

MESURE DES DISTRIBUTIONS TRANSVERSALES DANS LE PS

PREMIERS RESULTATS DE LA MESURE DES PROFILS D'UN FAISCEAU INTERNE
PAR L'EMISSION SECONDAIRE D'UN FIL MOBILE

P. Lefèvre

1. RESUME DE LA METHODE ETUDIEE ET DES SPECIFICATIONS INITIALES (1)

Pour mettre au point une méthode simple de connaissance des distributions transversales du faisceau circulant par interaction avec la matière, il fallait s'affranchir de plusieurs difficultés :

- Le choix de mesurer, directement sur le fil, le courant d'émission secondaire permet d'éviter les calculs des trajectoires des particules émises dans l'interaction faisceau-fil.
- Le mouvement du fil à travers le faisceau en place évite tous les problèmes liés au déplacement du faisceau dans une machine non linéaire.
- Il faut, cependant, pour avoir des pertes négligeables et un grossissement limité, obtenir le déplacement rapide d'un fil mince peu diffusant, de bonne tenue mécanique à température élevée.
- La température instantanée doit rester assez basse pour que la thermo-émission ne perturbe pas le signal d'émission secondaire.
- Les particules secondaires doivent être limitées grâce à un champ adéquat de polarisation.

L'ensemble de ces considérations nous a conduit aux spécifications initiales suivantes :

Fil de Carbone ou de CSi : $\emptyset \sim 30 \mu\text{m}$
Vitesse de déplacement maximale : $V = 25 \text{ m/s}$
Intensités du faisceau de protons : $5 \cdot 10^{11}$ à $2 \cdot 10^{19}$ ppi
Energies de mesure : $T = 800 \text{ MeV}$ à $C_p = 26 \text{ GeV/c}$
Grossissements en émittances : $< 2\%$
Courant d'émission secondaire estimé : $1 \mu\text{A}$ à 1 mA

Ces spécifications sont extrêmes et pourront être relâchées d'un certain facteur quelque part (par exemple : vitesse, diamètre du fil ou nature du matériau) selon les essais destinés à explorer ce domaine.

2. LES PREMIERS ESSAIS

En dehors de l'étude des divers paramètres, ils ont également permis de démontrer que le système était faisable.

Nous disposons de deux matériaux voisins de nos spécifications :

- Fil de C pyrolitique ($\rho = 1,55 \text{ g/cm}^3$) déposé sur une âme de SiO_2 ; diamètres $\emptyset = 25 \mu\text{m}$, $38 \mu\text{m}$ et $64 \mu\text{m}$; origine Zvanut comp. (2)

Inconvénients : température élevée locale due à une perte d'énergie supérieure dans SiO_2 et à une mauvaise conductibilité calorifique ; mauvaise tenue mécanique à haute température.

Avantage : bonne tenue mécanique à température normale.

- Fil de CSi (Silicon-Carbide) ($\rho = 3 \text{ g/cm}^3$) ; diamètres $\emptyset = 33 \mu\text{m}$, $56 \mu\text{m}$ (4), $75 \mu\text{m}$ (4), $100 \mu\text{m}$ (5), $140 \mu\text{m}$ (5) ; origine AVCO (3).

Inconvénient : bien que ce fil ait une remarquable résistance à la traction, il est sensible aux chocs.

Avantage : bonne tenue mécanique à haute température.

Ce matériau est utilisé au Lampf pour les mesures de profil des faisceaux primaires ("wire scanners" ou "harps") (6).

Le montage provisoire s'est fait sur une unité de cible rapide, installée en SS 41 (7).

La vitesse moyenne de déplacement horizontal du fil dans le faisceau est 3,3 m/s.

Le fil est isolé du support (fourche de cible) et un générateur HT assure une polarisation négative réglable de 0 à -800 V qui permet l'évacuation des électrons secondaires ; le fil se comporte comme un générateur de courant, dont le signal, via un filtre passe bande (0,3 Hz - 30 KHz), est converti en tension et reçu à la salle de contrôle en différentiel (1mV correspond à 1 μ A d'émission (8)).

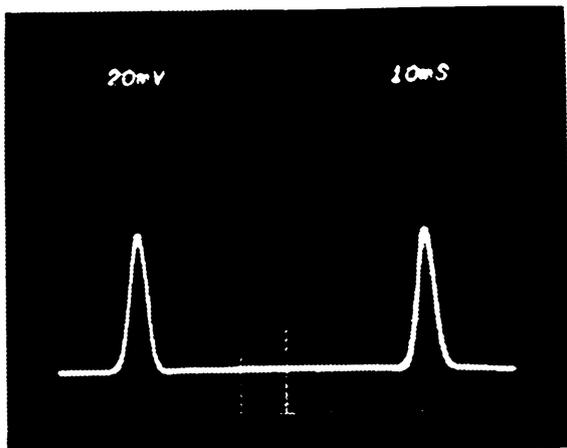
Trois échantillons ont été mesurés :

No. 1 C+SiO₂ \emptyset 64 μ m

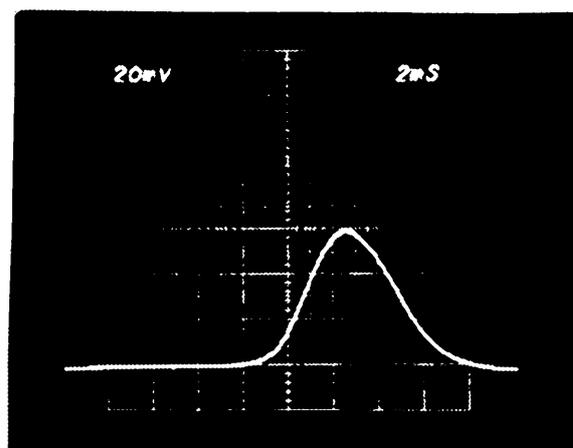
No. 2 } CSi \emptyset 56 μ m

No. 3 }

Le signal obtenu est très propre (rapport signal sur bruit supérieur à 100) comme illustré par les photos 1 et 2



1 - Fil No. 2
1 GeV - 2 passages



2 - Fil No. 2
1 GeV - $I_p \sim 7 \cdot 10^{12}$

La photo 1 montre les deux traversées du faisceau, lors du mouvement aller-retour de la cible.

La photo 2 montre, en outre, la déformation du signal due au grossissement du faisceau pendant la traversée puisque la vitesse, dans cet essai, est bien plus lente que celle spécifiée.

Le fil No. 1 a eu un comportement mécanique correct, mais a été fondu par un essai à 24 GeV/c et $6 \cdot 10^{12}$ ppi. Comme indiqué plus haut, on pouvait s'attendre à ce résultat.

Les fils No. 2 et 3 ont eu un comportement thermique acceptable, mais ont été cassés mécaniquement au bout de quelques mouvements.

Le fil de SiC a une très bonne résistance mécanique, mais certainement une résistance aux chocs insuffisante pour le mouvement de cible utilisée (cet inconvénient disparaîtra, évidemment, dans le système final, puisqu'on envisage un mouvement, certes plus rapide, mais asservi et aux accélérations contrôlées).

3. ANALYSE DES RESULTATS

a) Mesures de dimensions - comparaison avec une cible (9)

Le fil No. 1 a été mesuré à 6 énergies entre 1 GeV et 20 GeV/c, et au même instant une mesure de dimension de faisceau a été faite avec la cible verticale de mesure en section 48, celle-ci donnant directement la dimension correspondant à l'émission à 95% du faisceau ($\phi_{95\%}$)

Pour cet essai, on a mesuré la largeur du profil donné par le pied des tangentes d'inflexion (ϕ_{tgte}) ; cette mesure rapide et approximative permet de calculer $\phi_{95\%}$ si on connaît la distribution ; nous avons pris la forme de distribution connue par l'analyse des mesures des SEM grids à 800 MeV dans le PS (distribution voisine de la distribution parabolique en $\rho(r)$, caractérisée par $\epsilon_{95\%} = 2,24 \epsilon_0$, soit $\phi_{95\%} = 1,06 \phi_{tgte}$) (10).

La comparaison de cette mesure (après normalisation en β) avec la mesure par cible, nous a montré un accord à mieux que 5% dans toute la gamme d'énergie.

Une comparaison plus précise, avec analyse du profil, comme fait pour les SEM grids à 800 MeV, ne s'imposait pas puisqu'il subsiste un léger grossissement dû à la vitesse trop lente pour cet essai (il y a environ 5% de pertes par passage, celles-ci devant devenir négligeables à vitesse et diamètre spécifiés).

b) Hauteur du signal

La hauteur maximale du signal \hat{I} , pour la distribution considérée, a été calculée à partir des formules données en réf. 1.

$$\hat{I} = eCf \frac{N}{\tau_{rev}} \hat{\rho}_z \quad \text{avec } C = 4 \cdot 10^{-2} \text{ et } f = 1$$

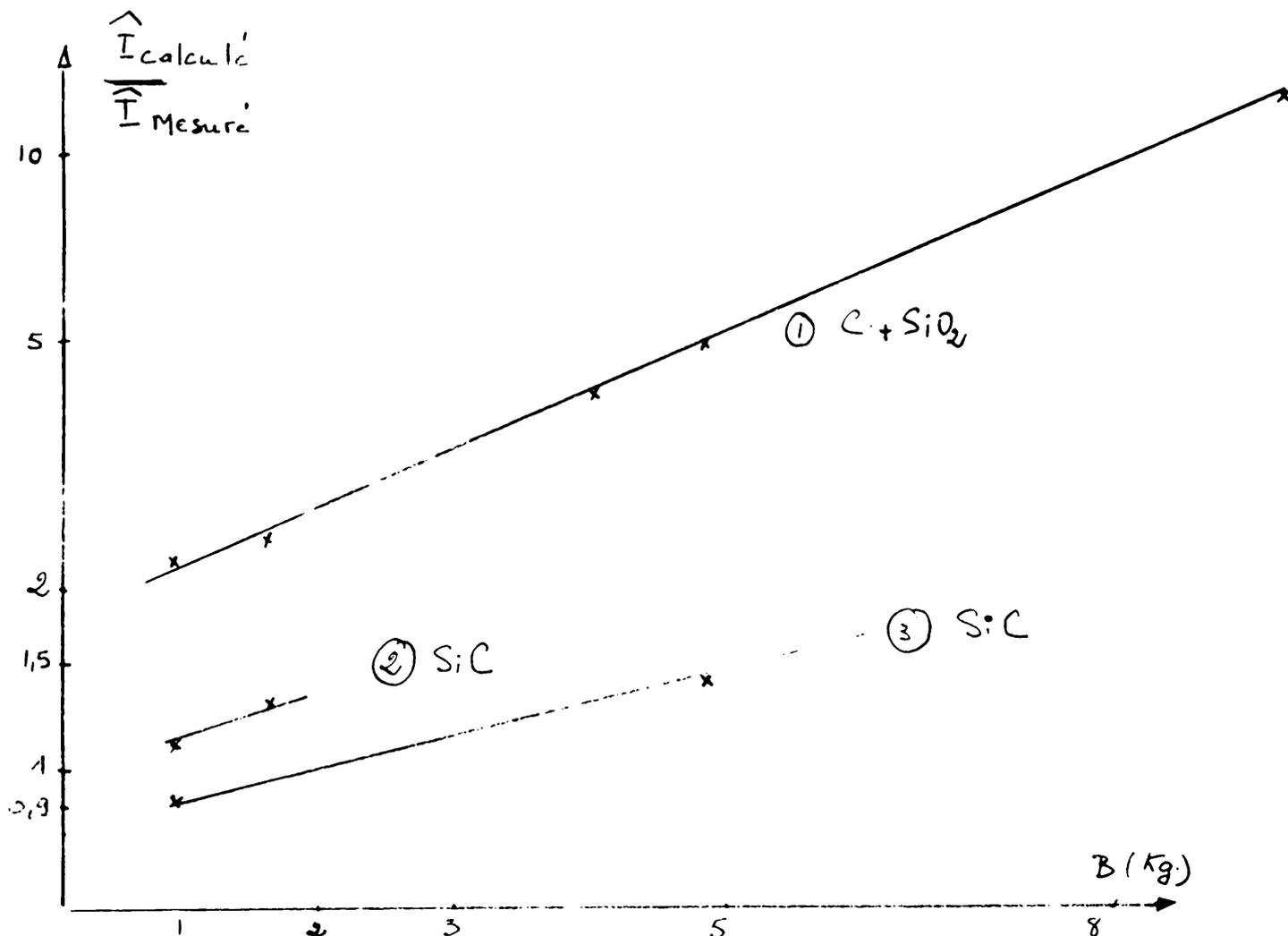
C : coefficient d'émission secondaire = $4 \cdot 10^{-2}$

f : facteur de forme = 1

$\tau_{rev} = \tau_{\infty} / \beta$ avec $\tau_{\infty} = 2,1 \text{ us}$

$\hat{\rho}_z = 1,65 / \phi_{95\%}$ (pour la distribution $\epsilon_{95\%} = 2,24\epsilon_0$)

Une comparaison entre \hat{I} mesuré et \hat{I} calculé semble indiquer un comportement de nature expérimentale.



On peut distinguer deux effets dans ce comportement :

- la dispersion entre les échantillons, probablement due à la

variation du coefficient C.f en fonction de l'état de surface. Le carbone déposé sur SiO₂ étant naturellement le plus défavorable, tandis que, pour le SiC, on atteint quelque chose de satisfaisant et très proche des calculs.

- la loi de variation, qui peut sembler la même pour les trois échantillons ; le manque de mesure empêche toute conclusion, cependant, il faut considérer qu'il pourrait, ici, s'agir de l'efficacité de l'extraction des électrons secondaires. Il faut donc étudier l'effet du champ de fuite du PS ainsi que les réglages de la polarisation.

Ce phénomène est plus gênant que grave. En effet, il ne semble pas y avoir de déformation de la distribution projetée, simplement la surface n'est pas constante (comme cela devrait être, rappelons $\hat{I} = \frac{cste}{\phi_{95\%}}$).

Mais il est indispensable de comprendre cet effet pour garantir une véritable mesure de distribution qui est le but recherché par l'utilisateur de cet instrument.

c) Comportement mécanique et thermique du fil

Le fil de SiC est préférable thermiquement (et probablement aussi pour le vieillissement sous radiations)

Pour continuer les mesures préliminaires, il faut accepter provisoirement le grossissement et prendre un fil plus gros (100 µm).

De toute façon, les mesures se poursuivront (11) avec une cible "modèle 68", après modification des bras, qui, bien que beaucoup plus lente encore, dispose d'un mouvement asservi ; comme on disposera de deux têtes, on pourra garder aussi un fil fin (grossissement encore raisonnable). Une installation dans le sas de la section 90 permettra de rendre plus facile le changement d'échantillons.

On devrait étudier la possibilité d'avoir des vitesses spécifiées moins grandes en diminuant la diffusion par remplacement du Si dans la matrice de C par du Be ; de même, on pourra essayer le comportement d'un fil de Be (12) qui serait, lui, nettement moins diffusant, donc garderait une température basse.

3. CONCLUSION

Les essais réalisés sont suffisamment encourageants, en particulier la remarquable concordance avec les mesures de cibles, pour adopter le principe de la construction d'un système définitif, voisin des spécifications initiales (1). Ce système permettra déjà une mesure des émittances transversales.

Des mesures préliminaires complémentaires permettront de comprendre le problème du niveau du signal en fonction de l'énergie, de relacher les tolérances (soit en vitesse, soit en diamètre) pour SiC, après étude des grossissements, soit même de trouver d'autres matériaux.

A partir de là, la connaissance précise des distributions serait possible, et la voie ouverte à des études importantes sur leur évolution, en particulier de machine à machine, tant dans les cas de distributions inhabituelles (forte contribution de la dispersion Δp , sur la dimension horizontale) que de recombinaisons complexes des faisceaux.

R E F E R E N C E S

- (1) PS/DL/Note 78-8 - P. Lefèvre
Mesure très peu destructive des distributions transversales dans le PS.
- (2) Carl M. Zvanut Comp. - Paoli, Pennsylvania, USA.
- (3) AVCO Systems Division - Lowell, Massachusset, USA.
- (4) Echantillons et informations fournis par O. van Dyck - Los Alamos Laboratories, que nous remercions.
- (5) Echantillons et documents techniques fournis par AVCO, grâce à H. H. Hilderbrand - Tri Continent, Genève, que nous remercions.
- (6) High intensity beam profile monitors for the Lampf primary beam lines - LAUR 79747.
- (7) Développements mécaniques et montages successifs effectués par M. van Rooij et H. Bobillier (Section cible - Groupe Opération du PS).
- (8) L'électronique a été développée et installée par S. Battisti et E. Marcarini (groupe CO).
- (9) Les essais ont été faits avec la collaboration de M. Bouthéon et J.P. Potier (groupe OP).
- (10) M. Bouthéon et P. Lefèvre - Etudes en cours, à paraître.
- (11) Compte rendu de la réunion du 5 septembre 1979 - M. Bouthéon, D. Dekkers, P. Lefèvre, J.P. Potier, M. van Rooij, Ch. Steinbach.
- (12) Ch. Steinbach - Communication.

Distribution

Chefs de groupe PS

C. Johnson	
JJ Merminod	
H. Riege	
M. Van Rooij	
Y. Baconnier	ISR
D. Blechschmidt	"
J. Borer	"
K. Hübner	"
E. Jones	"
E. Keil	"
J. Bosser	SPS
C. Bovet	"
G. Brianti	"
L. Burnod	"
LR Evans	"
V. Hatton	"
WC Middelkoop	"
M. Rabany	"
W. Scandale	"
G. Shering	"
P. Sievers	"