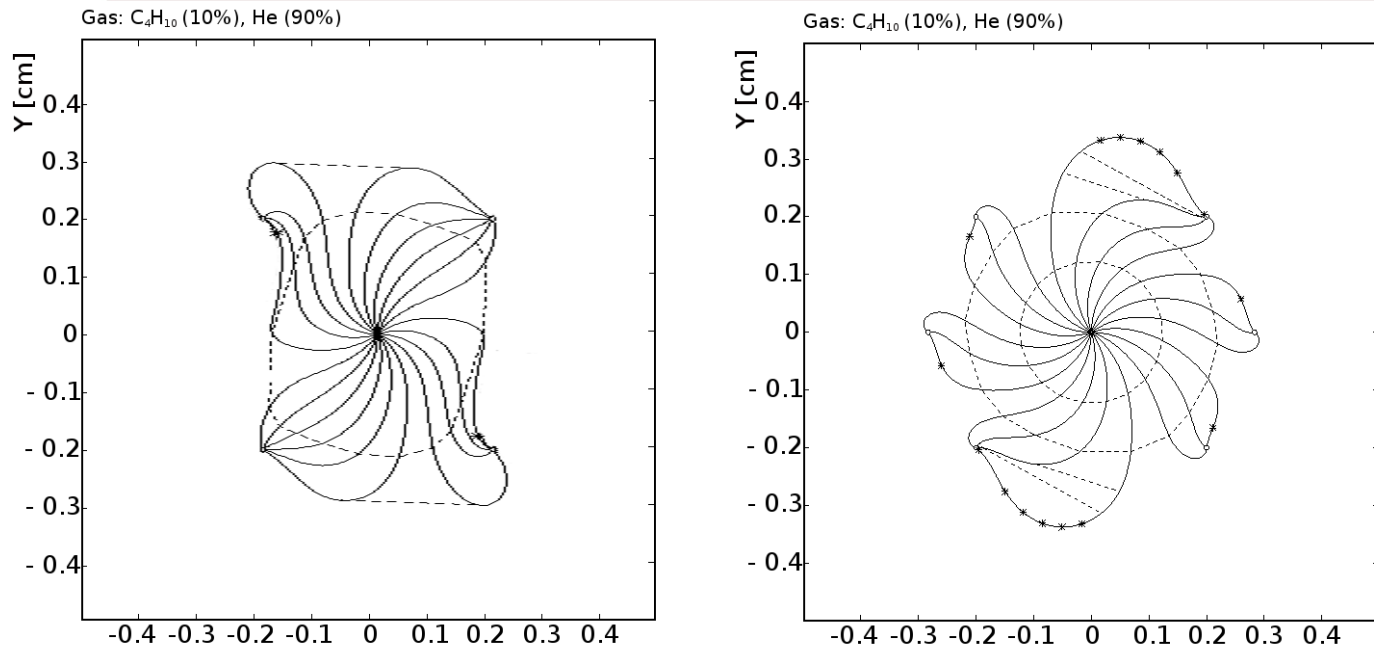
- Bras Dimuon de ALICE construit et conçu à l'IPNO
- ATLAS small wheel : 2 mm d'inter-fils sur ~1.3 m
- Belle II (KEK-Japan) small-cell drift chamber:



- Ingénieurs et techniciens d'Orsay construisent de petites raquettes avec un espace inter-fils de 1 mm

Angle stéréo pour déterminer la position selon l'axe du faisceau
Espacement entre les fils : 2 mm

Exemples de cellules

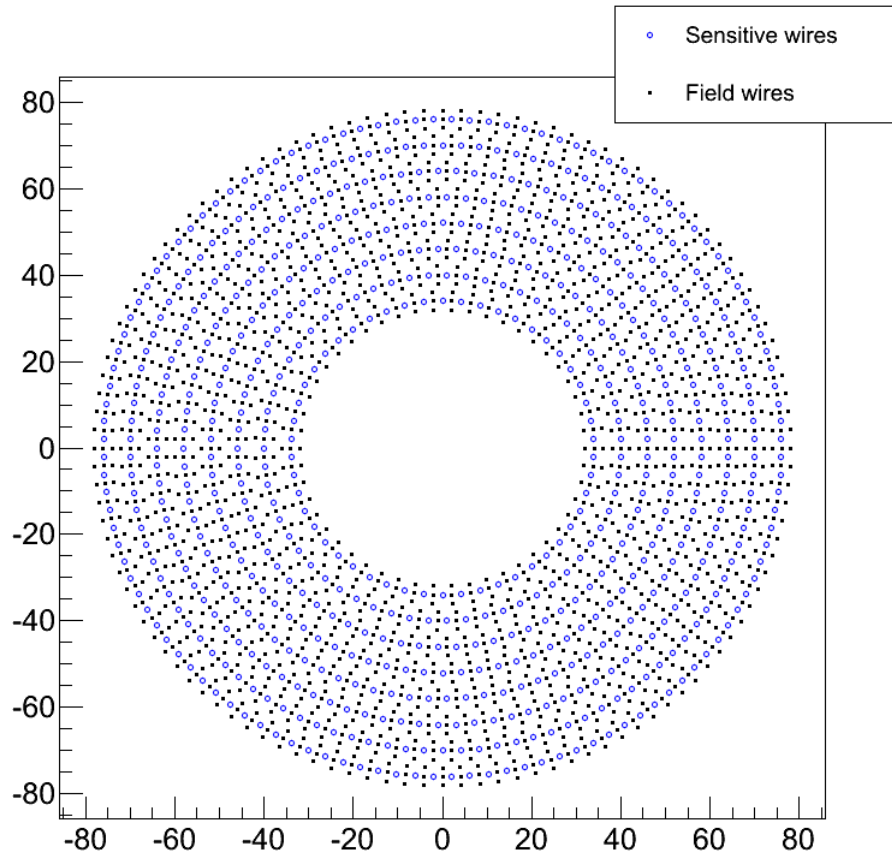


Simulations GARFIELD des lignes de dérives, G. Dodge

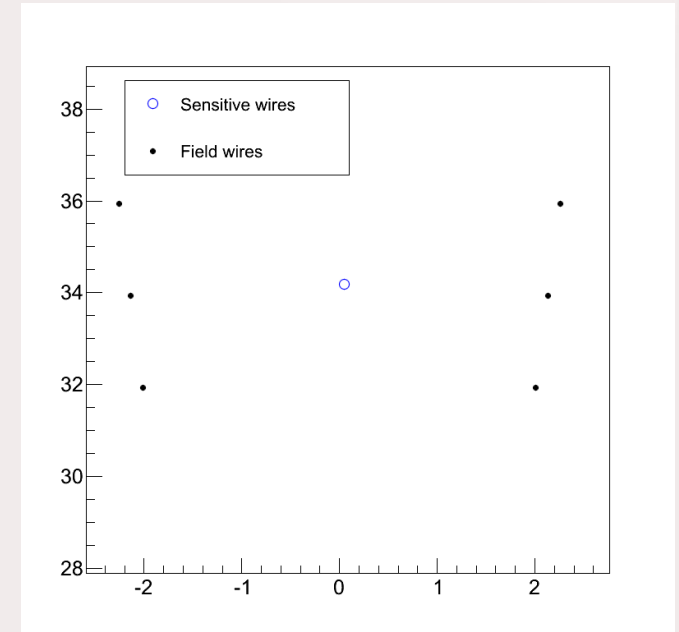
Temps de dérives maximal du signal électronique : 200 ns

Cette estimation sera vérifiée avec le prototype actuellement installé dans le banc de test.

Chambre à dérivation (2/2)



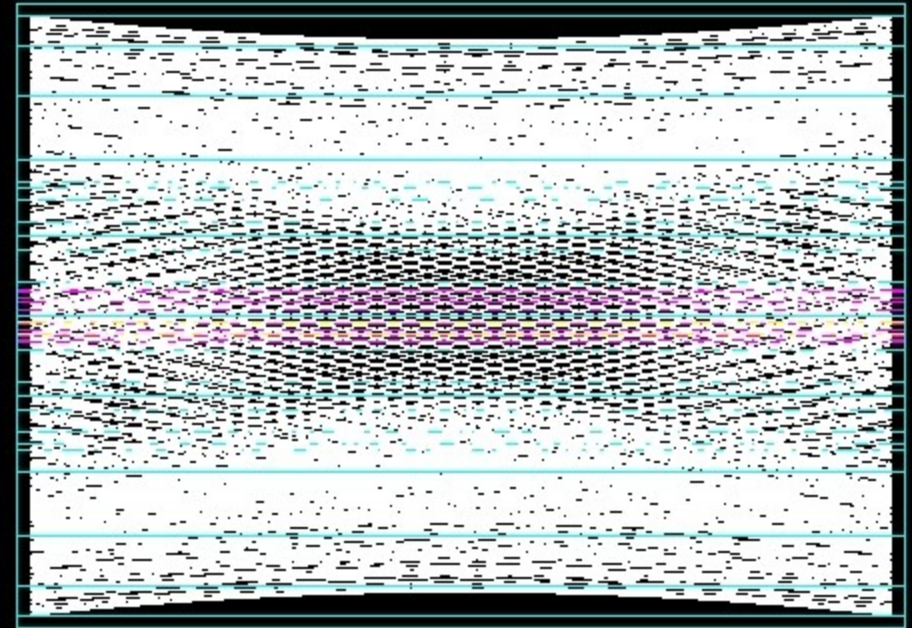
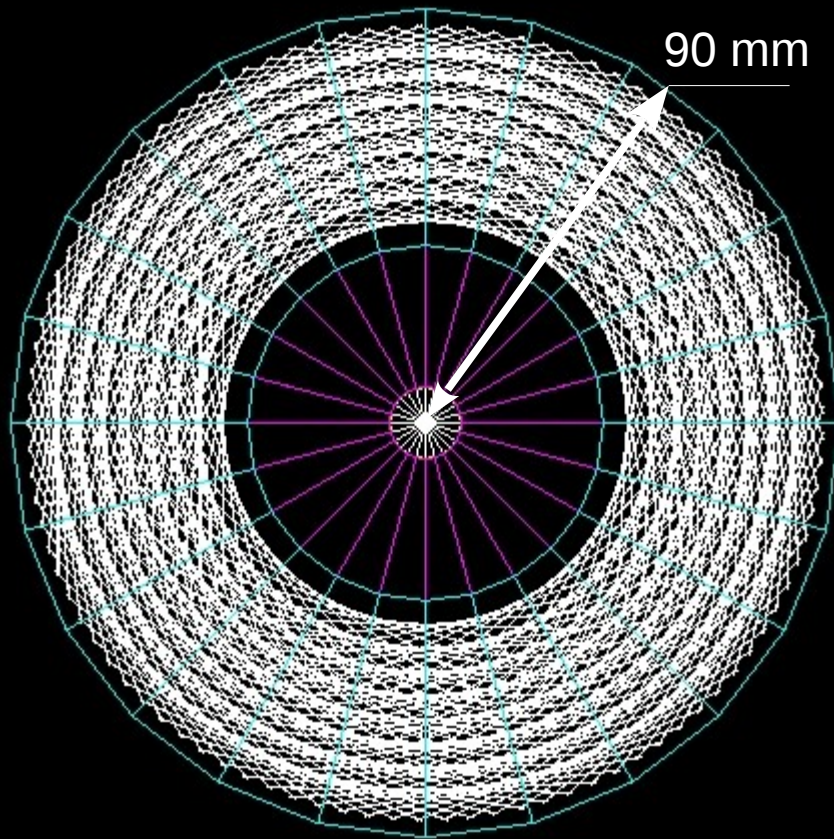
Exemple de configuration. Dans cette configuration, il y a 662 fils sensibles et 1986 fils de champs.



Vue d'une cellule

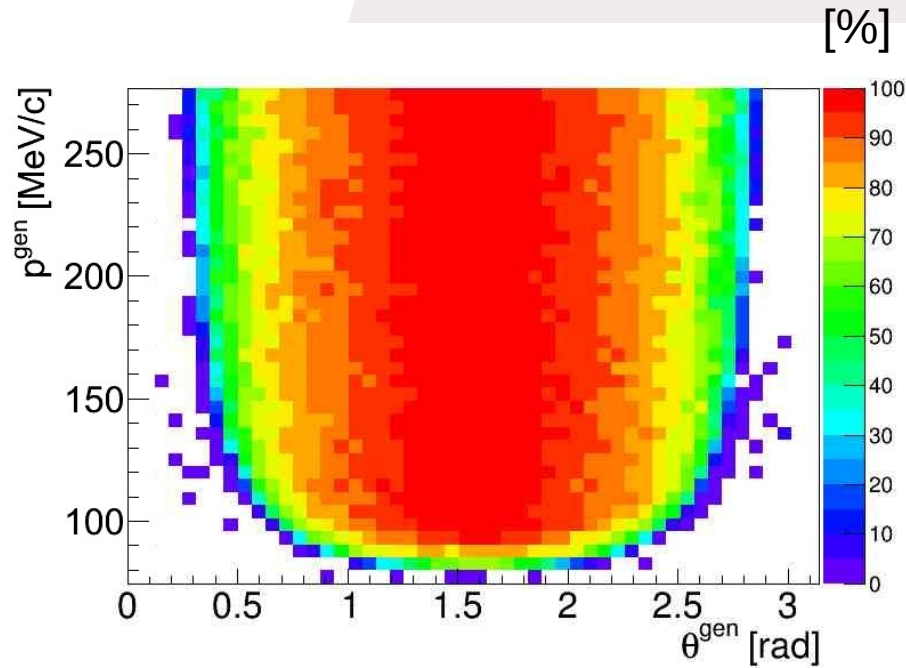
Pour assurer une flèche de 20 microns avec des fils de tungstène dorés, le poids total sur le support est d'environ 600 kg.
=> Tests de fils plus légers.

Estimations des performances

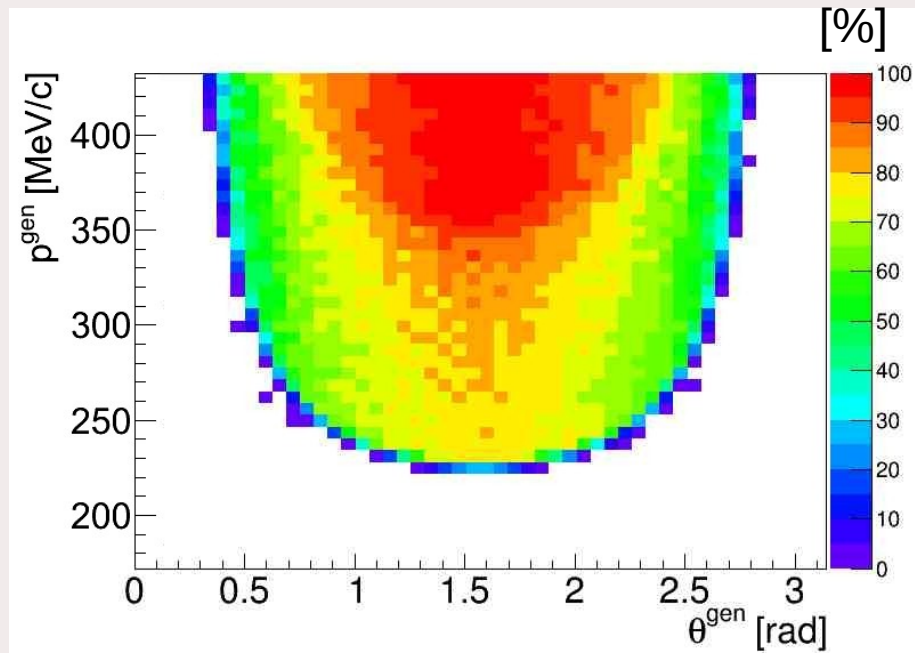


Angle stéréo 10°

Acceptance condition: la particule atteint les scintillateurs



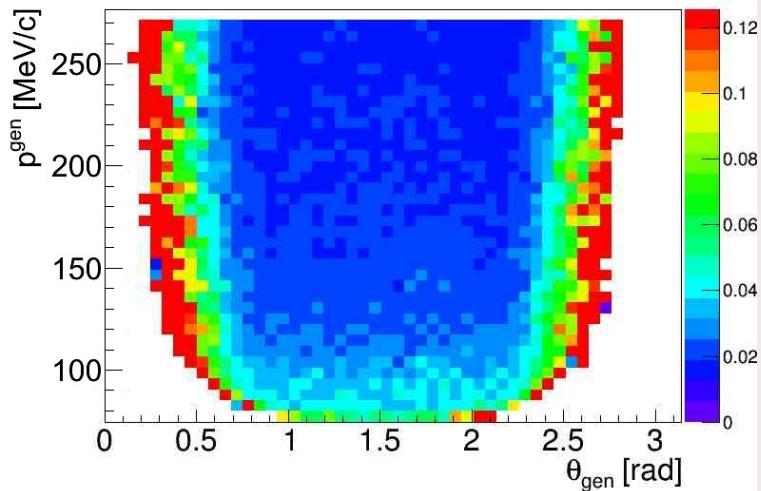
Protons



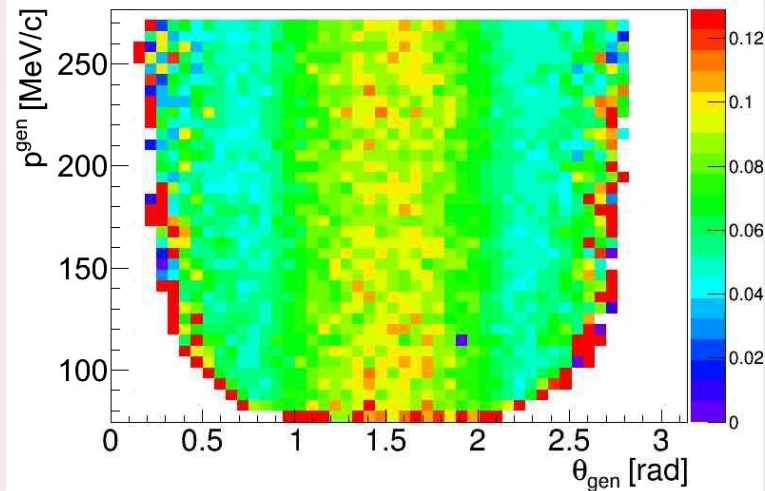
Alphas

Resolutions pour les protons

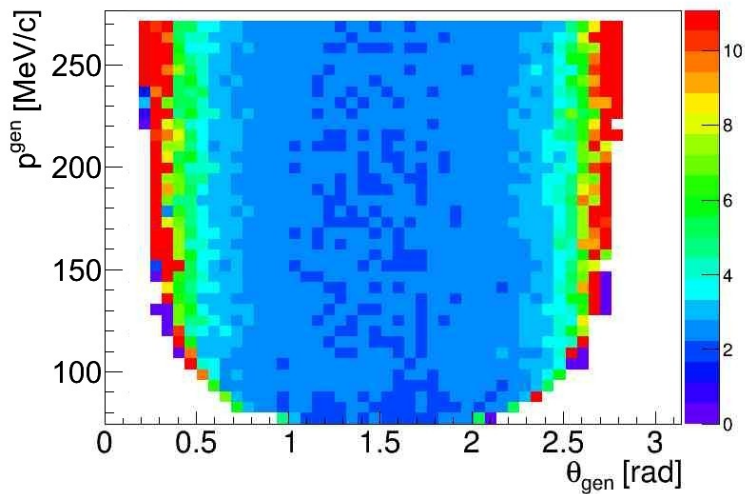
Phi [rad]



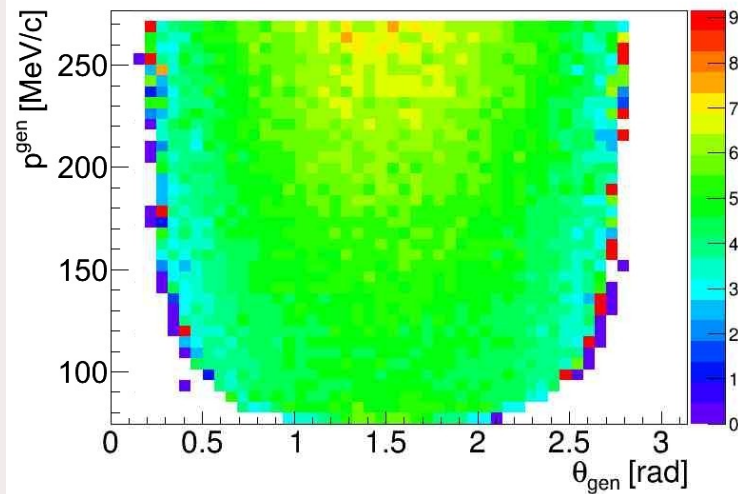
Theta [rad]



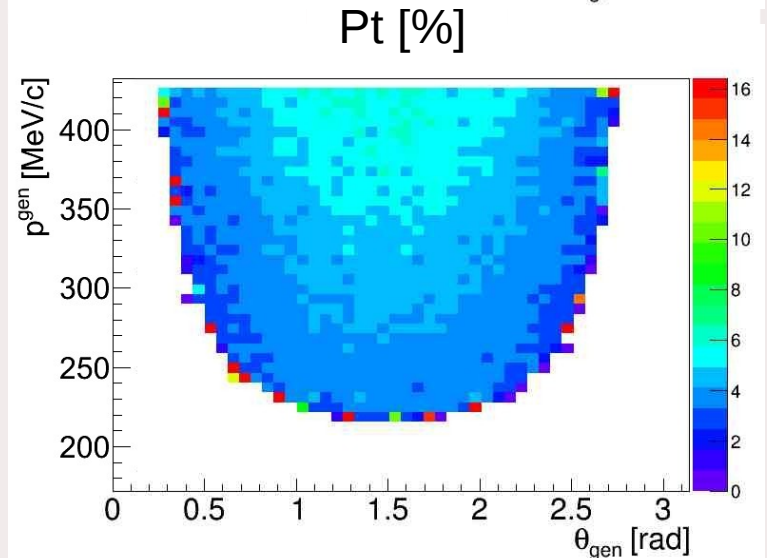
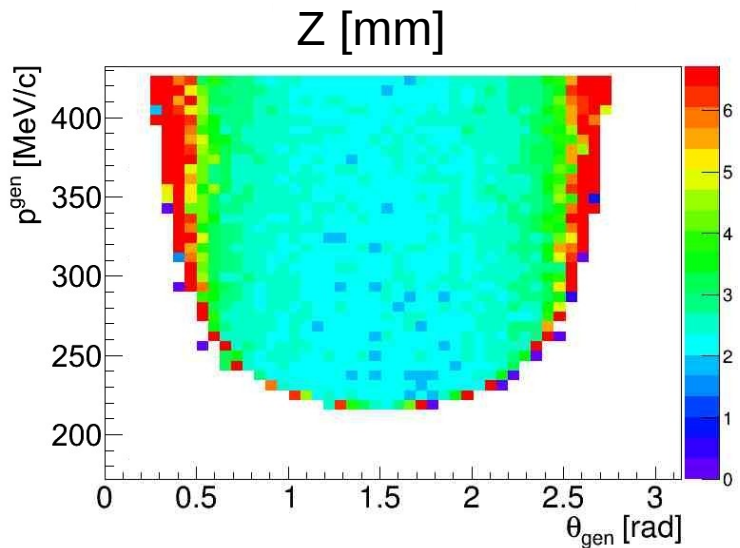
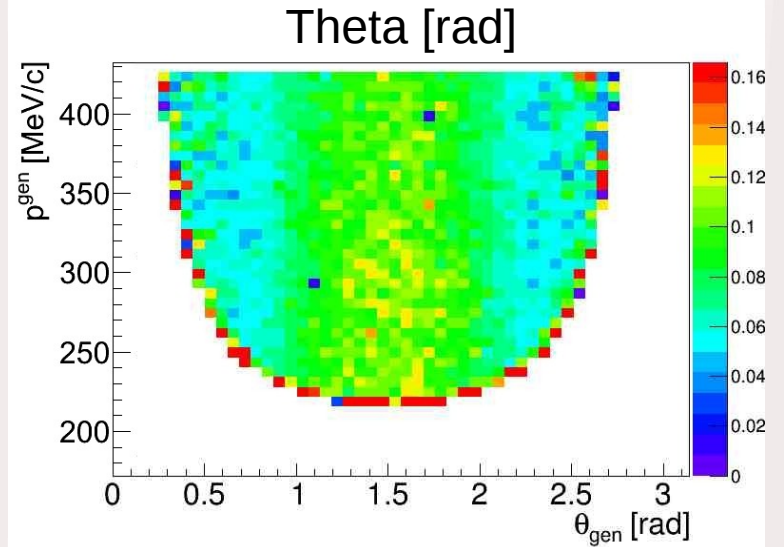
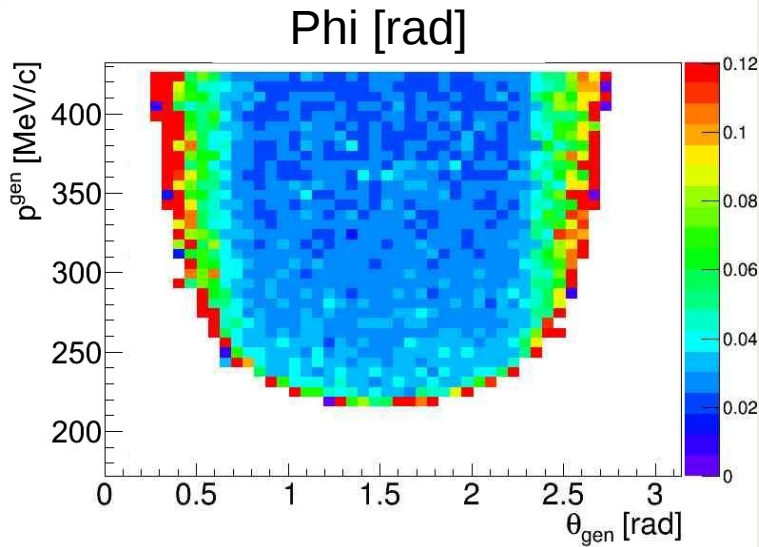
Z [mm]

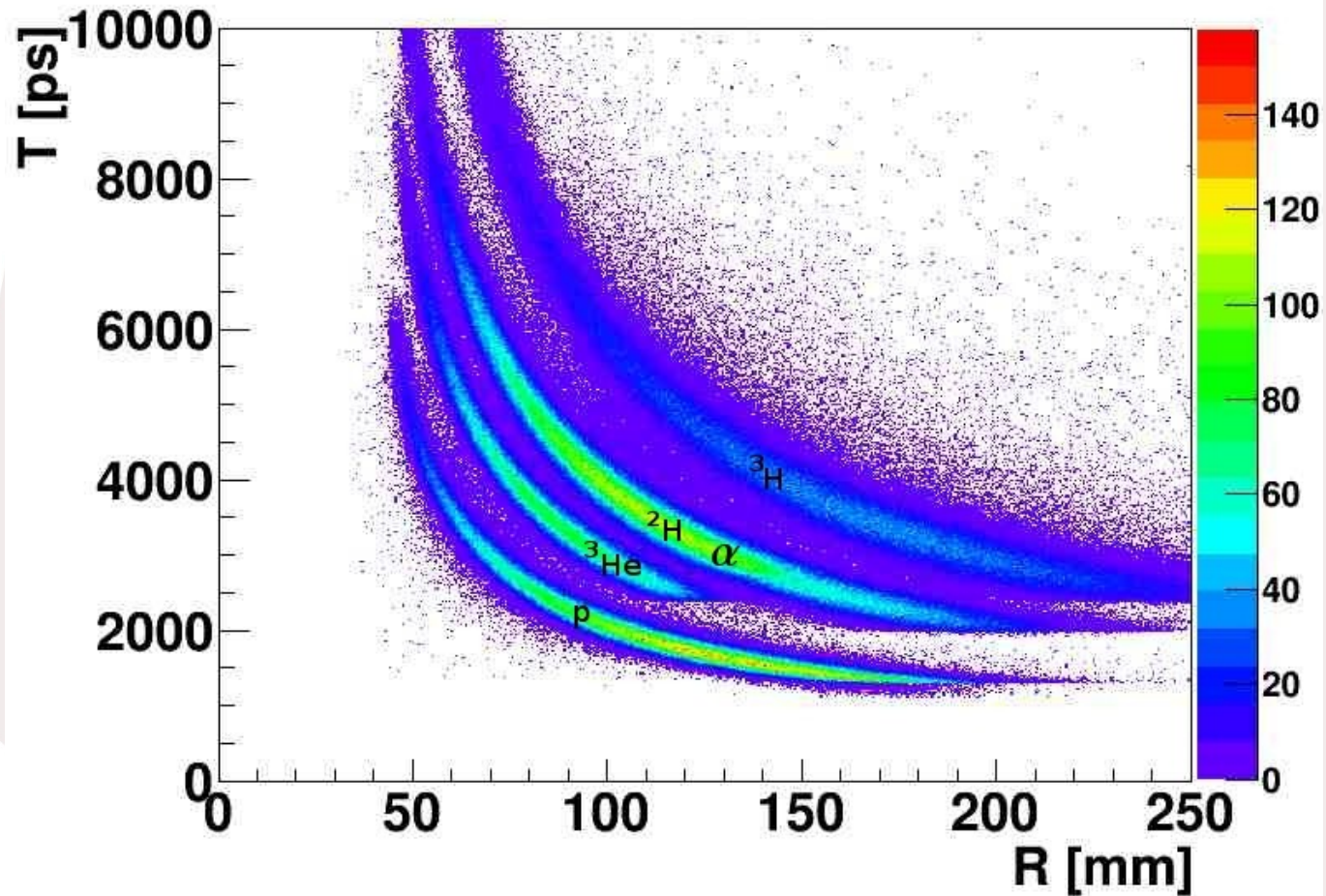


Pt [%]



Resolutions pour les alphas

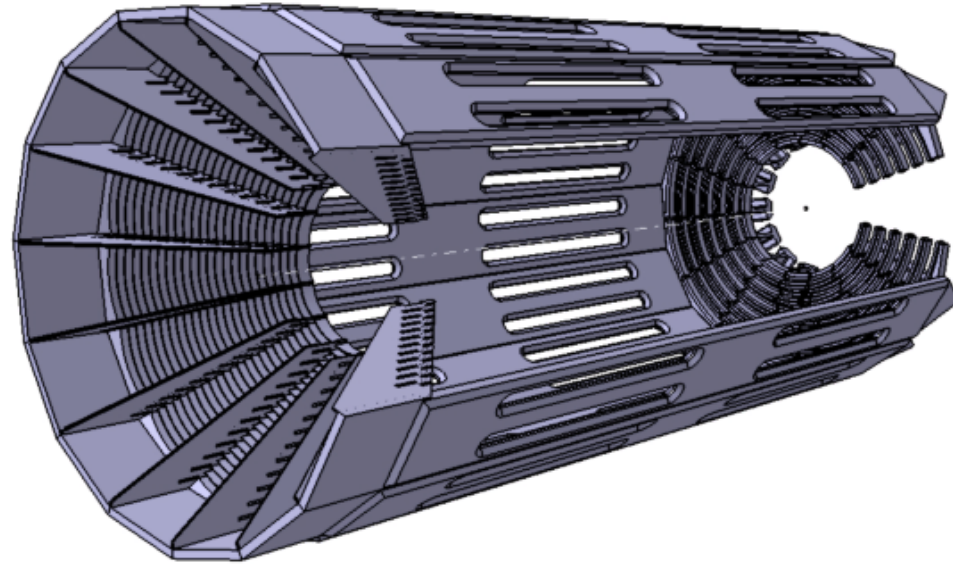
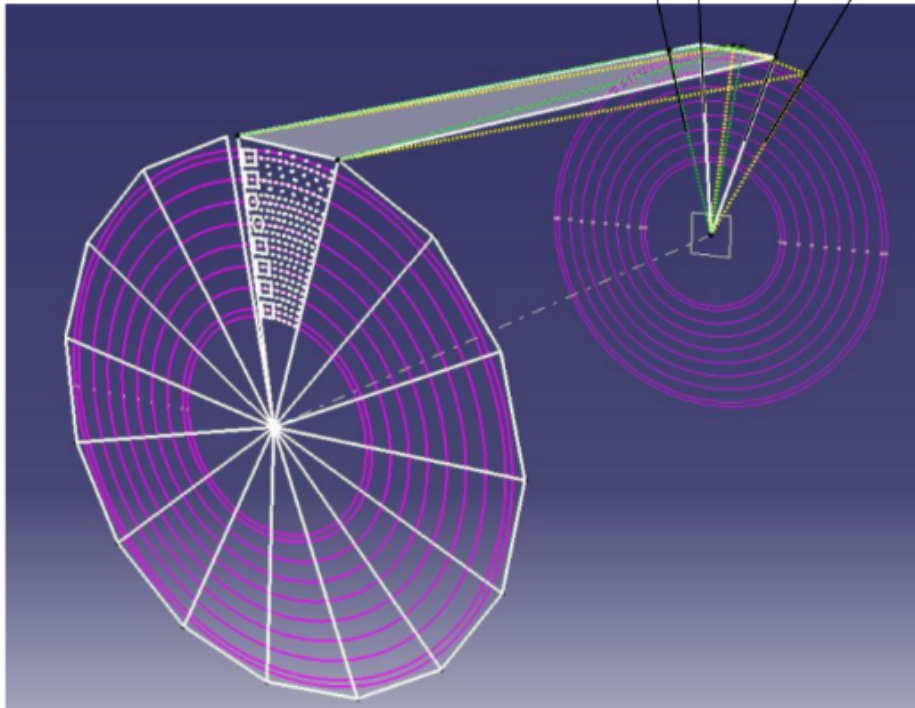




Prototypes

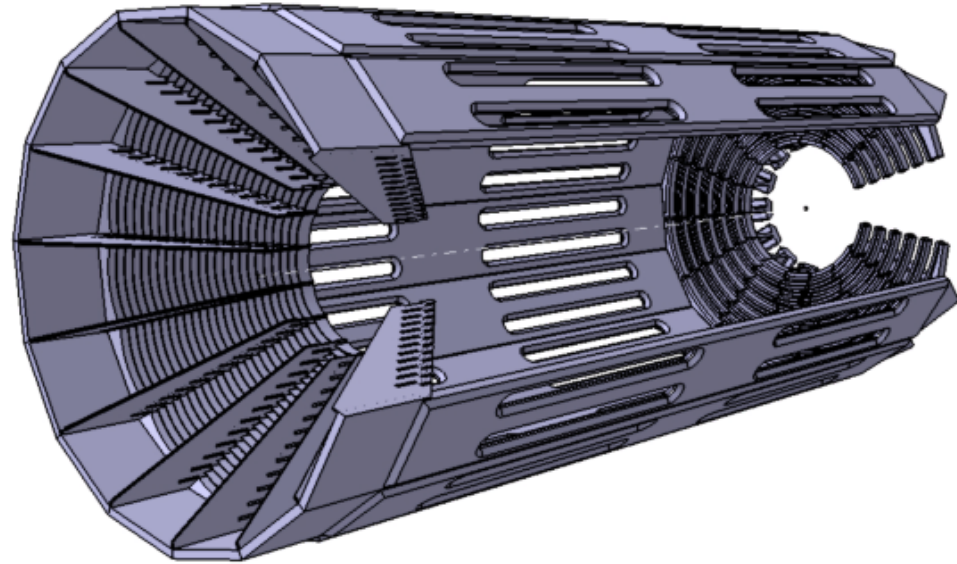
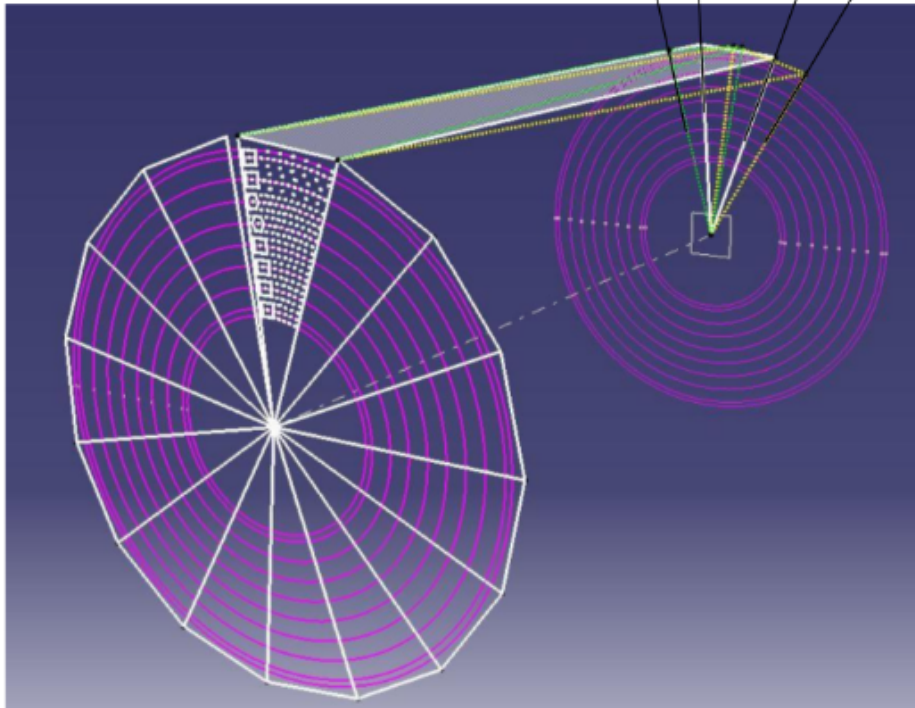
Stereo angle configuration

-> Valeur de l'angle = +/- 10°



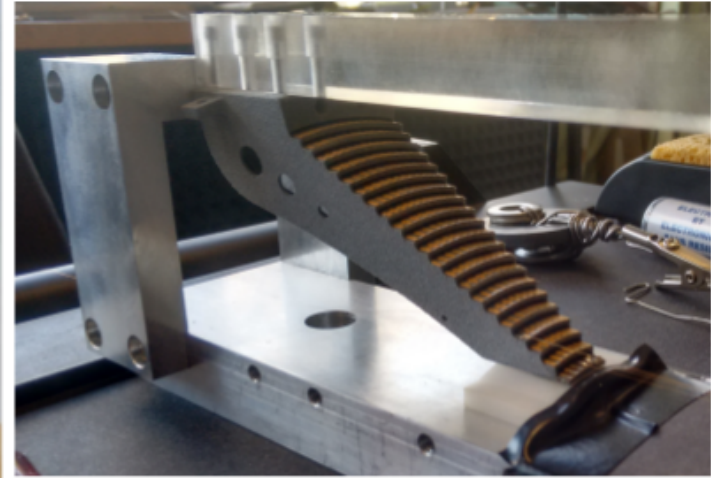
Stereo angle configuration

-> Valeur de l'angle = +/- 10°

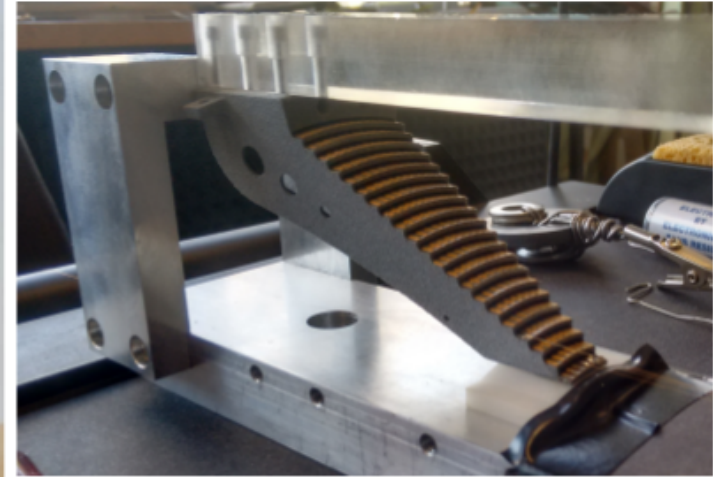


Géométrie complexe pour souder et coller les fils
Si quelqu'un sait comment pincer des fils, contactez-moi !

Belle
bétise
sur ce
prototype



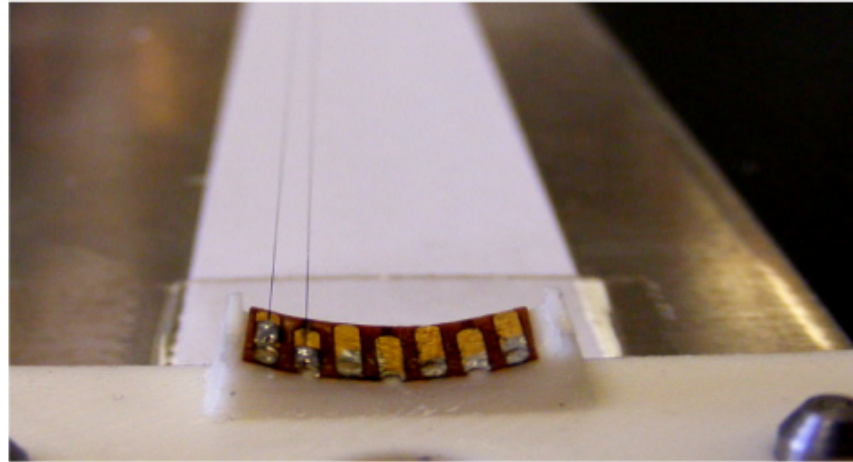
Belle
bétise
sur ce
prototype



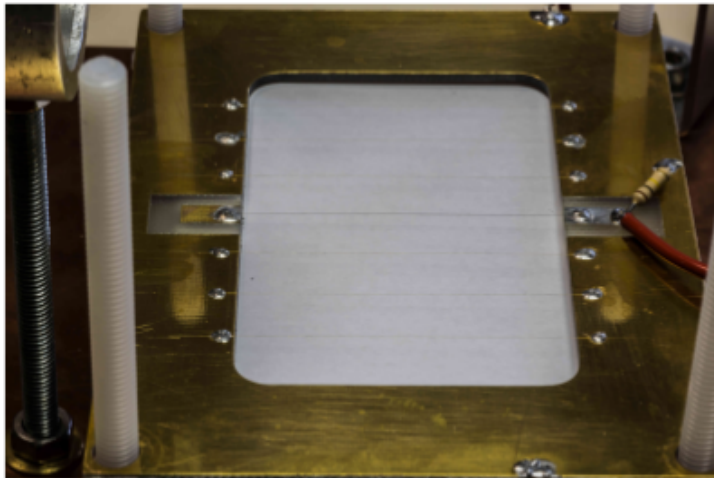
Impression
3D métal



Soudure des fils



Soudures sur une surface courbe



Un petit prototype a été utilisé pour vérifier que l'électronique DREAM, utilisée jusqu'à présent seulement pour des Micromegas pouvait lire une chambre à fils.

Les tests ont été concluants et doivent être approfondis

Fils de carbone

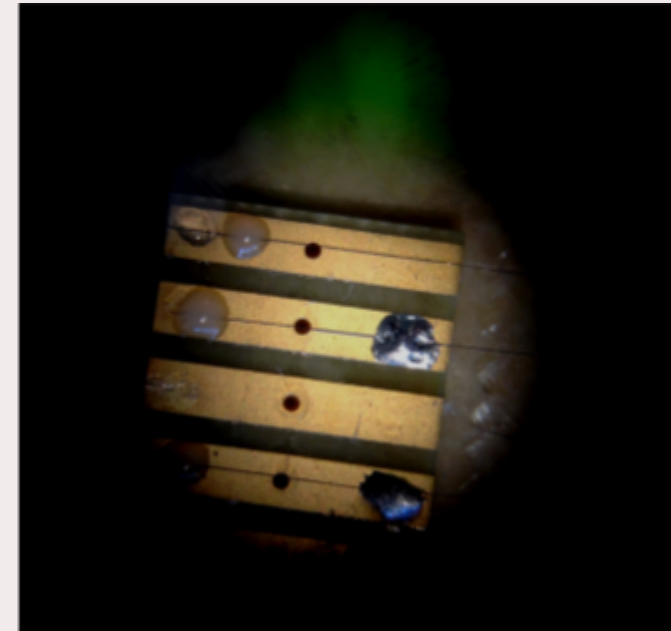
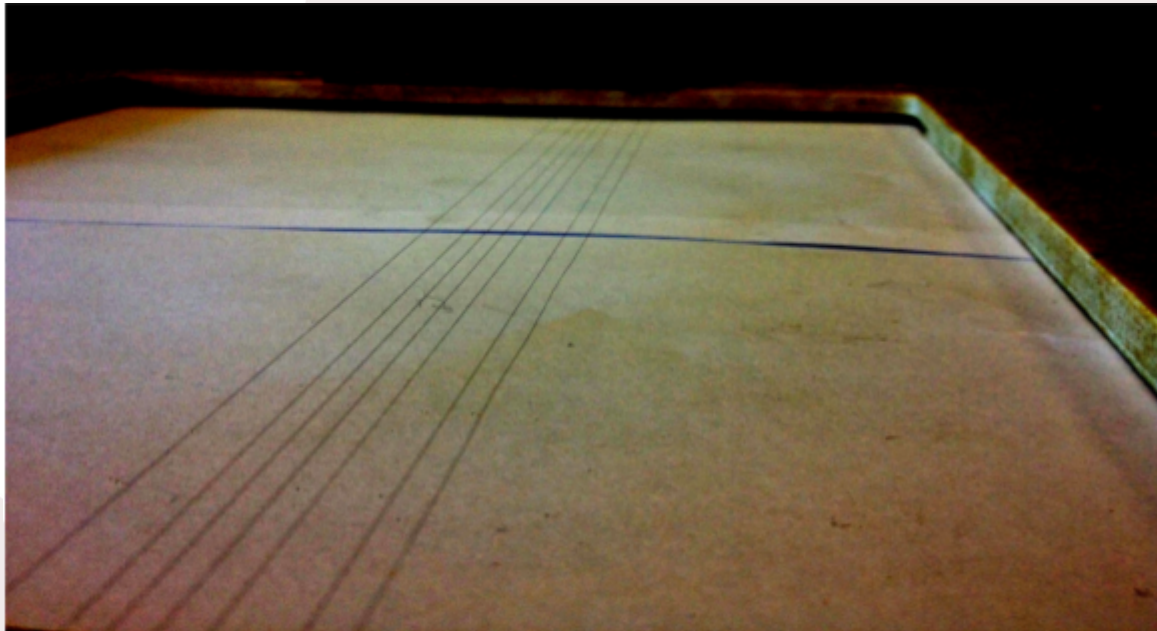
Fils de carbone pour ALERT

L'utilisation de fils de carbone permet :

- une diminution de la tension
- une diminution de la diffusion multiple

Mais oblige à une plus grande dextérité.

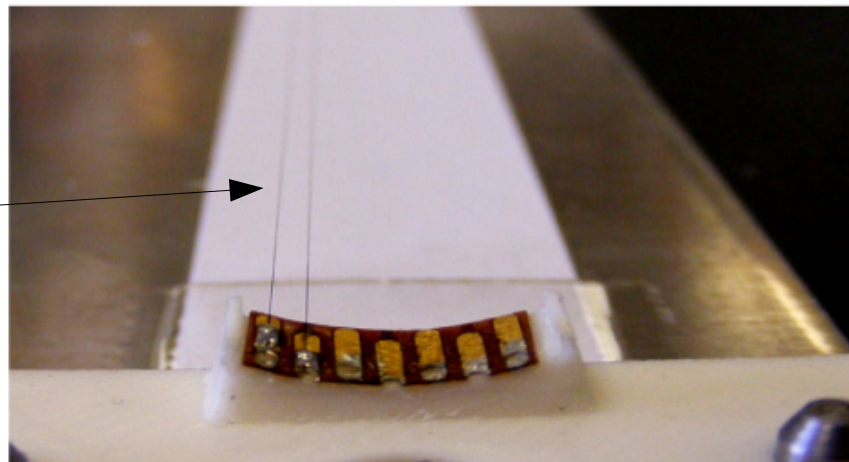
	Gold-plated tungsten wire	Carbone wire
Diameter	30 μm	34 +/- 2.5 μm
Resistivity	0.67 Ω/cm	1.67 $\text{k}\Omega/\text{cm}$
Density	19.17 g/cm^3	1.8 g/cm^3
Tensile strength	1.51 GPa	0.86 GPa
Tensile modulus	410 GPa	41.5 GPa



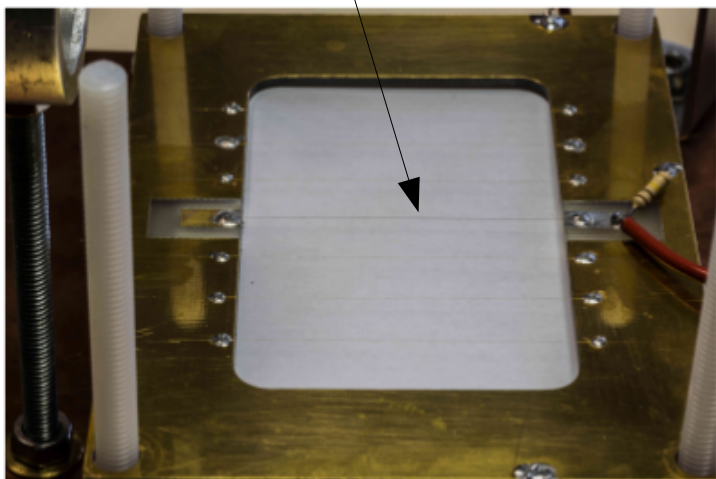
Fils de carbone de 30 cm de long, soudés et collés.

Simulation

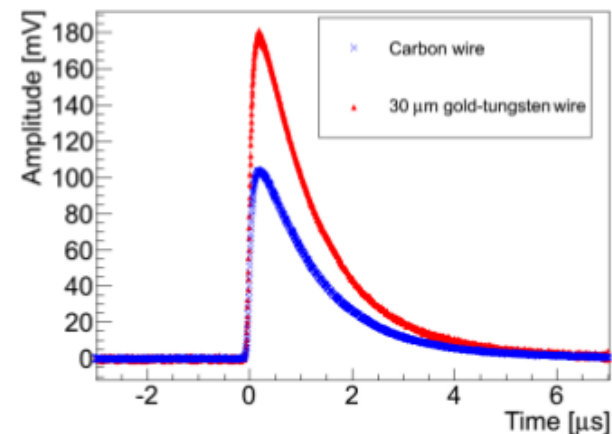
Fils de carbone



Soudures sur une surface courbe

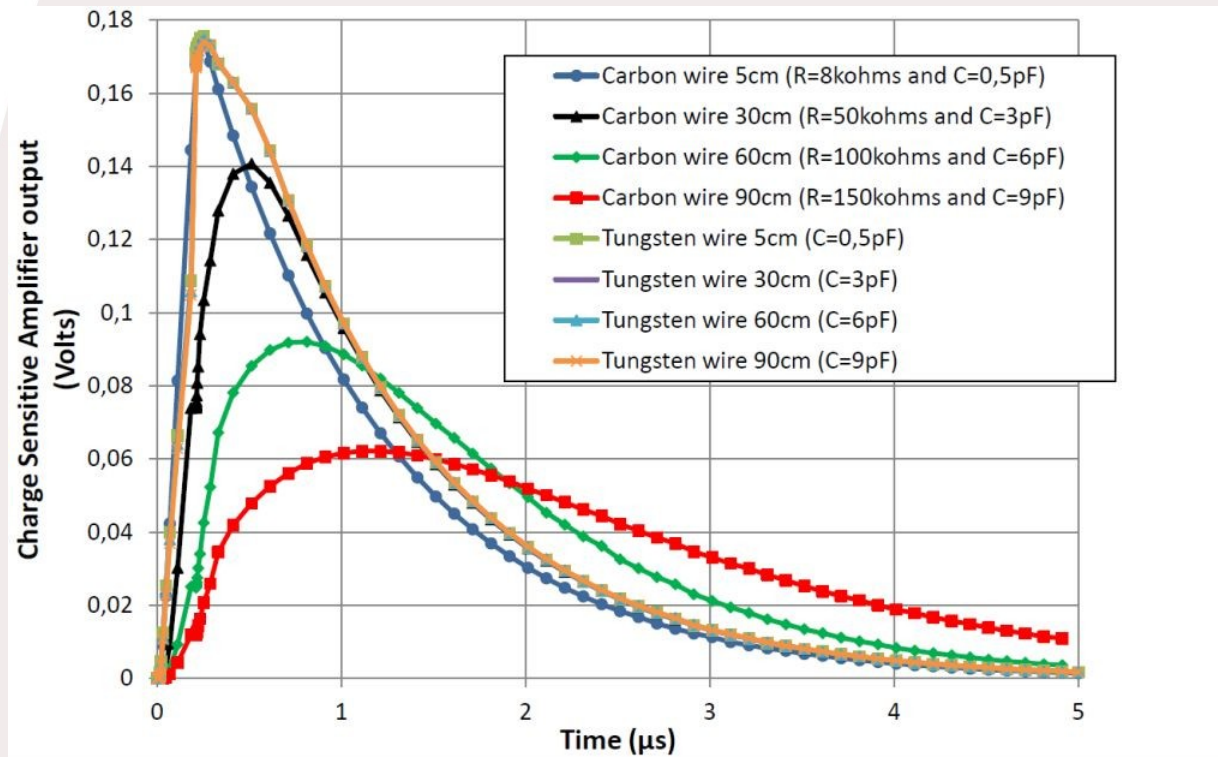


Tests à basse pression



NIM A, Volume 855, (2017), pp 154-158

L'amplitude est plus basse avec un fil de carbone.

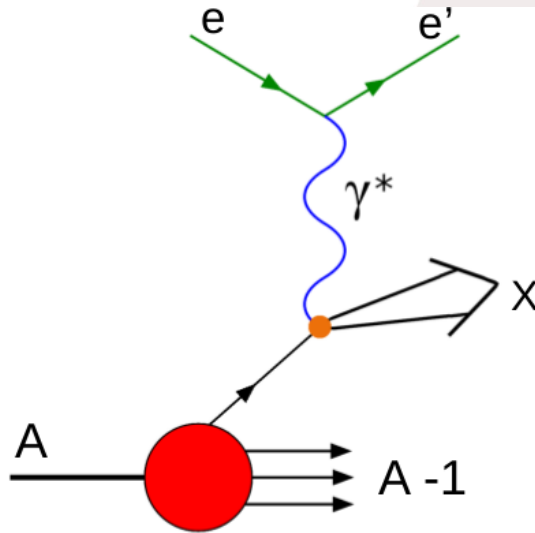


Perte de signal significative due à la résistance élevée des fils de carbone

N'explique cependant pas la différence observée entre tungstène et carbone pour des fils de 10 cm.

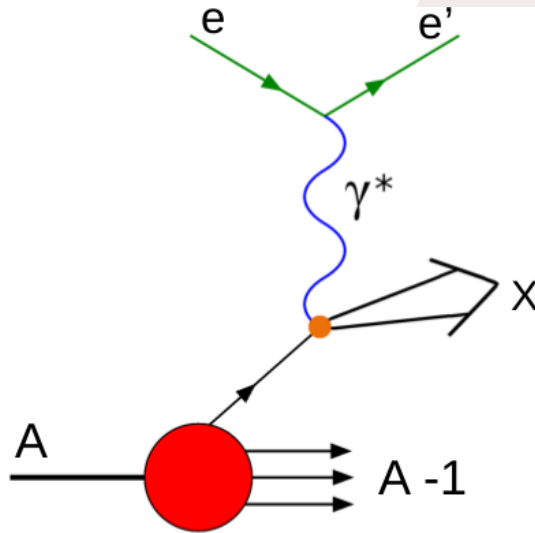
Déformation géométrique ? Probablement => de nouveaux tests à venir

ALERT experiment and detector

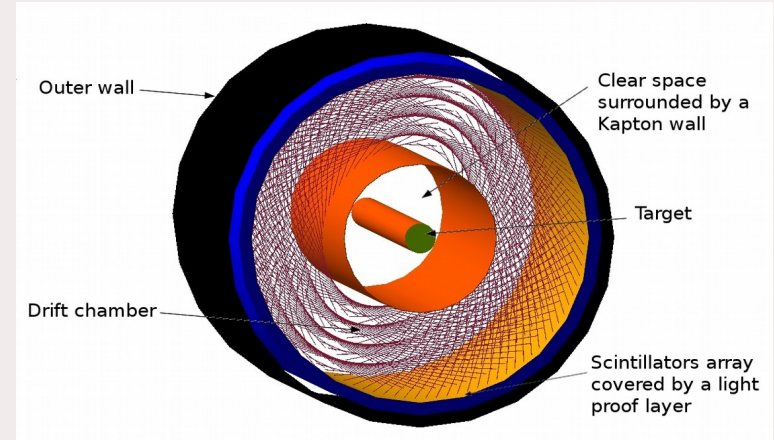


ALERT
étudiera la
structure
du nucléon
à JLab

ALERT experiment and detector

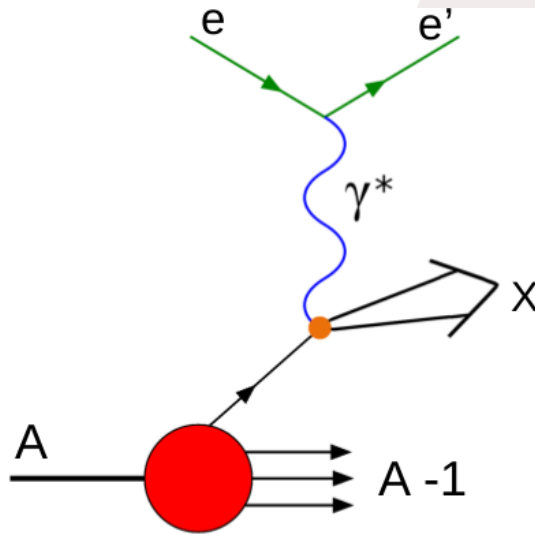


ALERT
étudiera la
structure
du nucléon
à JLab

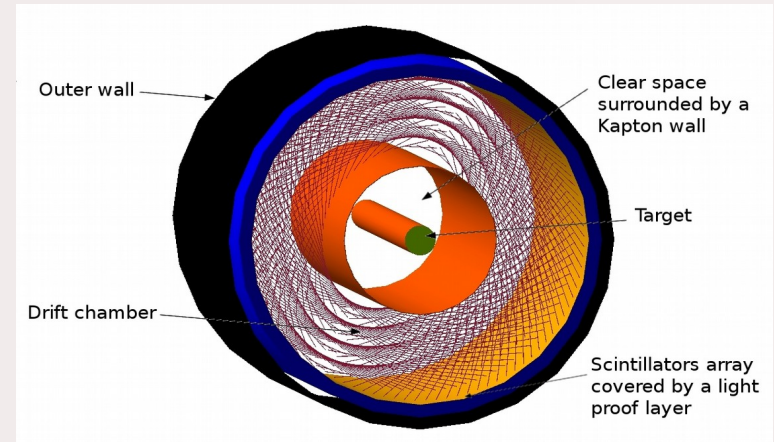


ALERT est un beau détecteur,

ALERT experiment and detector



ALERT
étudiera la
structure
du nucléon
à JLab

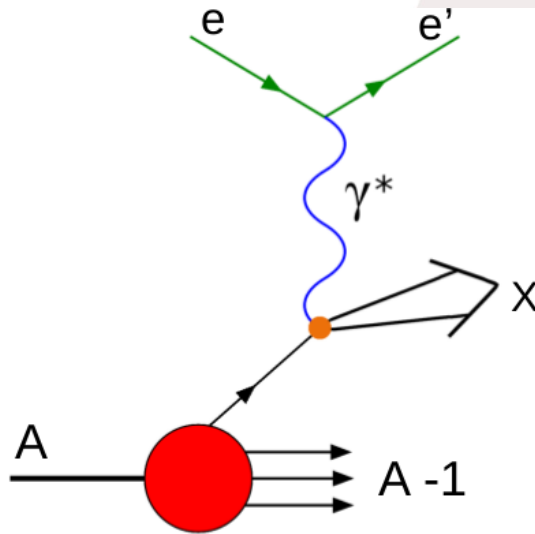


ALERT est un beau détecteur,

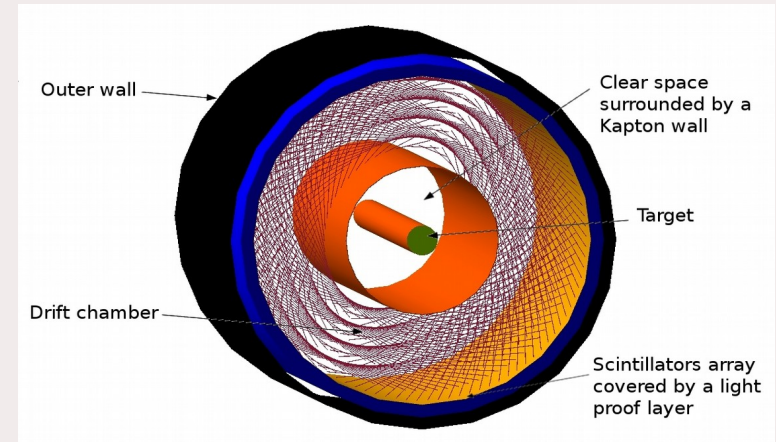


avec des jolis prototypes en
impression 3D métal,

ALERT experiment and detector



ALERT
étudiera la
structure
du nucléon
à JLab



ALERT est un beau détecteur,



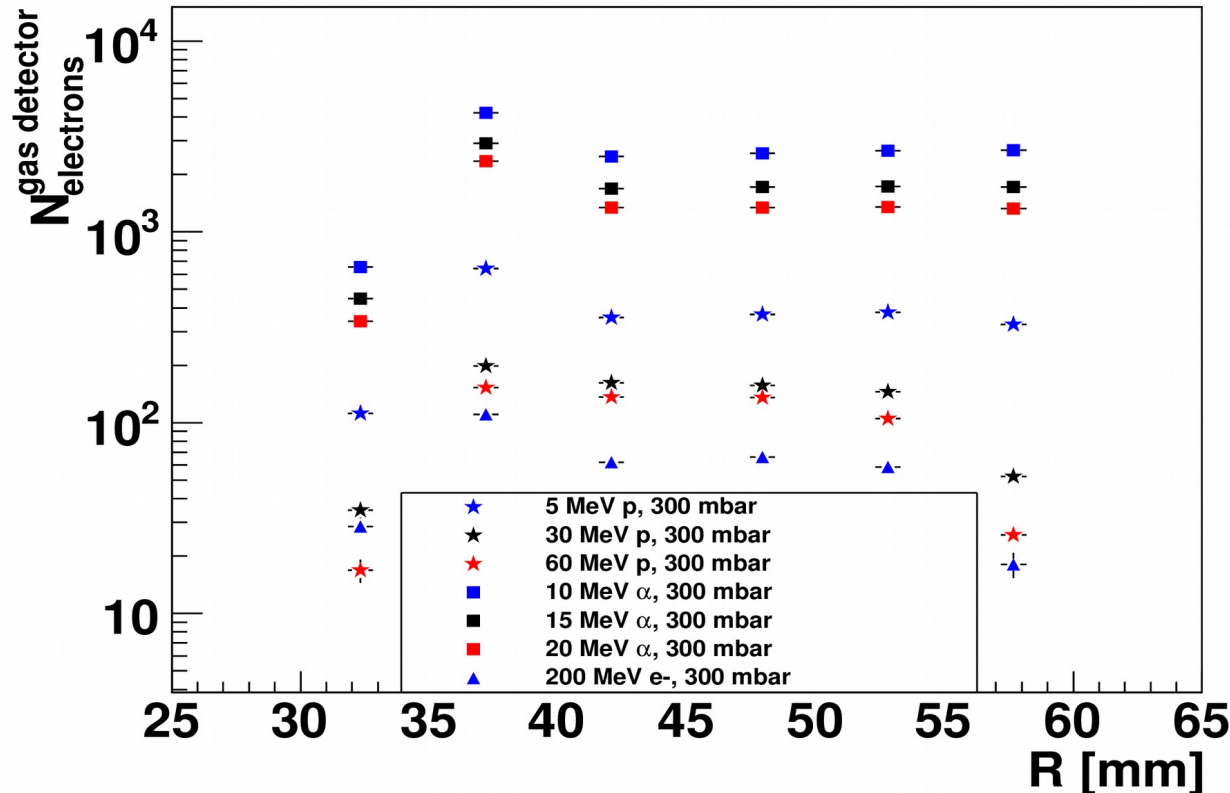
avec des jolis prototypes en
impression 3D métal,



et espérons des fils de carbone.

How to trigger only on protons?

Initial idea: work at lower pressure to reduce energy deposition of electrons

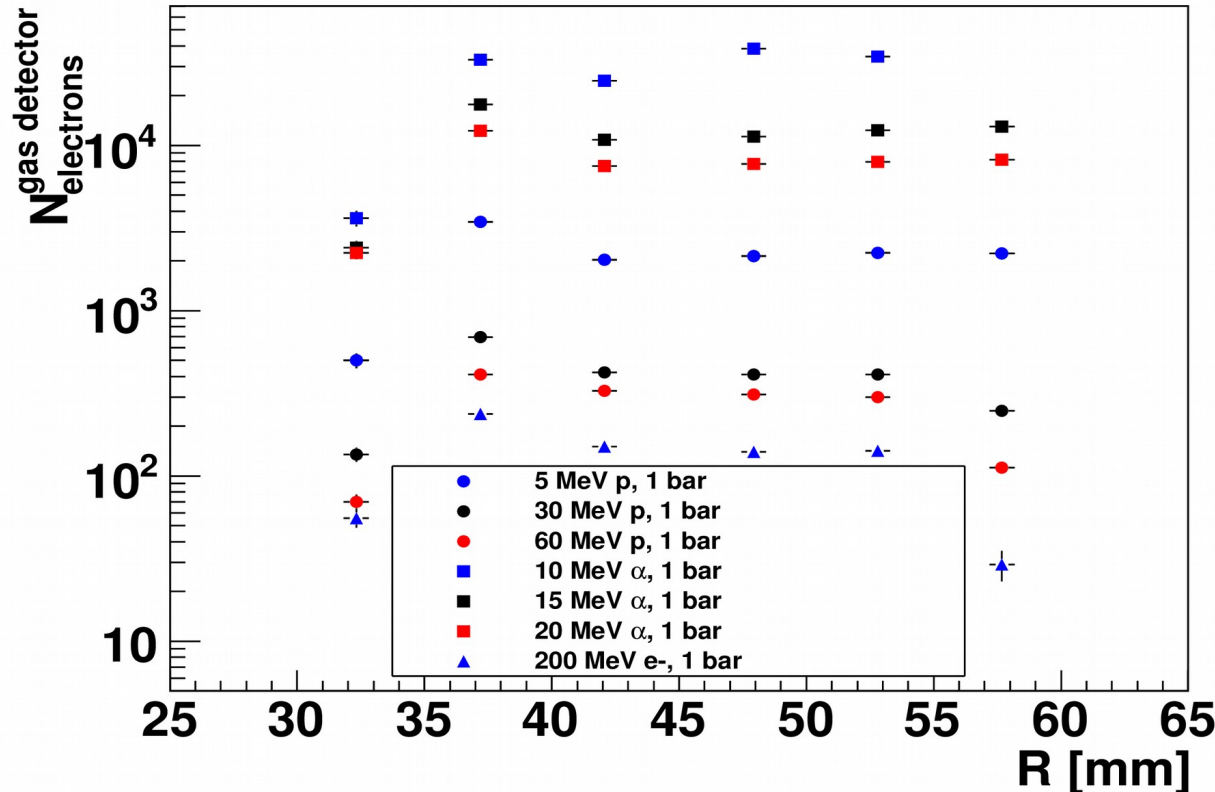


On the side of the theory: electrons deposit energy via Bremsstrahlung ($\sim Z^2/A$) while other particles interact via ionisation ($\sim Z/A$), so a light gas mixture is preferable. But for the moment nothing about the pressure.

The best gas mixture/pressure couple must be determined taking into account three parameters: **drift speed**, **gas gain** and **distinction between protons and electrons**.

How to trigger only on protons?

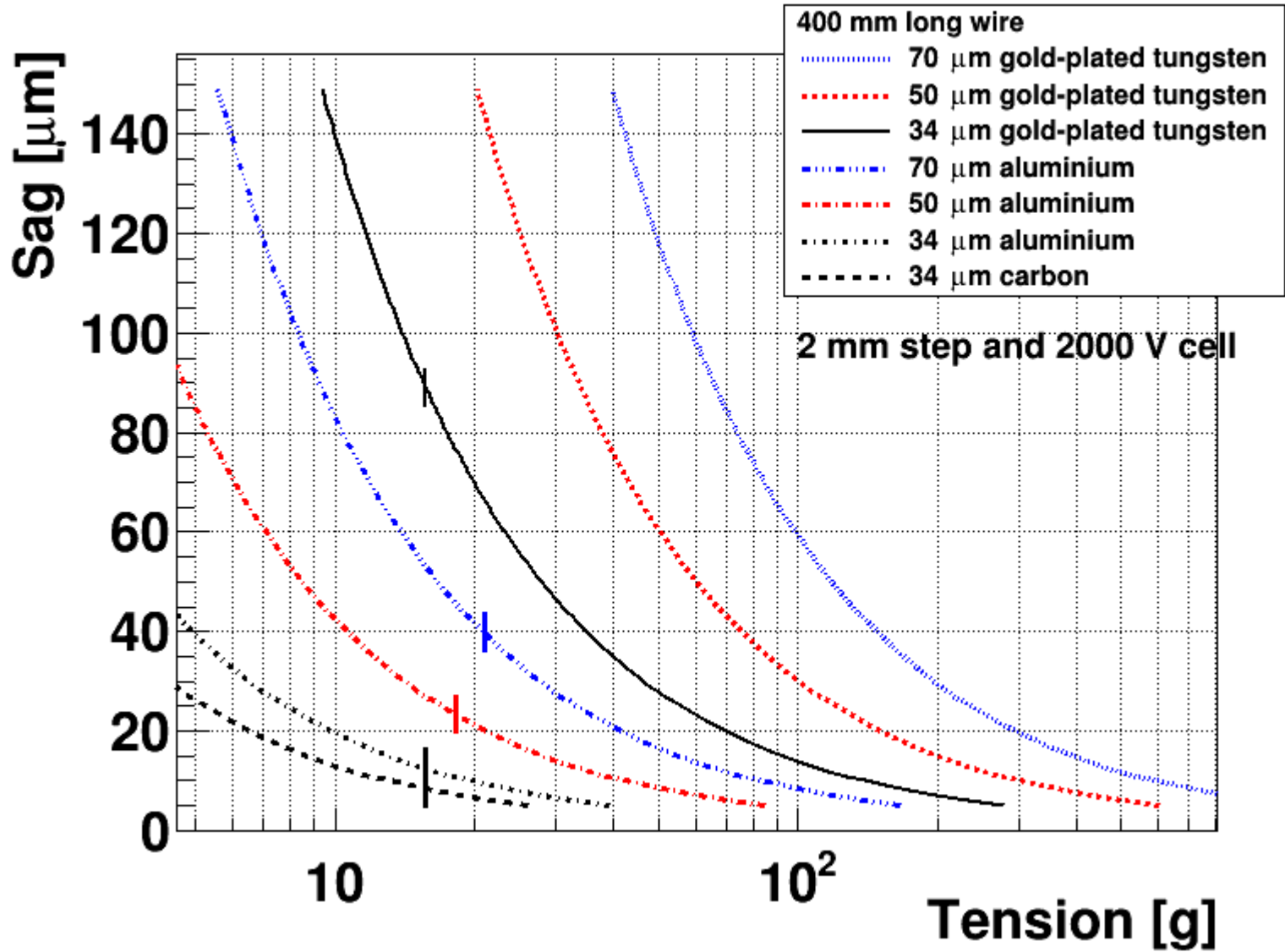
Initial: work at lower pressure to reduce energy deposition of electrons



On the side of the theory: electrons deposit energy via Bremsstrahlung ($\sim Z^2/A$) while other particles interact via ionisation ($\sim Z/A$), so a light gas mixture is preferable.

All the results showed after are for iC_4H_{10} at 1 bar.

The best gas mixture/pressure couple must be determined taking into account three parameters: **drift speed**, **gas gain** and **distinction between protons and electrons**.



The root output file of Geant4 contains the event number, the hit number and for each hit:

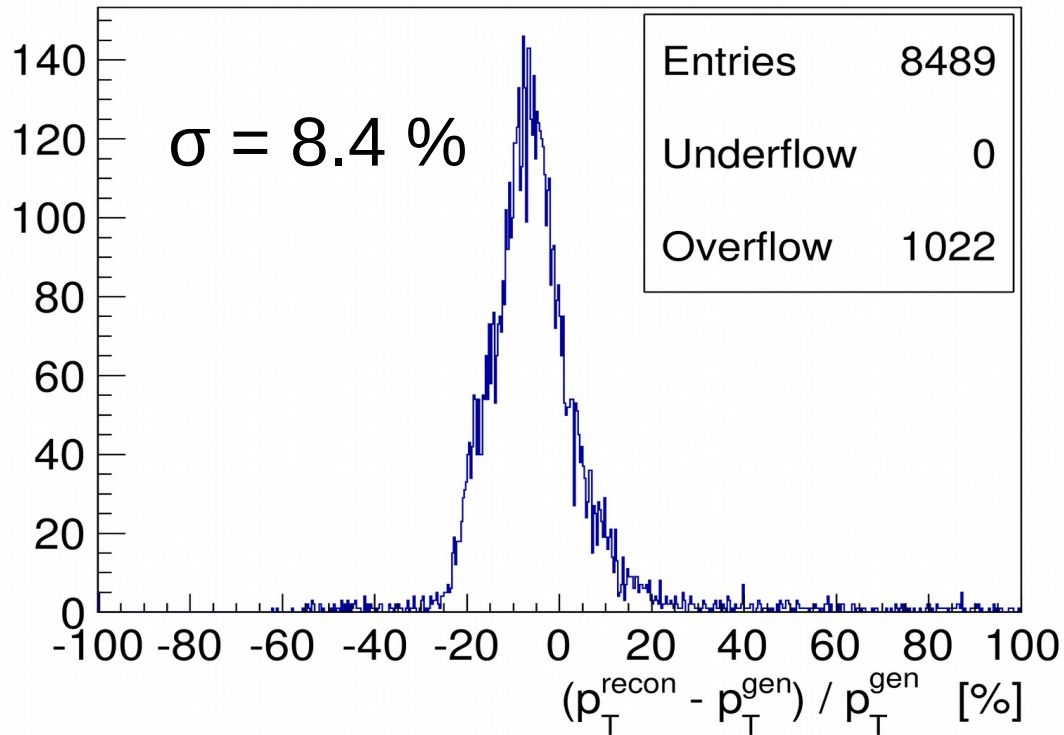
- the energy deposited
- the particle id
- the hit position (x,y,z)
- the hit time (relatively to its creation)
- the vertex position of the particle
- the vertex momentum direction of the particle
- the vertex energy of the particle

Using only the hit position the closest wire is found and identified as a wire with signal. A time is associated to it, it is the minimum time of all hit for this wire. Thus a new root file is created containing for each hit all of the above plus:

- a minimum time for each hit
- the wire layer
- the wire angle
- the drift distance inferred from drift speed and drift time (not used for the moment)

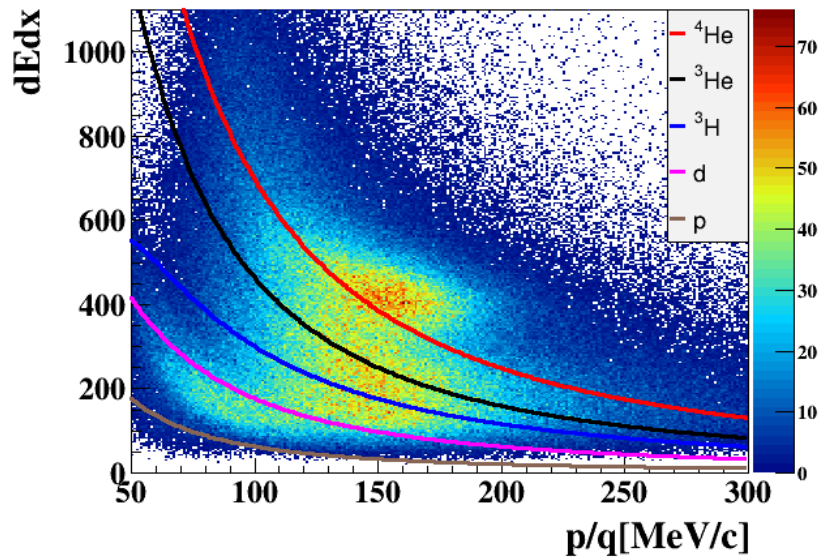
Transverse momentum resolution

6 MeV (about 100 MeV/c) protons are emitted in all direction from all the target, no cut is applied, nor energy loss correction. Only the hit wire information is used.



The fitting algorithm using the time information is quite complicated and will depend on the field lines. The resolution should be improved when the algorithm will be ready. To evaluate the Z resolution a fastMC has been used.

Left side



Right side

