

RESULTATS EXPERIMENTAUX DU DETECTEUR A FIBRES SCINTILLANTES POUR
L'ANALYSE DES FAISCEAUX DANS LA LIGNE DE MESURE DE LEAR.

C. Fernández-Figueroa¹⁾, G. Molinari

1. INTRODUCTION.

La présente note rend compte des résultats de fonctionnement du détecteur à fibres scintillantes et dont l'étude théorique a été déjà exposée [1]. Un prototype du détecteur décrit a été testé dans la ligne de mesure E5 de LEAR (protons) et dans le laboratoire (sources radioactives). Ce moniteur fut conçu initialement pour la mesure du profil d'un faisceau extrait; objectif largement rempli. Il peut être aussi utilisé pour mesurer l'intensité du même faisceau, en l'occurrence une calibration adéquate est nécessaire. Un bon fonctionnement est garanti pour des flux compris entre 10^3 et 10^6 particules par seconde.

2. DETECTEUR.

2.1 Caractéristiques:

Les mesures du profil et de l'intensité des faisceaux extraits de LEAR (proton, pbar, ions) aux très basses énergies (quantité de mouvement $p < 100$ MeV/c) ne peuvent être faites avec les systèmes de détection actuels. En effet pour ces énergies, l'épaisseur des fenêtres de ces détecteurs est trop importante. La nécessité de connaître le profil et l'intensité en vue de mesurer l'efficacité et les qualités de l'extraction, nous a conduit à développer ce nouveau type de détecteur. Nous avons utilisé des fibres scintillantes en verre du type NE901 [2]. Ces fibres qui sont étuvables à 300°C se prêtent aux applications dans l'ultraviolet. Elles ont une bonne résistance aux radiations, ce qui améliore la durée de vie du détecteur. Une autre caractéristique très importante est le nombre de photons produits par l'interaction d'une particule chargée avec les atomes du scintillateur et qui se traduit par un bon rapport signal/bruit. Les signaux lumineux induits dans chacune des fibres scintillantes sont détectés par les photocathodes du tube photomultiplicateur (multi-pm). Les signaux produits par le multi-pm sont amplifiés, intégrés et, après multiplexage, digitalisés.

1) Boursier.

2.2 Construction:

Le prototype est composé d'un ensemble de 32 fibres scintillantes disposées sur un même plan. Le diamètre de chaque fibre est de $500\mu\text{m} \pm 50\mu\text{m}$; la distance entre les axes de deux fibres consécutives est de 1mm (Photo 1).

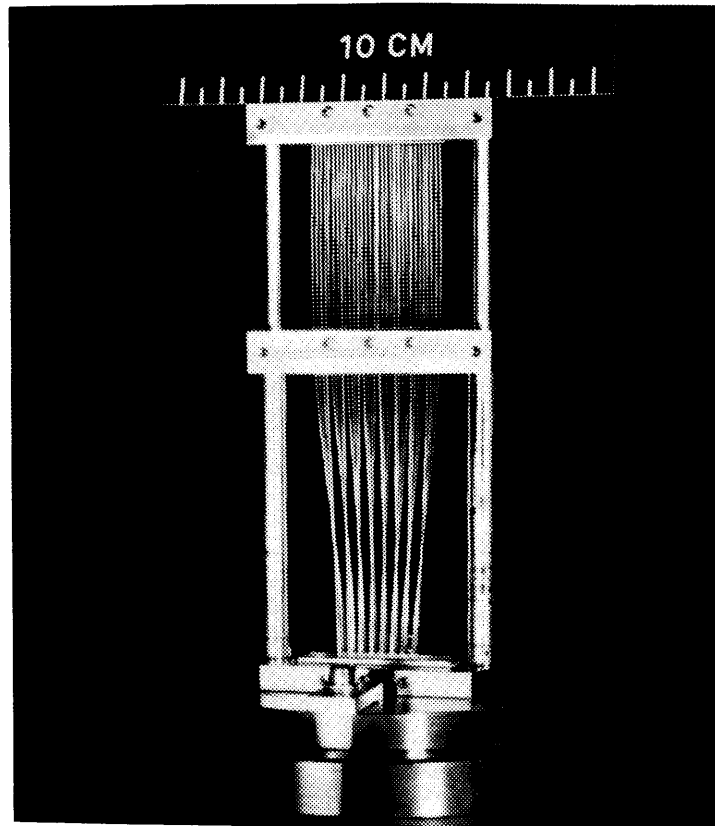


Photo 1.

Les extrémités des 32 fibres sont regroupées sur les photocathodes du multi-pm (Philips XP-4702) sous forme d'une matrice de 8×4 . La liaison optique entre les fibres scintillantes (côté vide) et les photocathodes du multi-pm (côté air) est faite par l'intermédiaire d'un hublot en fibres optiques (Photo 2).

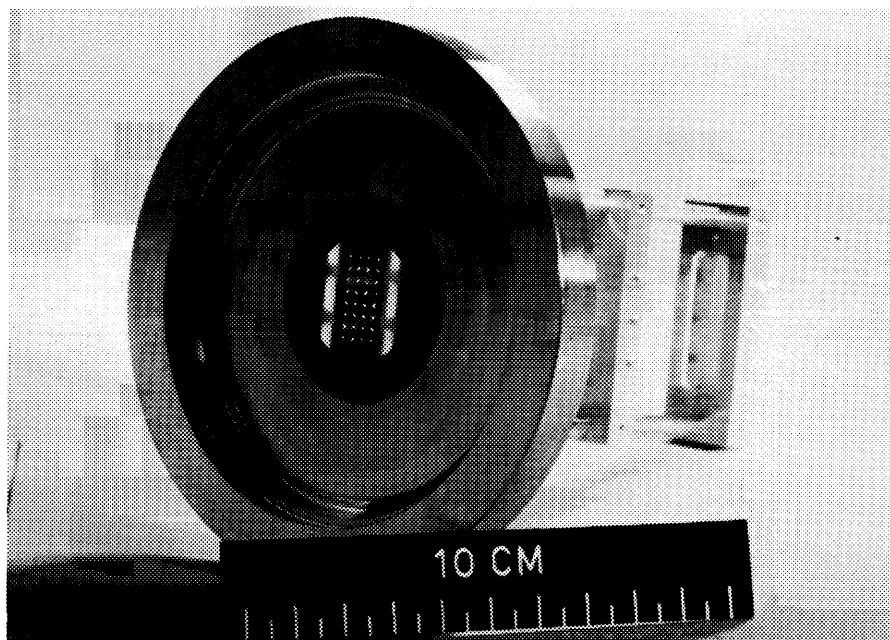


Photo 2.

Chacun des 32 canaux (ou fibres) qui auscultent le faisceau est vu comme une voie de mesure indépendante. La photo 3 montre les composants du prototype: fibres scintillantes, hublot, tube multi-pm et électronique d'intégration.

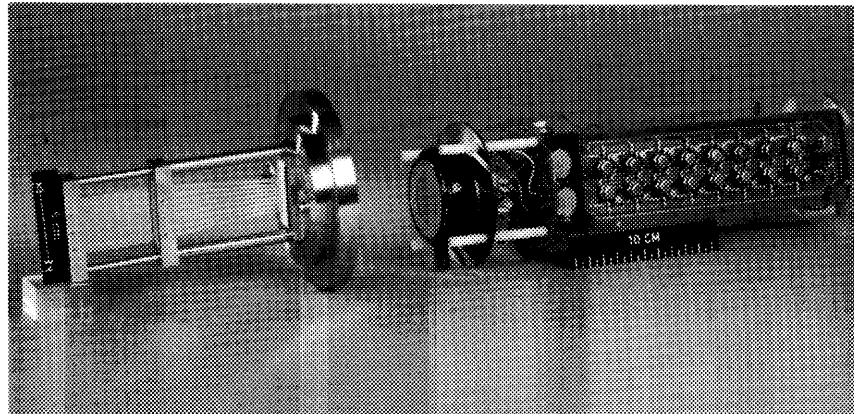


Photo 3.

3. MESURES DU PROFIL.

3.1 Ajustage de l'ensemble du détecteur:

Une procédure d'ajustage est nécessaire pour compenser les différences existantes de canal à canal. Pour cela on procède en deux étapes:

- a) *Les réglages permettant l'égalisation de la réponse de chacun des canaux du multi-pm et de l'électronique associée.*

Avec une source de lumière constante (L.E.D.) on excite chaque photocathode du tube multi-pm; le signal ainsi obtenu est égalisé à l'aide d'un potentiomètre.

- b) *Les réglages complémentaires permettant de compenser les inégalités de fibre à fibre en ce qui concerne la production et la transmission des photons.*

Avec une source radioactive calibrée alphas Am-241 (85% à 5.48MeV, 13% à 5.44MeV et un'activité de 500KBq) on fait le réglage final de l'ensemble du détecteur.

Cette procédure permet d'obtenir à la sortie de l'ADC, pour chaque canal, des signaux dont la valeur dépend de:

- la haute tension du multi-pm.
- la durée de l'intégration.
- du type de particule et de son énergie.

Le "display" visualise l'histogramme sous forme de 32 colonnes dont chacune correspond à une fibre scintillante. La résolution de la mesure est de 8 bits (5 volts), soit:

$$\text{Lsb} = 5 / 2^8 = 19.5 \cdot 10^{-3} \text{ volts.}$$

L'abscisse est graduée en millimètres (dimension horizontal ou vertical du faisceau) et l'ordonnée représente la valeur en volts de la tension de l'intégrateur.

3.2 Tests effectués au laboratoire:

On a mis la source le plus près possible des fibres (<1mm) afin d'éviter l'absorption des alphas par l'air et d'obtenir un meilleur angle solide de détection. La figure 1 montre le profil obtenu avec une source radioactive Am-241 ayant une surface d'émission circulaire d'un diamètre de 10mm. La résolution spatiale est de 500 μ m.

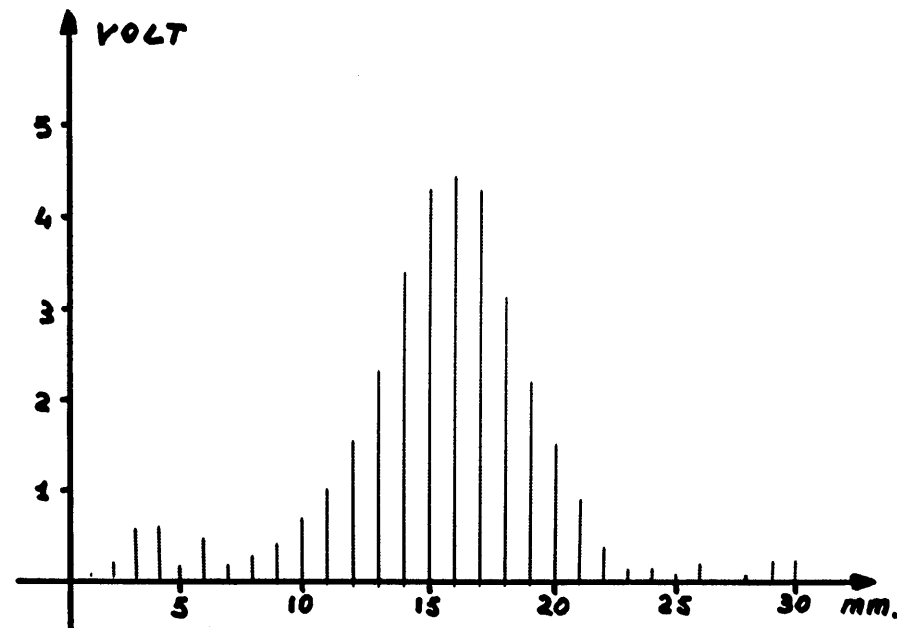


Figure 1: Profil de la source radioactive Am-241.

3.3 Tests effectués avec un faisceau de protons à LEAR:

On a installé le détecteur sur l'axe de la chambre à vide au fond de ligne de mesure E5 pour analyser le profil vertical. La figure 2 montre le résultat obtenu avec un faisceau de protons extraits à une quantité de mouvement de 61.2 MeV/c. La valeur de la haute tension du multi-pm était de -1350 volts, le temps d'intégration de 1 seconde. La résolution spatiale est de 500 μ m.

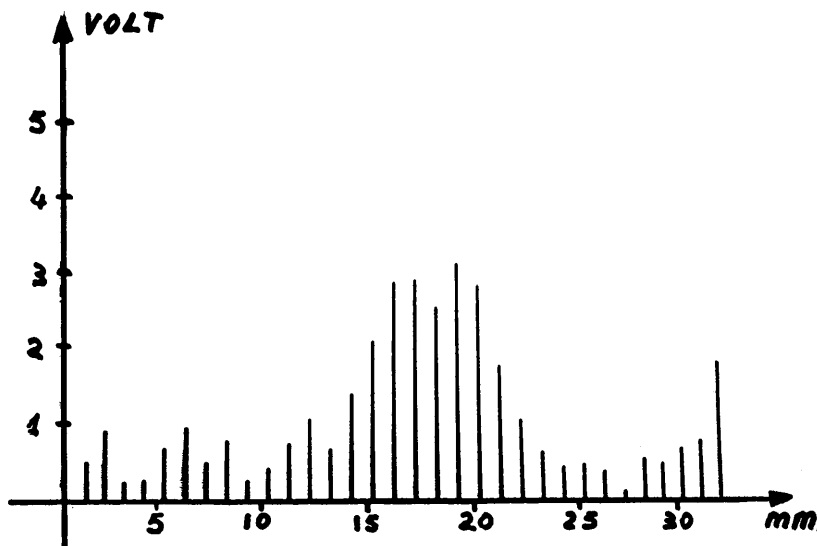


Figure 2: Profil d'un faisceau de protons à 61.2 MeV/c.

4. EVALUATION DE L'INTENSITE.

L'amplitude du signal obtenu sur chaque canal est proportionnelle au nombre des particules incidentes sur la fibre correspondante. La valeur de l'intensité du faisceau F est exprimée par la formule:

$$F = \frac{I}{G \cdot T \cdot K} \quad [\text{particules/sec}] \quad (1)$$

où:

I est l'intégrale de la distribution spatiale.

G est le gain du multi-pm.

T est le temps d'intégration.

K est la constante dont la valeur dépend du type de particule et de l'énergie.

4.1 Calcul de la valeur de I:

Soit B(n) le nombre binaire de la colonne (n) de l'histogramme.

Nous admettons que la valeur du signal V(n) est:

$$V(n) = [B(n) - N(n)] * 0,01953 \quad [\text{volts}] \quad (2)$$

où N(n) est la valeur mesurée (bruit) en absence des particules.

La valeur de I est donnée par l'expression:

$$I = \sum_{n=1}^{n=32} 2 * V(n) \quad [\text{volts}] \quad (3)$$

où le facteur 2 tient compte des espaces entre fibres.

4.2 Mesure des valeurs de G et T:

Le gain G du multi-pm est fonction de la valeur de la haute tension appliquée (Figure 3) [3].

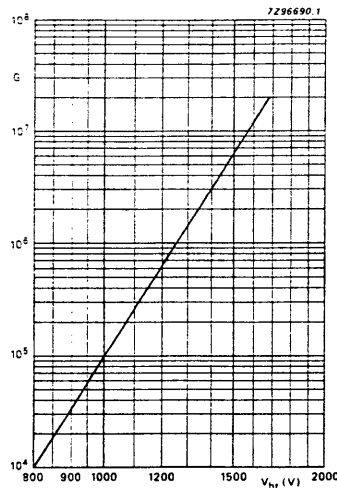


Figure 3: Gain du tube multi-pm Philips XP-4702.

La valeur du temps d'intégration T peut varier entre 0.1 et 2.5 secondes. Les paramètres G et T sont choisis afin d'obtenir la valeur binaire maximum (2⁸) pour la ou les colonnes les plus hautes.

4.3 Calcul de la valeur de la constante K:

L'utilisation d'une source radioactive calibrée (s) nous permet de calculer la valeur de la constante K(s). En effet connaissant la valeur de F (correspondant à l'activité en Becquerels ou désintégrations par second) et la valeur respective de I, G, T (mesurées) on trouve:

$$K(s) = \frac{I}{G*T*F} \quad [\text{volt/particule}] \quad (4)$$

Pour la source alpha Am-241 (5.48MeV) à $5*10^3$ α /sec utilisée en laboratoire la valeur de K(α) est de $1.32*10^{-9}$ volts/alpha.

Dans le cas d'un faisceau de particules on peut actuellement avoir une mesure précise de l'intensité si la quantité de mouvement (p) est supérieur à 100MeV/c. Avec des faisceaux extraits de protons à 600,300,200 MeV/c on peut trouver les valeurs respectives de la constante K(600),K(300),K(200) suivant la même procédure que pour la source calibrée. Par extrapolation [4] on calcule les valeurs de la constante K(p) pour les très basses énergies (p<105MeV/c). Pour une caractérisation complète du détecteur on envisage plusieurs tests pendant les "M.D." de la machine LEAR.

5. CONCLUSION.

Les résultats obtenus avec le prototype du détecteur testé au laboratoire (sources radioactives) et dans la ligne de mesure E5 de LEAR (faisceaux extraits à très basses énergies) ont été très satisfaisants. Ce nouveau détecteur fait la mesure du profil avec une résolution spatiale de 500 μ m. Il peut être utilisé pour la mesure de l'intensité des faisceaux extraits à condition qu'une calibration adéquate soit faite et que le flux des particules soit compris entre 10^3 et 10^6 .

6. REMERCIEMENTS.

Nous tenons à exprimer tous nos remerciements à E.Asseo pour ses conseils et son aide lors du développement de cette étude. Nous remercions également J.Camas, G.Feroli, R.Maccaferri et toute l'équipe d'opérateurs LEAR pour leur assistance dans la réalisation pratique et pendant les tests effectués dans la machine.

7. REFERENCES.

- [1] C. Fernández-Figueroa, G. Molinari:
"Détecteur à fibres scintillantes pour l'analyse des faisceaux dans la ligne de mesure de LEAR".
PS/AR/Note 90-16, 1990.
- [2] Glass Scintillator Characteristics NE 901.
Nuclear Enterprises.
- [3] Philips Components: 10 Stages 64 channels photomultiplier tube (XP4702). Data Handbook, Photomultipliers, 1990.
- [4] C. Fernández-Figueroa, G. Molinari:
"Détermination de l'efficacité de l'extraction ultralente dans LEAR". PS/AR/Note 90-05, 1990.