



**HAL**  
open science

# Etude et installation d'un nouveau détecteur de faisceau au GANIL

J.L. Vignet

► **To cite this version:**

J.L. Vignet. Etude et installation d'un nouveau détecteur de faisceau au GANIL. 1992, pp.18. in2p3-00679929

**HAL Id: in2p3-00679929**

**<https://in2p3.hal.science/in2p3-00679929v1>**

Submitted on 16 Mar 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**GRAND ACCELERATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS**

**GANIL**

**ETUDE ET INSTALLATION D'UN  
NOUVEAU DETECTEUR DE FAISCEAU  
AU GANIL  
( R 9207 )  
( JL VIGNET Secteur Physique Aires Expérimentales )**

**ETUDE ET INSTALLATION D'UN  
NOUVEAU DETECTEUR DE FAISCEAU  
AU GANIL  
( R 9207 )  
( JL VIGNET Secteur Physique Aires Expérimentales )**

# **SOMMAIRE**

## **1 INTRODUCTION**

## **2 PRINCIPE ET CONSIDERATIONS THEORIQUES**

### **2.1 THEORIE DE LA PERTE D'ENERGIE**

### **2.2 RELATION ENTRE LA PERTE D'ENERGIE ET LE POUVOIR D'IONISATION**

### **2.3 ENERGIE CINETIQUE DES IONS DE RECOL**

### **2.4 LIBRE PARCOURS DES IONS DANS LE VIDE**

### **2.5 EVALUATION DE LA RESOLUTION DU DETECTEUR**

## **3 EXPERIMENTATION**

## **4 ELECTRONIQUE ASSOCIEE**

## **5 UN PROFILEUR EVOLUTIF**

## **6 ETUDE MECANIQUE ET COUT DU DETECTEUR**

## **7 IMPLANTATION SUR LE SITE**

### **7.1 IMPLANTATION SUR LA MACHINE**

### **7.2 IMPLANTATION SUR LES AIRES D'EXPERIENCES**

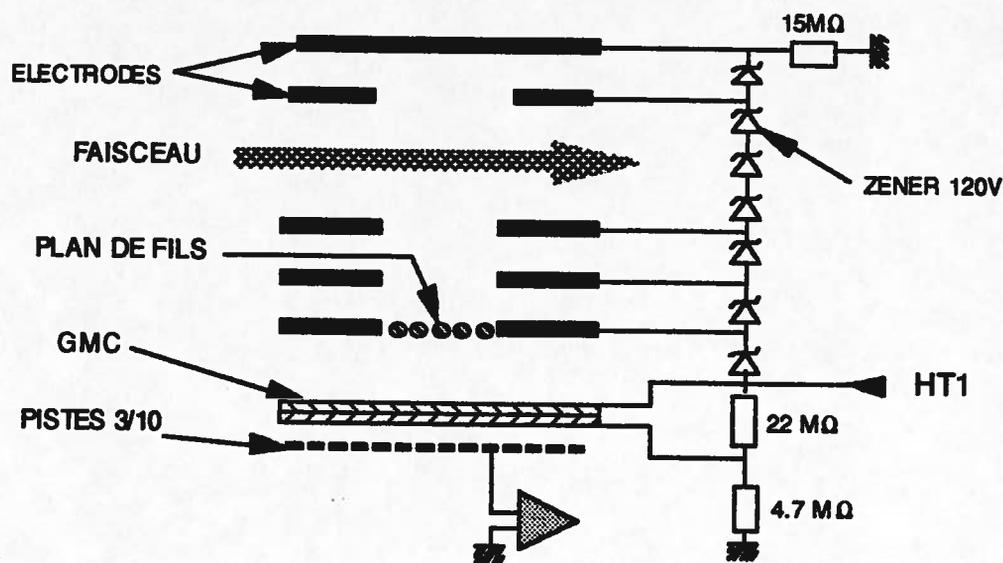
## **8 PERSPECTIVES**

## 1 INTRODUCTION

Depuis 85, un nouveau profileur de faisceau a été étudié au sein du groupe, cela afin de remplacer à certains endroits de la machine et des aires expérimentales les profileurs classiques. Ce nouveau profileur devait répondre aux conditions suivantes:

- être non-interceptif
- pouvoir être totalement interchangeable avec les profileurs classiques à émission secondaire.
- pouvoir utiliser la même électronique de mise en forme.
- avoir une grande dynamique de fonctionnement ( $1 \text{ nAe} < \text{intensité} < \text{qq } \mu\text{Ae}$ ).

Ce nouveau détecteur utilise l'ionisation par le faisceau du gaz résiduel. Il est formé d'un espace accélérateur, chargé de canaliser les ions, d'un étage amplificateur composé de deux galettes de microcanaux (GMC) et d'un réseau à localisation (strips).



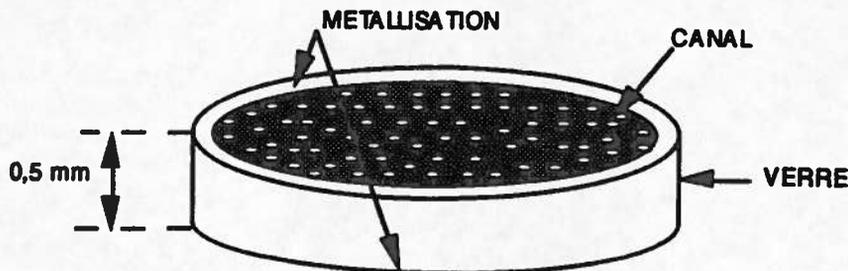
Du point de vue mécanique, ce détecteur se compose d'une embase fixée sur une bride standard DN160, réglable suivant trois axes, et d'une tête démontable recevant deux systèmes perpendiculaires afin d'obtenir un profil horizontal et un profil vertical.

## 2 PRINCIPE ET CONSIDERATIONS THEORIQUES

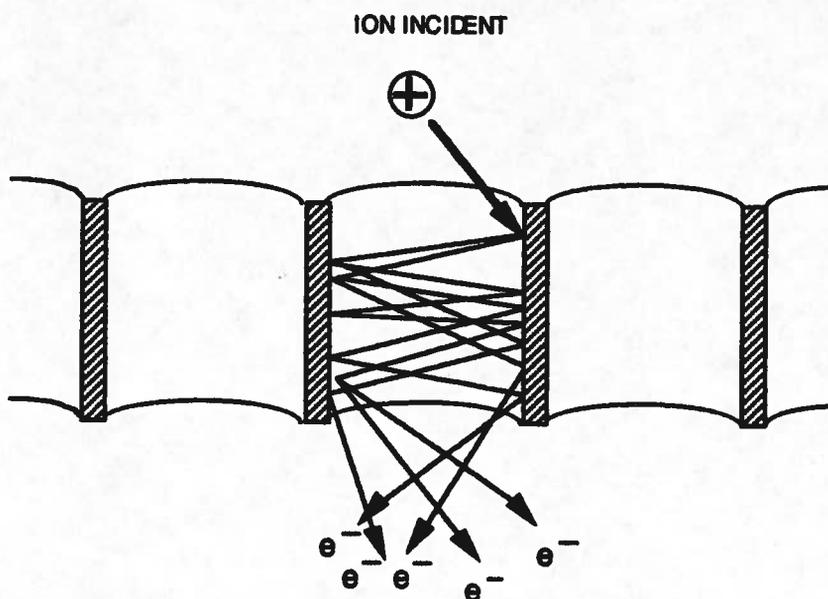
Tout au long de son parcours, le faisceau interagit avec le gaz résiduel du tube à vide ( $p = \text{qq } 10^{-6} \text{ mbar}$ ) en l'ionisant. La densité des ions émis à la périphérie du faisceau sera directement proportionnelle à sa forme. En canalisant ces ions grâce à un champ électrique uniforme et en les envoyant

dans un multiplicateur d'électrons ( ici, des galettes de microcanaux ), on obtiendra un profil de faisceau.

Une galette de microcanaux se présente sous la forme d'une plaque de verre de 0,5 mm d'épaisseur à forte teneur en plomb, constituée par la juxtaposition de microcanaux élémentaires (12,5  $\mu\text{m}$  de diamètre), chacun d'entre eux jouant le rôle de multiplicateur d'électrons. L'intérieur de ces microcanaux est recouvert d'une couche à haute résistivité dont le coefficient d'émission secondaire est supérieur à l'unité.



Lorsqu'une différence de potentiel est appliquée entre les deux faces de cette plaque, la surface interne de chaque canal devient une dynode continue (comparable à une dynode de photomultiplicateur) Lorsqu'un ion pénètre dans un canal et frappe la paroi, il provoque une émission d'électrons secondaires qui vont à leur tour déclencher le même processus.



## 2.1 THEORIE DE LA PERTE D'ENERGIE

La perte d'énergie d'une particule dans un milieu donné est formulée par la relation de BETHE-BLOCH. Dans le cas de particules lourdes chargées non relativistes et dans un milieu d'interaction donné, cette relation peut se mettre sous la forme:

$$DE/DX = A.Z^2/V^2$$

avec  $Z$  = charge de la particule  
 $V$  = vitesse de la particule

On voit ici que , pour une particule donnée, plus la vitesse de la particule sera grande moins sa perte d'énergie le sera (cas des lignes L2 et L3 de la machine.)

## 2.2 RELATION ENTRE LA PERTE D'ENERGIE ET LE POUVOIR D'IONISATION

L'énergie perdue par le faisceau sur son passage va servir en grande partie à ioniser le gaz se trouvant dans les lignes de transfert , l'interaction étant principalement de type coulombienne.

Il y a donc une relation de proportionnalité entre la perte d'énergie et le potentiel d'ionisation du gaz.

on aura  $\Delta E = B.N.W$

avec  $N$  = nombre de paires d'ions créés  
 $W$  = énergie moyenne pour créer une paire d'ions ( environ 30 ev pour un gaz ).

## 2.3 ENERGIE CINETIQUE DES IONS DE RECOL

La connaissance de la distribution en énergie de l'ion de recul est importante car elle contribue beaucoup à la résolution du détecteur. En effet , plus cette distribution sera large et élevée , plus la résolution sera mauvaise, la projection du profil étant élargie à l'entrée des GMC.

Une étude à ce sujet (ref1) a montré que l'énergie des ions créés (principalement des ions hydrogène dans notre cas ) était légèrement supérieure à l'énergie de thermalisation (  $E = 0,026$  eV ). De plus cette étude a également prouvé que les ions étaient principalement émis perpendiculairement à l'axe faisceau , l'écart maximum au niveau des GMC étant obtenu pour des ions émis parallèlement à celles ci (  $\theta = 90$  degrés ) (fig1).La distribution angulaire des ions émis est donc favorable à une bonne résolution de ce profileur.

## 2.4 LIBRE PARCOURS DES IONS DANS LE VIDE

Au cours de leur déplacement vers les GMC les ions peuvent subir des chocs successifs et être ralentis et déviés par les molécules du gaz résiduel. Plus les chocs seront nombreux et plus la résolution du détecteur sera dégradée. il est possible de définir la distance moyenne entre deux chocs consécutifs ou " libre parcours moyen " grace à la théorie cinétique des gaz.

on a:

$$\lambda = \frac{KT}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot P \cdot d^2}$$

avec  $d$  = diamètre des particules  
 $P$  = pression du gaz ( Pa )  
 $K$  = constante de boltzmann  
 $T$  = température (degrés K )

pour  $P = 10^{-6}$  mBar le parcours est d'environ 50 m

pour  $p = 10^{-2}$  mBar le parcours est d'environ 5 mm

on voit que ,pour les pressions "ganil " le parcours est très grand. Le profil ne sera donc pas altéré par ce paramètre

## 2.5 EVALUATION DE LA RESOLUTION DU DETECTEUR

L'équation de la trajectoire des ions étant de la forme ( ref 2 )

$$y = \frac{2 E_0 \sin \theta}{qE} \left[ -\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \frac{qE (X_0 - X)}{E_0}} \right]$$

avec  $E_0$  = énergie cinétique de l'ion  
 $E$  = champs électrique  
 $\theta$  = angle d'émission  
 $y$  = déviation sur les GMC  
 $X$  = distance ion-GMC

Si on considère une émission isotropique des ions ( pour  $q = 1$  ) , on voit que la valeur  $y$  dépend beaucoup de l'énergie cinétique de l'ion mais aussi du champ électrique appliqué.

D'un point de vue théorique , on peut penser que plus le champ sera élevé, plus la résolution sera bonne. En fait, il s'avère expérimentalement qu'à partir d'une certaine valeur de ce champ et pour des valeurs supérieures, la résolution se dégrade ( fig 2)

Plusieurs phénomènes peuvent expliquer cette dégradation :

- les lignes de champ se déforment ( du fait de l'environnement confiné du détecteur : masses voisines , effets de pointe , charges des isolants ).
- des ions ne devant pas arriver dans les GMC sont " récupérés " et viennent élargir le profil.
- les ions arrivant sur les GMC ayant une énergie cinétique importante interagissent avec des canaux voisins.

Différentes expériences ont prouvé qu'une valeur de champ de l'ordre de 20 à 40V/mm était suffisante , valeur qui de plus nous met à l'abri des problèmes de claquages.

La simulation de la trajectoire des ions a permis d'estimer cette résolution.( fig3 ) On a pour cela comparé le faisceau à une tache ponctuelle et considéré une émission isotropique des ions .

Si l'on prend  $E_0 = 0.03 \text{ eV}$ ,  $E = 20\text{V/mm}$  , l'écart type sera d'environ 0,3 mm .Avec  $E = 40 \text{ V/mm}$  il passera à 0,2 mm.

La dispersion sur un profil à l'entrée de GMC sera donc approximativement de  $\pm 0,3\text{mm}$ . Cela correspond en fait à une valeur maximum d'élargissement car si on considère l'élargissement produit au niveau de chaque strip de collection ( ceux ci étant au pas de 3/10 de mm ) , on peut comprendre que le " surplus " de collection d'un strip sera compensé par le " manque " de collection du strip voisin ( seul les strips externes n'ont pas de compensation ).

### 3 EXPERIMENTATION

Nous avons testé ce profileur dans l'enceinte 1 de la salle D3 avec des faisceaux de nature, d'énergie et d'intensité différentes.

type d'ion	énergie	intensité
O	50 A/Mev	500nA < i < 2,3μA
Ar	27 A/Mev	50nA < i < 150nA
Ar	95 A/Mev	100nA
Kr	60 A/Mev	50nA
Xe	44 A/Mev	1nA < i < 100nA
Pb	30 A/Mev	0,5nA
U	25 A/Mev	1nA

Le faisceau a cet endroit est assez focalisé, le porte cible se trouvant 20 cm derrière le profileur. La taille usuelle est de 1 à 2 mm dans les deux plans.(fig 4)

L'anode collectrice est ici constituée de 20 pistes au pas de 7/10 de mm. Le faisceau sera donc centré entre la 10 ième et la 11 ième piste.

Les paramètres dont on dispose pour obtenir un profil sont la variation de la tension des galettes de microcanaux et la variation du temps d'intégration (paramètre influant sur le gain de l'électronique).

La polarisation des multiplicateurs d'électrons est de 1500 volts à 2500 volts ce qui correspond à une variation de gain de 10000

Le temps d'intégration du signal récupéré peut varier d'un facteur 1000 (typiquement de qq millisecondes à qq secondes).

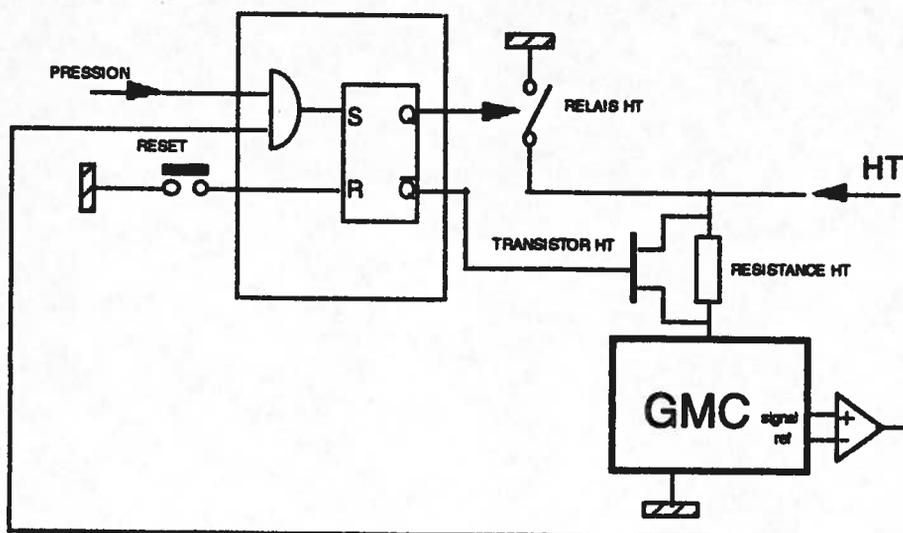
La combinaison de ces deux facteurs explique la grande dynamique de fonctionnement de ce détecteur.

#### 4 ELECTRONIQUE ASSOCIEE

Les galettes de microcanaux sont des multiplicateurs d'électrons relativement fragiles et doivent fonctionner sous deux conditions principales.

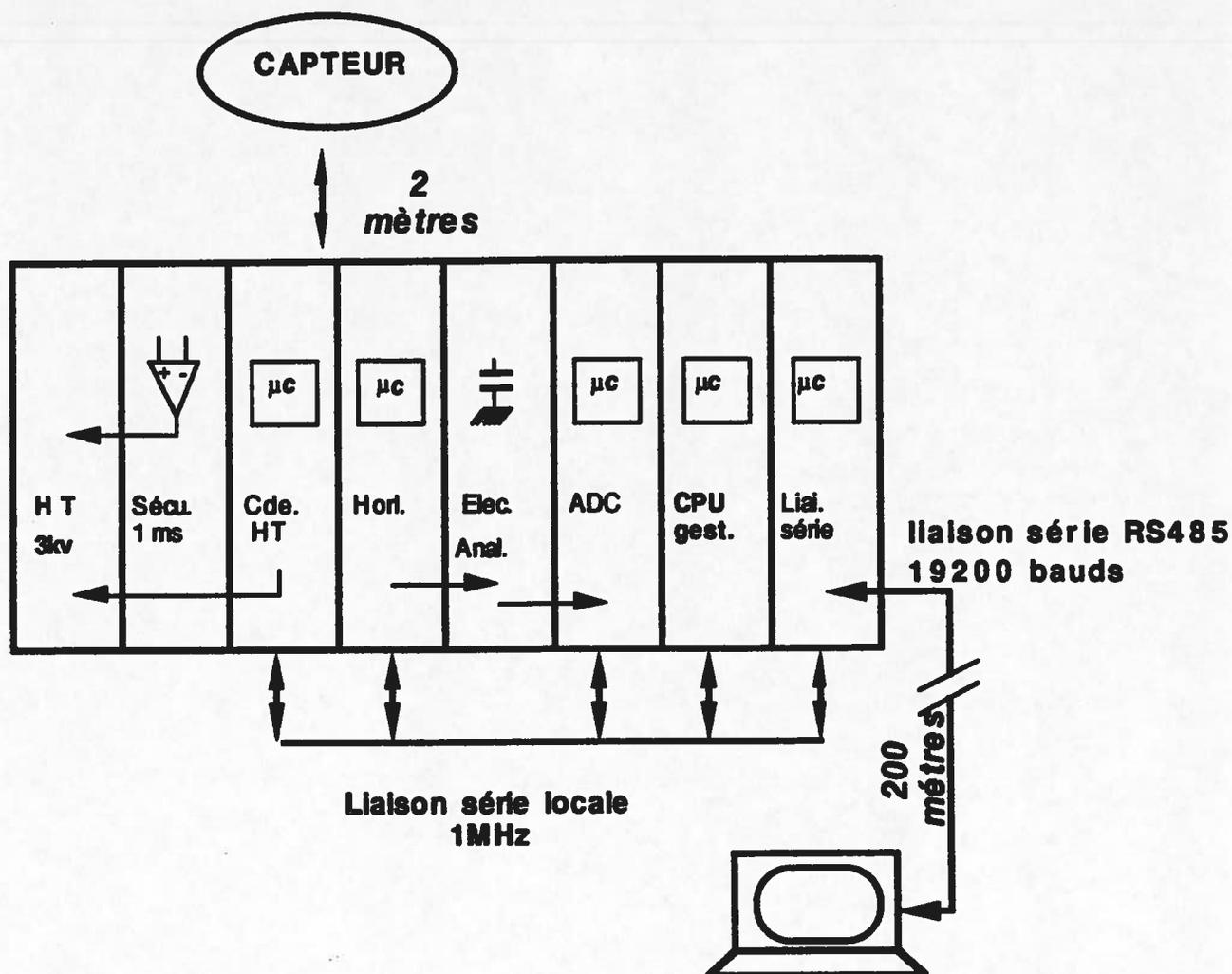
- le vide dans lequel le détecteur est installé ne doit pas être supérieur à  $10^{-4}$  mbar
- le courant qui traverse les GMC ne doit pas dépasser 1  $\mu$ A.

C'est pour ces deux raisons qu'une électronique spécifique a été développée. Son rôle est de couper ou de faire chuter rapidement la polarisation des GMC sur un seuil de pression ou sur une variation brutale et importante du courant les traversant.



Le courant traversant les GMC est comparé à un signal de référence .En présence de faisceau apparaît un déséquilibre .Pour une certaine valeur de ce

déséquilibre, on provoque une chute de tension aux bornes des GMC (temps de réponse du système < 1 ms). Cette électronique spécifique concernant la gestion des sécurités de ce profileur sera couplée à une électronique de commande au standard G64. La gestion de la haute tension sera automatisée et l'acquisition des profils se fera par PC.



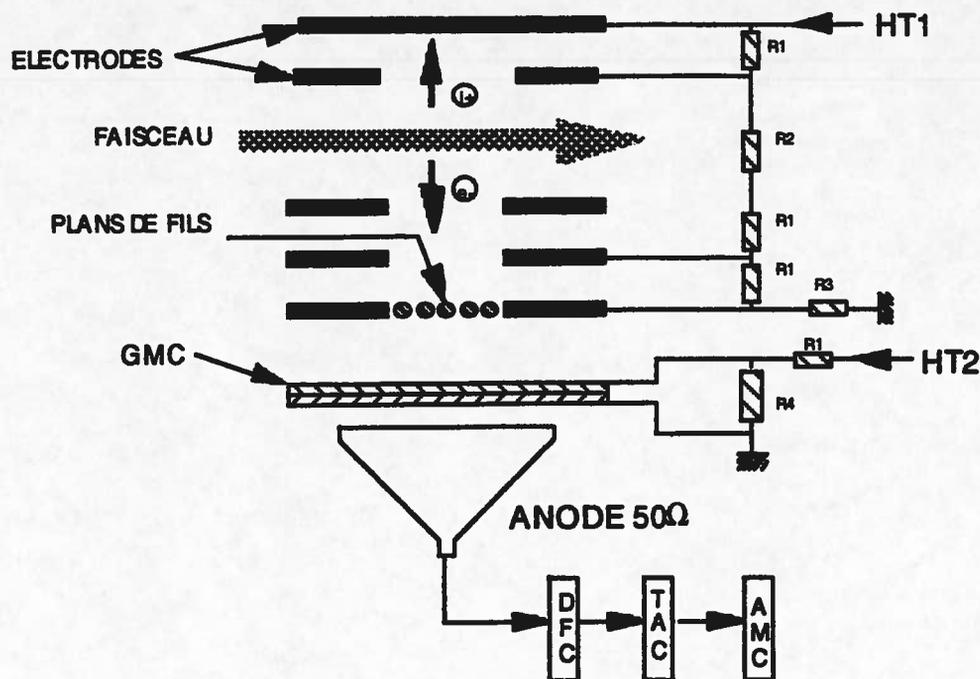
## 5 UN PROFILEUR EVOLUTIF

Suivant les conditions d'utilisation (nature du faisceau, intensité, énergie) et la position du profileur sur les lignes de faisceau, il est apparu que le fait de pouvoir modifier ce détecteur pouvait être intéressant.

L'intérêt de l'aspect "modulaire" de ce détecteur est de pouvoir désolidariser les deux systèmes de détection H et V ce qui facilitera les opérations de maintenance et qui permettra aussi de pouvoir équiper ce détecteur d'un ensemble "prise de temps".

Ce détecteur est basé sur le même principe (ionisation du gaz résiduel). Il est composé d'un ensemble de drift canalisant les électrons libérés par l'ionisation du faisceau, d'un ensemble GMC et d'une anode 50 ohms relié à une chaîne électronique. A l'inverse du montage profileur ce sont les électrons qui sont

ici canalisés grâce à un fort champ électrostatique (environ 150 V/mm), ceux ci étant créés avec beaucoup plus d'énergie (quelques électrons volts) que les ions. L'électron étant beaucoup plus léger que l'ion, son temps de transit jusqu'aux galettes de microcanaux sera beaucoup plus faible ( ref3)



Ce système qui permettrait de mesurer la largeur en temps du faisceau d'une façon permanente puisque non-interceptive est actuellement à l'étude dans le groupe. Des résultats prometteurs ont déjà été obtenus .

## 6 ETUDE MECANIQUE ET COUT DU DETECTEUR

Pour son utilisation après la phase "O.A.I" et à la suite des différents tests effectués depuis 1990, il a été décidé d'apporter les modifications suivantes au prototype:

une interaction électrostatique entre les deux ensembles H et V étant à l'origine d'un décentrage du profil V, ces deux systèmes ont été éloignés au maximum l'un de l'autre, un plan isolant les séparant.

Pour faciliter la faisceaologie, les dimensions des espaces de drift ainsi que la taille des ouvertures dans les boucliers de protection ont été optimisées.

Pour des raisons de maintenance et notamment d'intervention au niveau des GMC, l'espace de drift et l'espace de multiplication et de localisation ont été désolidarisés mécaniquement.

Pour minimiser le dégazage de l'ensemble , nous avons remplacé les pièces en téflon par des pièces en Macor ou alumine et les connecteurs avec joints par des passages verre à souder.

Après l'étude et la constitution du dossier de plans , différentes entreprises ont été contactées pour la fabrication d'un prototype qui servirait de base à une fabrication d'une petite série de détecteurs.

Le cout de fabrication d'un tel détecteur est de 48000 francs. Il peut se décomposer de la façon suivante:

étude + mécanique : 30000 francs  
connectique + circuits imprimés : 8000 francs  
galettes de microcanaux : 10000 francs

Le coût de l'électronique associée est d'environ 15000 francs Elle comprend le tiroir haute tension, le tiroir de sécurité ,et l'horloge locale ( le coffret de lecture et ses torons ainsi que le système d'acquisition des profils étants identiques au profileur classique ).

Le coût d'un ensemble détecteur + électronique sera donc d'environ 63000 francs pour une fabrication unitaire. Une diminution de 15 à 20% du coût est à envisager pour une fabrication de 5 exemplaires.

## 7 IMPLANTATION SUR LE SITE

### 7.1 IMPLANTATION SUR LA MACHINE

Une réunion a été organisée afin de définir les endroits susceptibles de recevoir un tel profileur. Des endroits dits "stratégiques" ont été définis (ref4). Ils sont principalement situés sur la ligne L3 et notamment sur le spectromètre alpha. Pour chaque emplacement il a été défini des critères mécaniques dus aux caractéristiques du faisceau à ces endroits. Il est apparu au cours de cette réunion qu'en ce qui concerne la machine , chaque détecteur de profil devait être "personnalisé" en fonction de l'endroit ou il serait installé.

Les emplacements retenus dans l'immédiat sont:

L3PR25  
L3PR31  
L3PR43

#### L3PR25

La taille du faisceau au niveau de ce détecteur peut varier de 1 mm dans le cas de faisceau primaire à 20 mm pour un faisceau secondaire. Du fait de cette grande variation de taille , les boucliers de protection avant et arrière ainsi

que les ensembles de drift devront être agrandis et portés à 40 mm (au lieu de 20 mm pour le montage classique). Le pas entre deux pistes du réseau de localisation a été fixé à 0,5 mm. Les multiplicateurs d'électrons utilisés ayant un diamètre utile de 18 mm, la largeur du faisceau visualisable sera de 15 mm.

Actuellement, le profileur monté à cet endroit est horizontal. Il faudra donc fixer la tête "non interceptive" par le plan V.

### **L3PR31**

Le faisceau à cet endroit peut avoir une excursion très grande en horizontal. Il faudra donc comme pour le PR25 agrandir les boucliers (70 mm x 35 mm) et les zones de collection dont les électrodes seront plus espacées. Le profileur devant pouvoir loger dans un tube DN160 standard, il ne pourra comporter qu'un seul plan (le H). La largeur du faisceau visualisé et le pas des pistes de localisation seront identiques au PR25.

La fixation devra également être faite horizontalement.

### **L3PR43**

Ce profileur étant le dernier avant le point croix il apparaît intéressant de pouvoir faire une mesure de  $\Delta T$  à cet endroit. Il nous a donc été demandé de prévoir sur ce détecteur un profil H et un ensemble de mesure en temps. Une adaptation mécanique importante est à prévoir (rotation de 90 degrés de la tête). Le détecteur est ici en position verticale.

## **7.2 IMPLANTATION SUR LES AIRES D'EXPERIENCES**

L'intérêt d'un tel détecteur étant de pouvoir contrôler en permanence et sans perturbation la forme du faisceau, il sera donc très utile juste avant les cibles d'expérience et notamment au niveau des spectromètres. A ces endroits le faisceau est en général petit et le profil devra avoir une bonne résolution (pas de 300 microns entre les pistes de collection).

## **8 PERSPECTIVES**

Ce nouveau type de profileur n'a pas été étudié dans le but de remplacer systématiquement le profileur classique à fils. Son utilisation étant plus délicate et sa mise en oeuvre plus complexe (gestion des sécurités concernant le vide, l'intensité faisceau, etc), nous n'envisageons d'installer dans un premier temps qu'une dizaine de profileurs de ce type sur le GANIL, installation qui se fera progressivement compte tenu des différentes échéances concernant l'O.A.I et les faisceaux secondaires. De plus l'aspect

modulaire de celui ci facilitera son adaptation pour des applications temporaires (suivant les demandes des physiciens).

## REFERENCES

- (1) GP Grandin. Europhysics Letters p683-688 (1988) :  
Recoil energies of highly charged ions produced in swift  
ion-atom collisions as deduced from time of flight  
measurements.
- (2) JL Vignet. Rapport GANIL R 92 03 : Trajectoires d'ions  
multichargés dans le champ électrostatique d'un  
detecteur de faisceau à galettes microcanaux
- (3) JL Vignet .Programme de calcul de résolution en temps  
du faisceau par collection d'électrons secondaires.
- (4) Compte rendu de la réunion du 06/04/92 concernant  
l'implantation sur la machine du nouveau profileur de  
faisceau et du controle de deltaT.

## **LISTES DES FIGURES**

- fig 1 : trajectoire des ions de recul dans un champ électrostatique E .**
- fig 2 : évolution du profil en fonction du champ électrostatique E.**
- fig 3 : variation de la variance  $\sigma$  en fonction du champ électrostatique E.**
- fig 4 : comparaison entre un profil classique ( pas de 1 mm ) et un profil " non-interceptif." ( pas de 0,7 mm ).**

fig 1

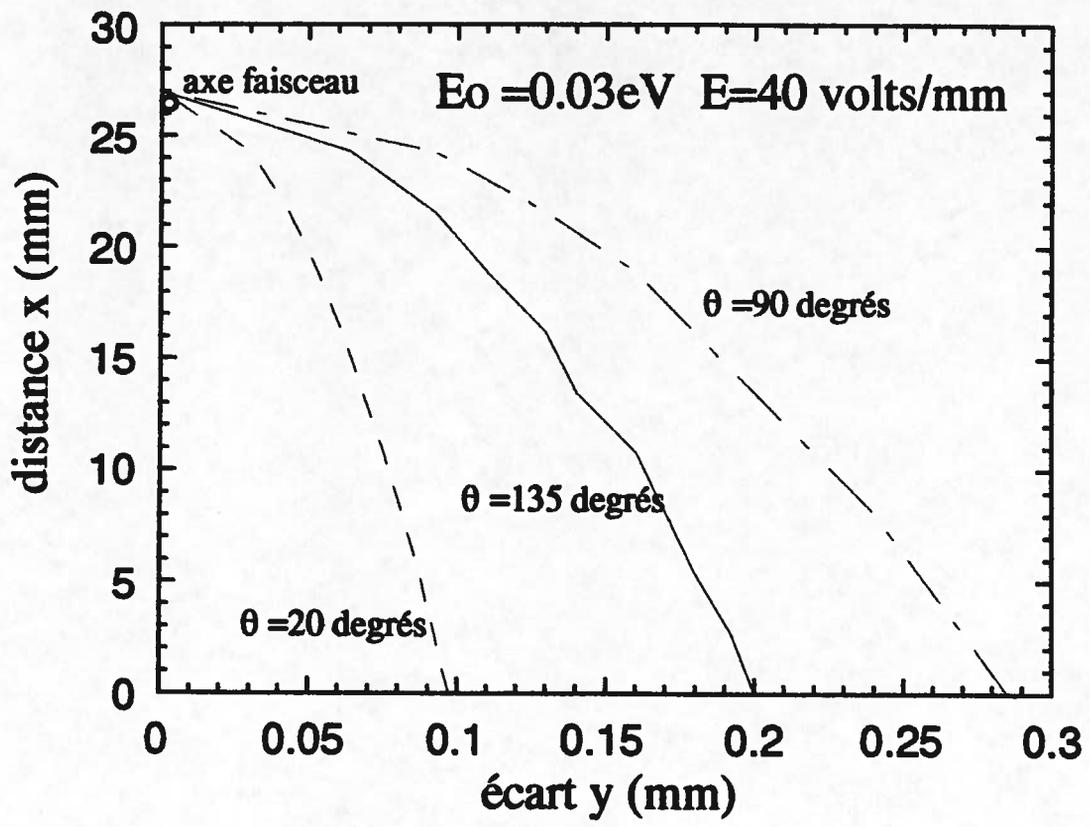
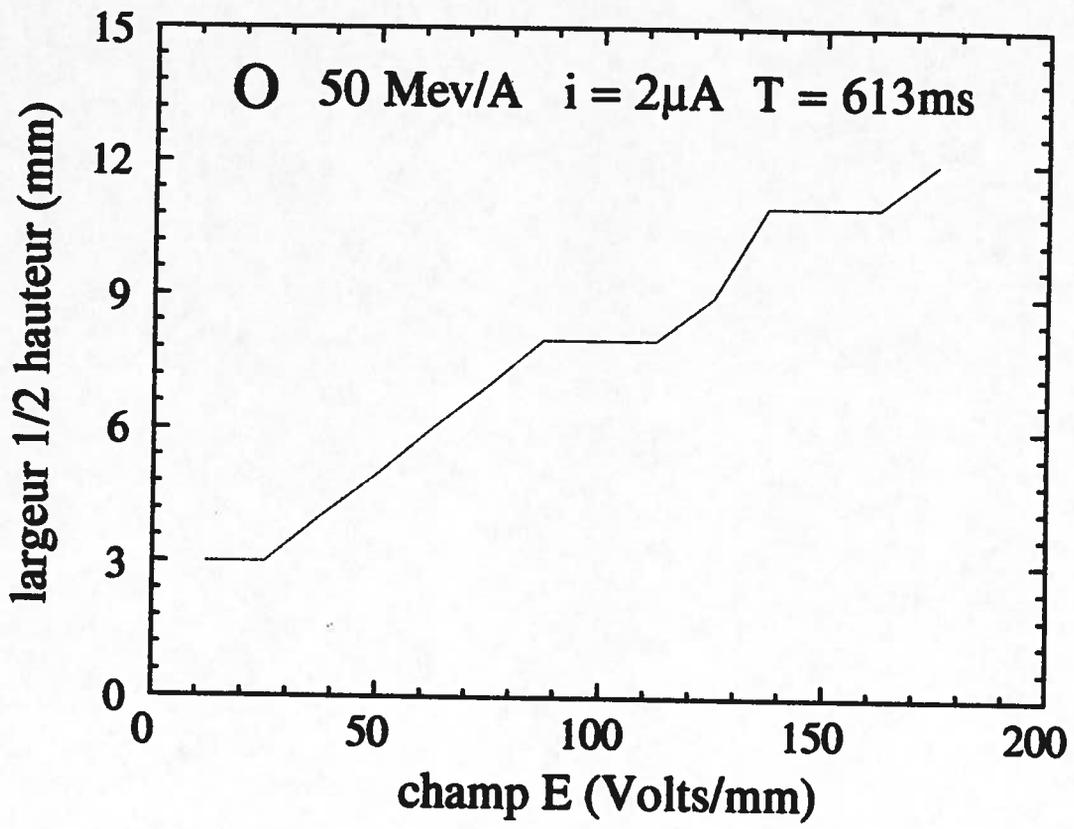


fig 2



**fig 3**

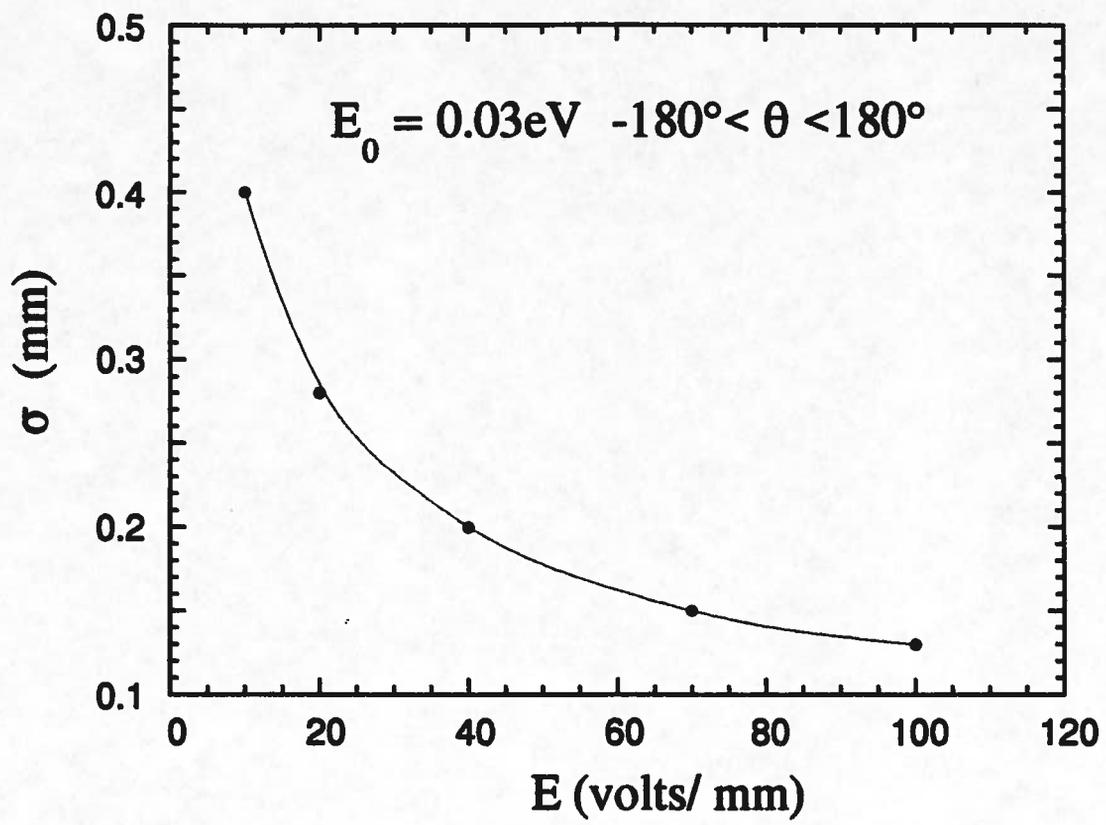
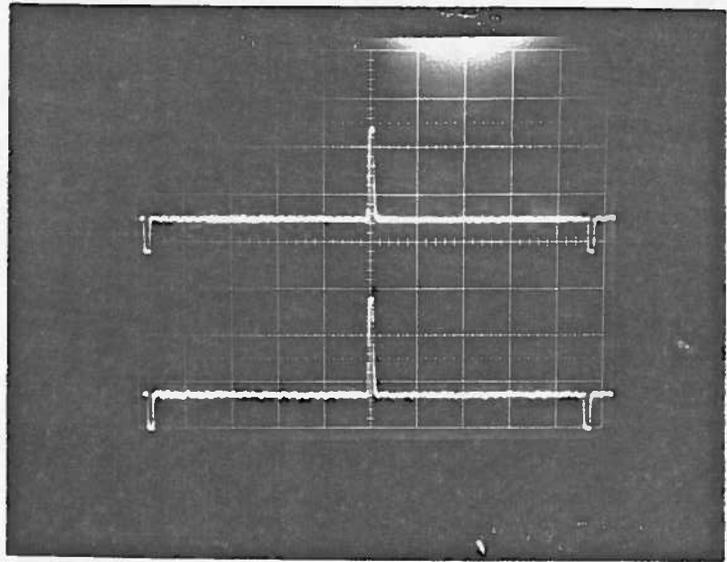


fig 4

D3PR22

H

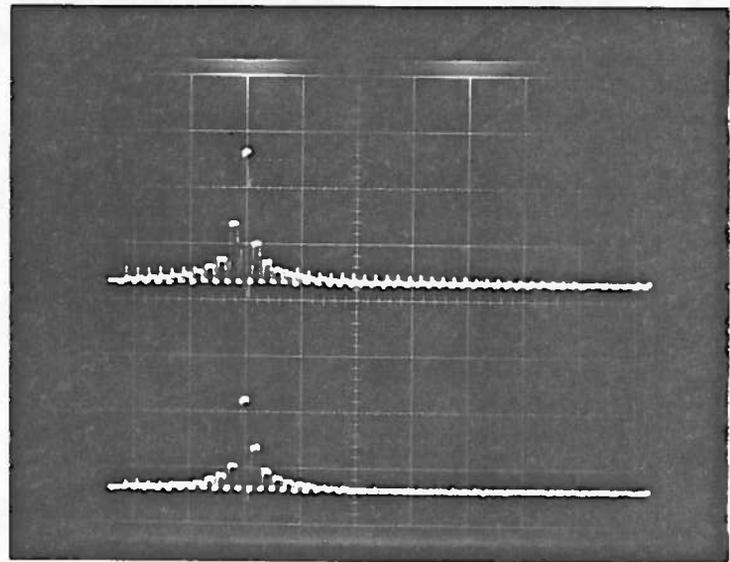
V



NON  
INTERCEPTIF

H

V



Xe 44MeV/A  $i = 20 \text{ nA}$   $T = 300\text{ms}$

$E = 40 \text{ Volts/mm}$