

E.16

**DETECTION DU FAISCEAU EXTRAIT
SUR LES AIRES DE SATURNE**

par

*Rémy ANNE, Gérard MILLERET,
Arlette GIULIANI, André LEFOL,
Robert PERRET, Joseph POUPARD,
André TROGNO, Maurice VAN DEN BOSSCHE,
N'GUYEN SIEU VIET*

DIVISION DE LA PHYSIQUE

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Rapport CEA-R-4857

1977

Da

SERVICE DE DOCUMENTATION

PLAN DE CLASSIFICATION DES RAPPORTS ET BIBLIOGRAPHIES CEA
(Classification du système international de documentation nucléaire SIDON/INIS)

A 11	Physique théorique	C 30	Utilisation des traceurs dans les sciences de la vie
A 12	Physique atomique et moléculaire	C 40	Sciences de la vie : autres études
A 13	Physique de l'état condensé	C 50	Radioprotection et environnement
A 14	Physique des plasmas et réactions thermonucléaires		
A 15	Astrophysique, cosmologie et rayonnements cosmiques	D 10	Isotopes et sources de rayonnements
A 16	Conversion directe d'énergie	D 20	Applications des isotopes et des rayonnements
A 17	Physique des basses températures		
A 20	Physique des hautes énergies	E 11	Thermodynamique et mécanique des fluides
A 30	Physique neutronique et physique nucléaire	E 12	Cryogénie
		E 13	Installations pilotes et laboratoires
B 11	Analyse chimique et isotopique	E 14	Explosions nucléaires
B 12	Chimie minérale, chimie organique et physico-chimie	E 15	Installations pour manipulation de matériaux radioactifs
B 13	Radiochimie et chimie nucléaire	E 16	Accélérateurs
B 14	Chimie sous rayonnement	E 17	Essais des matériaux
B 15	Corrosion	E 20	Réacteurs nucléaires (en général)
B 16	Traitement du combustible	E 30	Réacteurs nucléaires (types)
B 21	Métaux et alliages (production et fabrication)	E 40	Instrumentation
B 22	Métaux et alliages (structure et propriétés physiques)	E 50	Effluents et déchets radioactifs
B 23	Céramiques et cermets		
B 24	Matières plastiques et autres matériaux	F 10	Economie
B 25	Effets des rayonnements sur les propriétés physiques des matériaux	F 20	Législation nucléaire
B 30	Sciences de la terre	F 30	Documentation nucléaire
		F 40	Sauvegarde et contrôle
C 10	Action de l'irradiation externe en biologie	F 50	Méthodes mathématiques et codes de calcul
C 20	Action des radioisotopes et leur cinétique	F 60	Divers

Rapport CEA-R-4857

Cote-matière de ce rapport : E.16

DESCRIPTION-MATIERE (mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)

en français

SATURNE
INSTALLATIONS AUPRES ACCELERATEURS
CONTROLE DU FAISCEAU
PROFILS DES FAISCEAUX
CHAMBRES PROPORTIONNELLES A FILS
DISPOSITIFS DE VISUALISATION
TRAITEMENT DE L'INFORMATION

en anglais

SATURNE
ACCELERATOR FACILITIES
BEAM MONITORING
BEAM PROFILES
MULTIWIRE PROPORTIONAL CHAMBERS
DISPLAY DEVICES
DATA PROCESSING

- Rapport CEA-R-4857 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Division de la Physique
Département du Synchrotron Saturne

DETECTION DU FAISCEAU EXTRAIT
SUR LES AIRES DE SATURNE

par

Rémy ANNE, Gérard MILLERET, Arlette GIULIANI, André LEFOL,
Robert PERRET, Joseph POUPARD, André TROGNO,
Maurice VAN DEN BOSSCHE, N'GUYEN SIEU VIET

- Juillet 1977 -

CLA-R-4657 - ANNE Rémy, MILLERET Gérard, GIULIANI Ariette, LEFOL André,
PERRET Robert, POUFARD Joseph, TRONCO André,
VAN DEN BOSCHÉ Maurice, V'GHEX Sieu VIET

DETECTION DU FAISCEAU EXTRAIT SUR LES AIRES DE SATURNE

Sommaire. - Dans ce rapport sont exposés la réalisation et les performances du réseau de détecteurs à fils assurant la détection et la visualisation des faisceaux de particules sur les aires expérimentales du synchrotron SATURNE. Ces détecteurs multifils, au nombre de quarante, sont du type *streamer* à *compteur de charges* adaptés pour des flux de particules variant entre 10^7 et $3 \cdot 10^{11}$ p/cm²/s. Ils ont pour fonction la conduite, l'adaptation de l'optique de transport et le calcul des paramètres du faisceau : position, divergence, dimension, émittance (calculée par programme à partir des données acquises sur ordinateur en ligne). L'utilisation de ces chambres permet de réduire considérablement le temps de mise au point des faisceaux et de parfaire leur connaissance. A ce jour elles ont été utilisées sur des faisceaux de protons, alphas, deutons, pions, tritons à Saturne et récemment d'électrons à l'Orme des Merisiers. Cet ensemble complété par des chambres à émission secondaire développées à Saturne constitue la base de la détection de faisceau banalisée sur les aires de SATURNE 2.

1977 - Commissariat à l'Energie Atomique - France

43 p.

CLA-R-4657 - ANNE Rémy, MILLERET Gérard, GIULIANI Ariette, LEFOL André,
PERRET Robert, POUFARD Joseph, TRONCO André,
VAN DEN BOSCHÉ Maurice, V'GHEX Sieu VIET

EXTRACTED-BEAM-DETECTION SYSTEM AT USRD SYNCHROTRON SATURNE

Summary. - We present the extracted-beam-detection system working around synchrotron Saturne. The whole system is composed of forty multiwire chambers about, used for beam tuning and providing beam profiles. Optic beam parameters such as position, divergence, dimension, emittance can be easily measured, or calculated with a program running on a computer. They are working in large range intensity beams (10^7 to $3 \cdot 10^{11}$ p/cm²/s) of protons, alphas, deutons, pions, tritons and electrons particles.

1977

43 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

S O M M A I R E

I - INTRODUCTION	1
II - CARACTERISTIQUES GENERALES DES DETECTEURS A IONISATION	1
III - ORGANISATION DU RESEAU DE DETECTEURS SUR LES AIRES DE SATURHE	2
IV - DESCRIPTION DE LA MECANIQUE DES DETECTEURS	3
a) Les chambres insérables	3
b) Les chambres pour faisceaux dans l'air	3
c) Description de la partie de la chambre commune aux deux types de détecteurs	3
V - MODES DE FONCTIONNEMENT DES DETECTEURS	4
a) Intensité entre $5 \cdot 10^4$ et 10^{12} particules/s	4
b) Intensité entre 10^2 et 10^6 particules/s	4
VI - ELECTRONIQUE DES CHAMBRES A FILS	4
a) Intensité entre $5 \cdot 10^4$ et 10^{12} particules/s	4
b) Intensité entre 10^2 et 10^6 particules/s	6
VII - TRAITEMENT DES PROFILS PAR ORDINATEUR	7
VIII - RESULTATS	8
a) Généralités	8
b) caractéristiques des chambres	9
1 - Profils obtenus	9
2 - Influence de la haute tension sur l'amplitude du signal et la largeur des profils	11
3 - Angle moyen de diffusion	12
4 - Pertes d'énergie	12
5 - Impulsions développées dans une chambre à localisation	12
IX - CONCLUSION	13

I - INTRODUCTION

La conduite des faisceaux de particules sur les aires expérimentales de Saturne a nécessité ces dernières années le développement de divers moyens d'observation. Ce rapport fait le point sur l'état de la détection et plus particulièrement sur les détecteurs à ionisation utilisés couramment. Le rôle de ces détecteurs est de permettre le réglage des lignes de transport des faisceaux de particules entre la sortie de la machine et les cibles à irradier, soit sur des distances de l'ordre de quelques dizaines de mètres.

Le développement d'un tel réseau de détecteurs (voir fig. 1,2) a permis de diminuer le temps de réglage, de mise au point des faisceaux et de programmer parfois des expériences de durée limitée (quelques postes de huit heures).

Les réalisations commencées depuis quelques années et complétées par des développements récents ont permis de détecter, de visualiser des faisceaux dont l'intensité peut varier entre 10^2 et 10^{12} p/s/cm² et de mesurer leurs caractéristiques (position, divergence, largeur, émittance, intensité).

11 - CARACTERISTIQUES GENERALES DES DETECTEURS A IONISATION

Ce sont des chambres multifils de type "Charpak"^{1,2,3}, fonctionnant en chambres à ionisation pour des flux importants de particules \rightarrow qq 10^{11} /cm² ; au-dessous de qq 10^4 /cm², le régime de fonctionnement est celui des chambres à localisation.

Les informations données par ces chambres sont essentiellement les profils verticaux et horizontaux (voir fig. 3) à partir desquels il est aisé de calculer les caractéristiques des faisceaux (largeur, divergence, émittance...).

La partie mécanique de la chambre est identique quelle que soit l'intensité du faisceau observé (10^2 à 10^{12}). Le fonctionnement de ces chambres est prévu avec une haute tension variant entre 0 et 4000 V, et un balayage de gaz dont la composition peut également varier. Les deux paramètres, composition du gaz et haute tension, ajoutés à la nature de "l'Electronique" associée (voir fig. 4 et 5) permettent une large adaptation au flux de particules observé.

Les deux "Électroniques" sont commutables indifféremment sur la mécanique de la chambre.

III - ORGANISATION DU RESEAU DE DETECTEURS SUR LES AIRES DE SATURNE

Voir les figures numérotées 1 et 2.

Le synchrotron possède deux éjections, dont l'une dessert plusieurs casemates (voir fig. 1). Le transport des faisceaux est assuré par un ensemble d'éléments électromagnétiques (dipôles, quadrupôles, sextupôles...). Les détecteurs ont pour rôle de contrôler la position du faisceau, de vérifier sa focalisation et de s'assurer que sa configuration est conforme à l'optique que l'on désire.

Les alimentations basse et haute tension des détecteurs sont regroupées au niveau d'une baie dont la position est centrale (fig. 1) par rapport aux différentes lignes de faisceau.

Dans cette baie sont regroupées également toutes les informations de profils horizontaux et verticaux des différents détecteurs équipant les faisceaux (une vingtaine). Ces informations sont ensuite réparties vers les différentes casemates intéressées, par un système de multiplexage situé au niveau de la baie (voir fig. 6 et 7).

Au niveau de chaque zone expérimentale se trouve l'horloge qui pilote tous les détecteurs d'une ligne de faisceau et qui en particulier décide du nombre et de la durée des mesures à effectuer pendant le déversement (environ 20 mesures pendant les 200 ms de déversement).

Les profils du faisceau en différents points de la ligne sont soit affichés sur oscilloscope à mémoire, soit mis en mémoire pour acquisition et traitement par ordinateur. (voir fig. 3).

Dans chaque casemate se trouvent également les commandes d'insertion des détecteurs et la commande de leur haute tension.

Localement près de chaque détecteur se trouve son "électronique" propre dont l'information est transmise à la casemate via la baie centrale. (voir fig. 7).

IV - DESCRIPTION DE LA MECANIQUE DES DETECTEURS

Ces chambres multifils sont dérivées des chambres à localisation type "Charpak". Toutefois, nous avons développé deux types de mécanique. En effet, la plupart du transport des particules s'effectue dans le vide, et la présence de plusieurs chambres dans le faisceau, compte-tenu des deux fenêtres de titane (épaisseur 50 μ) nécessaires pour isoler le vide du mélange gazeux à un effet destructif pour le faisceau (voir chapitre VIII §3). D'où la nécessité de construire des chambres insérables que l'on peut retirer du trajet des particules une fois les mesures effectuées. Par contre pour les sections de transport des particules s'effectuant dans l'air, nous avons développé des chambres pouvant rester à demeure dans le faisceau, en substituant aux fenêtres de titane, des feuilles minces de mylar ou de Kapton (épaisseur 7 à 10 μ).

a) Les chambres insérables

Elles sont composées d'une partie mobile (fig. Ba et Bb), insérable dans une enceinte reliée à la ligne de vide du faisceau. Leur mécanisme d'insertion est pneumatique, l'étanchéité du coulisseau étant assurée par des joints toriques pour des vides jusqu'à 10⁻⁶ torr. D'autre part, des fenêtres en titane de 50 μ m d'épaisseur isolent le mélange gazeux du vide.

b) Les chambres pour faisceaux dans l'air

Montées sur bâti, elles sont dotées de fenêtres de protection en kapton de 10 μ m d'épaisseur. Ces chambres, vu leur mobilité et leur peu d'encombrement, sont particulièrement bien adaptées lors de préparations d'expériences, de montages tests. Le nombre total de chambres est d'environ 40.

c) Description de la partie de la chambre commune aux deux types de détecteurs.

Chaque chambre possède un plan de fils verticaux et un plan de fils horizontaux insérés entre trois plans "haute tension".

Chaque plan comporte 48 fils horizontaux ou verticaux au pas de 2 mm ou au pas de 1 mm, tissés sur un cadre en époxy d'épaisseur 1.5 mm. Ces fils de 20 μ m de diamètre sont en tungstène doré.

Les plans "haute tension" sont en grille inox au pas de 0.5 mm et d'épaisseur 50 microns tendue et fixée sur un cadre en époxy.

La distance entre plan de fils et plan de haute tension est de 4 mm.

L'empilement d'une chambre est représenté figure 9. Les entretoises de 4 mm sont en armodur, l'ensemble des trois plans haute tension et des deux plans de fils est maintenu entre deux armatures de 5 mm d'inox. Une arrivée et un départ pour le mélange gazeux sont ménagés dans l'épaisseur d'une entretoise.

V - MODES DE FONCTIONNEMENT DES DETECTEURS

Le mode de fonctionnement dépend de l'intensité du faisceau observé.

a) Intensité entre $5 \cdot 10^4$ et 10^{12} particules/s

Le mélange gazeux peut être simplement de l'air lorsque l'intensité I est supérieure à 10^8 particules/s. Il est nécessaire d'utiliser d'autres gaz (gaz carbonique + argon, isobutane + argon + fréon,...) pour une intensité plus faible, jusqu'à $5 \cdot 10^4$ particules/s. Le régime de fonctionnement est alors celui d'une chambre d'ionisation, avec ou sans multiplication suivant la nature du mélange gazeux et la valeur de la haute tension. Les charges sont collectées par les fils et intégrées dans une capacité liée à chaque fil, dont la tension constitue l'information. Tous les niveaux des capacités sont lus séquentiellement par un système multiplexeur et constituent le profil du faisceau dans le plan considéré.

b) Intensité entre 10^2 et 10^6 particules/s

Le fonctionnement est celui d'une chambre à localisation utilisant le gaz magique ^{135}Xe , avec une haute tension comprise entre 3500 et 4500 V.

Principe : une particule traversant la chambre ionise le gaz ; les charges, sous l'effet du champ électrique sont collectées par le fil le plus proche de sa trajectoire. Une multiplication contrôlée très importante (10^4 à qq 10^7) due au gradient de champ très élevé au voisinage du fil permet d'obtenir typiquement sur une impédance de 2 k Ω un signal de quelques dizaines de mV (fig. 10). Ce signal est mis en forme et entre sur une échelle, propre au fil sensibilisé. Les particules sont donc comptées sur chaque fil, dans un ensemble d'échelles. Après conversion digitale analogique le contenu des différentes échelles est lu séquentiellement et le profil obtenu est affiché sur oscilloscope (fig. 3).

VI - ELECTRONIQUE DES CHAMBRES A FILS

a) Intensité entre $5 \cdot 10^4$ et 10^{12} particules/s :

Electronique à intégration (fig. 4)

Comme il a été dit plus haut, les fils sont reliés à des condensateurs connectés à la masse et qui

intègrent les courants recueillis. Ces capacités sont pratiquement toujours de 4,7 nF, leurs tensions représentent le signal utile ; elles sont successivement transmises à un oscilloscope par un multiplexeur analogique commandé par une horloge. Le balayage de l'oscilloscope, déclenché par l'horloge, permet de reconstituer l'histogramme de ces tensions qui représente la distribution spatiale de l'intensité du faisceau, dite "profil du faisceau".

Le multiplexeur analogique est constitué par une série de transistors à effet de champ commandés par un circuit logique. Généralement bloqués, les transistors à effet de champ ne sont rendus conducteurs que un par un. Ils transmettent alors la tension de leur capacité à un amplificateur opérationnel à haute impédance d'entrée connecté en gain 1, qui permet d'attaquer la ligne coaxiale 50 Ω reliée à l'oscilloscope, par l'intermédiaire d'un transistor monté en collecteur commun.

La base de cette électronique est constituée par des circuits intégrés AY-6-4016 de General Instrument, qui sont des multiplexeurs analogiques 16 voies. L'équipement de chaque plan de 48 fils comprend : trois de ces circuits, la logique de commande et d'interconnexion, à base TTL, l'amplificateur opérationnel et le transistor de sortie.

La gamme des signaux admissibles s'étend vers le haut jusqu'à 6 ou 7 volts, valeur au delà de laquelle une saturation commence à se manifester. Vers le bas, les signaux observables sont limités par la disparité entre voies, principalement due aux courants de fuite à l'entrée, et qui ne dépasse pas généralement une dizaine de millivolts.

Mécaniquement, les circuits correspondant à un détecteur de deux plans, c'est-à-dire deux multiplexeurs et la logique associée, sont contenus dans un tiroir au standard CAMAC de largeur 5/25. Cet élément est situé près du faisceau, les connexions aux fils des chambres mesurant environ 2 mètres. Le signal d'horloge, commandant la logique, et les signaux de sortie sont transportés par des câbles coaxiaux qui aboutissent à la casemate des physiciens par l'intermédiaire d'un répartiteur central.

L'horloge délivre, à partir d'une impulsion de déclenchement, des trains d'impulsions d'exploration et éventuellement de remise à zéro séparés par des temps d'intégration réglables. La remise à zéro, c'est-à-dire la décharge des capacités est effectuée après chaque déversement et si on le désire après chaque exploration.

L'impulsion de déclenchement d'horloge est obtenue, à partir de l'impulsion initiale du cycle d'accélération, par un circuit retardateur à réglage digital.

Deux circuits complémentaires ont été réalisés :

- un circuit "Surbrillance" qui commande la brillance du spot de l'oscilloscope. Il fait apparaître sur l'écran une série de points correspondants aux mesures des différents fils ; sur le panneau avant du tiroir, l'opérateur choisit les numéros de trois fils repères auxquels correspondent des points d'une brillance accrue, que l'on peut observer sur la figure 3.

- un circuit intégrateur qui calcule le flux total de particules dans les zones limitées par les repères du tiroir "Surbrillance". Une première valeur numérique indique l'intégrale entre les marqueurs extrêmes et une seconde donne la différence des zones limitées par le marqueur central et les marqueurs extrêmes. On dispose ainsi d'une indication directe du décentrage du faisceau. Il existe une interface CAMAC permettant la lecture de ces deux valeurs par un ordinateur.

b) Intensité entre 10^2 et 10^6 particules/s :
électronique à comptage (fig. 5)

Quand le flux ne dépasse pas les valeurs de cette gamme, il est possible d'observer sur chaque fil les impulsions dues aux particules individuelles du faisceau. Le système comprend alors, pour chaque fil, un préamplificateur avec mise en forme, puis une échelle de comptage et un convertisseur digital-analogique. Un multiplexage analogique entre les fils permet d'obtenir un signal comparable à celui de l'électronique à intégration : un oscilloscope fournit le profil du faisceau.

Le préamplificateur-mise en forme, inspiré des circuits utilisés par Charpak, comporte un circuit intégré MECL II Motorola type MC 1035 P, dont les trois amplificateurs sont montés en cascade.

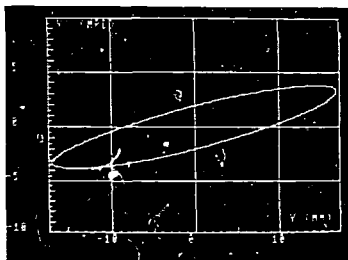
Deux transistors permettent d'attaquer la ligne coaxiale de transmission qui relie ce préamplificateur, situé près du faisceau, à l'échelle correspondante, placée dans la casemate physiciens.

À l'arrivée dans la casemate le signal est régénéré par un 1035 et deux transistors, puis attaque une échelle de 6 décades TTL SN 74196. Deux de ces décades, choisies par l'opérateur, sont converties en une tension analogique par un réseau (r, 2r).

Le multiplexage analogique est commandé par les mêmes signaux d'horloge que le système à intégration : l'horloge, le retardateur, le circuit surbrillance et l'intégrateur sont les mêmes pour les deux systèmes. Le système à intégration permet cependant des fréquences d'horloge plus élevées dans la version actuelle.

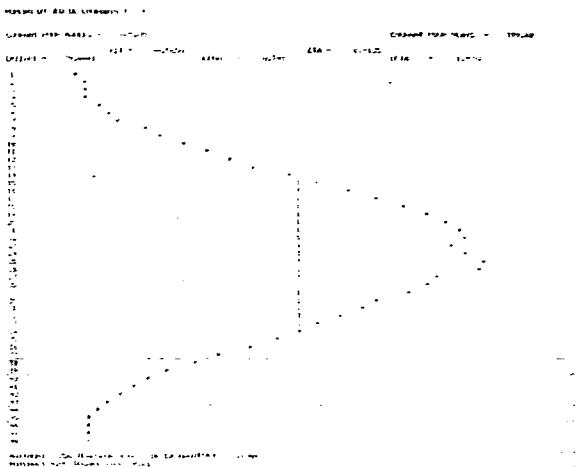
VII - TRAITEMENT DES PROFILS PAR ORDINATEUR

Un circuit effectuant la conversion analogique-digitale des signaux des détecteurs et leur acquisition sur ordinateur permet le traitement en ligne des profils. Un programme de dialogue les trace directement sur une unité de visualisation ce qui autorise une sélection et la détermination de la dimension du faisceau. Connaissant les caractéristiques de l'optique, il exécute ensuite le calcul d'émission par la méthode dite "des trois gradients", il visualise l'ellipse de phase (figure suivante), puis il stocke sur disque les résultats obtenus.



Courbe d'isodensité où chaque particule est représentée par sa direction Y' portée en ordonnée et sa position Y portée en abscisse, en un point s de la ligne

En différé, un second programme opère la lecture du disque, donne un tracé des profils sur l'imprimante (figure suivante) et procède à une nouvelle évaluation de la dimension du faisceau en effectuant un calcul de largeur à mi-hauteur et d'écart type, avec ou sans lissage...



Profil du faisceau restitué d'après l'enregistrement sur disque.

Un troisième programme utilise ces dernières données qui sont entrées par cartes et reprend la mesure de l'émittance.

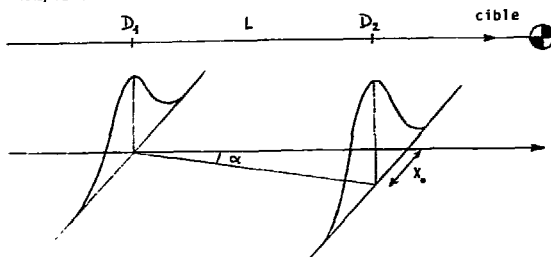
VIII - RESULTATS

a) Généralités

Ces chambres fonctionnent, pour certaines depuis quelques années et leur fiabilité est remarquable. Leur développement a permis, comme nous l'avons dit dans l'introduction, de réduire considérablement le temps de démarrage des faisceaux. Les paramètres observables sont la position du faisceau, sa divergence, sa largeur. A partir de ces données, il est possible de calculer l'émittance du faisceau, grandeur caractéristique de l'accélérateur, dont la connaissance est indispensable pour le calcul et l'adaptation des lignes de transport entre l'accélérateur et les cibles à irradier.

Toutefois, l'utilisation la plus courante est la surveillance permanente de la position, de l'angle du faisceau.

Exemple :



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_e}{L}$$

b) Caractéristiques des chambres

1 - Profils obtenus

Chaque cliché rassemble les deux profils en un même point de la ligne, la partie supérieure correspondant au profil vertical et la partie inférieure au profil horizontal.

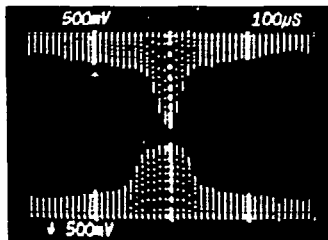
a) Faisceau de haute intensité

($I > 10^9$ p/s)

gaz : air ou azote

électronique à intégration

HT variant entre 0 et 1000 V

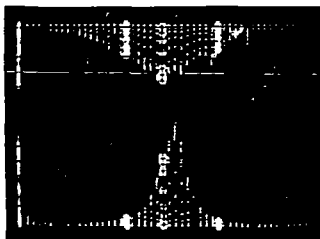


Profils obtenus après passage dans un collimateur (Protons 1,64 GeV)

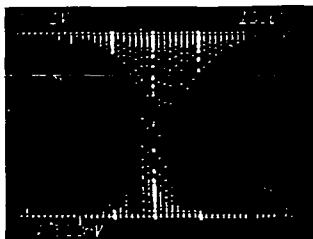
Certaines photographies montrent des profils très étroits (Fig.3) ce qui prouve que le système de mesure n'introduit pas d'élargissement sensible par rapport aux dimensions effectives du faisceau.

B) Faisceau d'intensité moyenne

gaz magique¹
électronique à intégration
HT > 2000 V



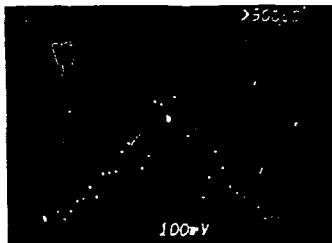
$1.6 \cdot 10^7$ tritons de 3.0 GeV/c



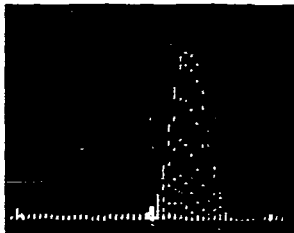
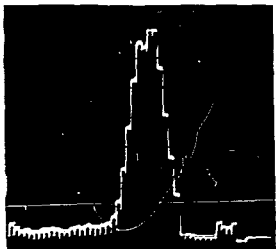
$6.7 \cdot 10^6$ deutons de 1.15 GeV/c
HT : 3000 V

γ) Faisceau de basse intensité

gaz magique
électronique à localisation (comptage)
HT de l'ordre de 4000 V



$2 \cdot 10^3$ π^+ de 700 MeV/c



8,5 10⁶ protons polarisés de 1,3 GeV/c
HT : 3900 V

2 - Influence de la haute tension sur l'amplitude du signal et la largeur des profils

a) Faisceau de haute intensité

(électronique à intégration)

La figure 11 donne le comportement d'une chambre dans l'air. La figure 12 correspondant à un balayage d'azote ; il semble que pour les plus faibles valeurs de la tension anodique, la largeur des profils observés augmente. L'absence de cet effet dans le cas de l'air peut être due à la présence d'oxygène, gaz électro-négatif. Il y a donc lieu d'éviter l'utilisation d'azote pur.

b) Faisceau de basse intensité

Les mesures (fig. 13) ont été faites pour un balayage de gaz magique dans la chambre, avec les deux types d'électronique (intégration et comptage). On note qu'un accroissement de haute tension donne une augmentation relative de signal

sensiblement constante. Les courbes correspondant aux tensions les plus élevées s'écartent de cette loi exponentielle pour les grandes valeurs du signal et présentent une nette saturation. Quelque soit le type d'électronique les courbes présentent la même allure.

γ) Source de strontium 90

Des mesures analogues avec l'électronique à intégration (fig. 14) ont été réalisées avec une source de strontium donnant des électrons de 2,27 MeV. Dans ce cas, l'allure des courbes reste semblable à celle obtenue avec des particules de haute énergie, la pente étant comparable pour des tensions correspondantes.

Pour les deux types de particules la pente des courbes augmente légèrement avec la haute tension. Elle dépend également de la nature du gaz utilisé.

3 - Angle moyen de diffusion (fig. 15)

Pour des protons appartenant à la gamme d'énergie prévue pour Saturne II (0,3 - 3 GeV), ainsi que pour les ions plus lourds prévus (0,15 - 1,4 GeV/nucléon) la dispersion angulaire introduite par une chambre ne dépasse pas 2,5 mrad. L'utilisation simultanée de deux chambres, nécessaire pour déterminer les angles, n'entraîne pas de détérioration notable du faisceau.

4 - Pertes d'énergie (fig. 16)

Faibles pour les protons, ces pertes deviennent sensibles pour les particules alpha, pour lesquelles il y aura lieu soit d'en tenir compte, soit de retirer les détecteurs après réglage.

5 - Impulsions développées dans une chambre à localisation

La figure 10 montre les impulsions recueillies sur un fil d'une chambre en balayage de gaz magique, avec une impédance de charge de 2 kΩ, qui est l'impédance du préamplificateur utilisé dans l'électronique à comptage. Le temps de montée des impulsions est voisin de 100 ns, et la descente est sensiblement exponentielle avec une constante de temps de 400 ns. Ceci montre une capacité globale par rapport à la masse d'un fil, de l'entrée d'un préamplificateur et du câble qui les relie de 200 pF environ.

La durée des impulsions limite le flux des particules observables par comptage : une impulsion arrivant moins de 500 ns après une autre a peu de chance d'être décelée. Ainsi, la fréquence maximale par fil serait 2 MHz, si les particules étaient régulièrement distribuées dans le temps. Leur arrivée étant aléatoire, c'est à partir de quelques centaines de kHz que la saturation se manifeste, élargissant les profils par baisse de l'efficacité des canaux les plus chargés. En considérant une fréquence limite de 400 kHz, et L. déversement moyen effectif à Saturne de 150 ns, on arrive à un comptage maximum de $6 \cdot 10^6$ par fil et par cycle.

On pourrait augmenter cette valeur en diminuant l'impédance d'entrée du préamplificateur. En fait, cette limitation n'est pas très gênante, car, à partir de quelques 10^6 particules par cycle, les profils peuvent être obtenus grâce à l'électronique à intégration.

IX - CONCLUSION

Les chambres à fils actuellement utilisées à Saturne permettent de visualiser des faisceaux d'intensité comprise entre 10^2 et 10^{12} particules/s. La limite basse, obtenue avec l'électronique à comptage, est principalement due aux parasites, à des particules perdues par le synchrotron. Une électronique munie d'une entrée coïncidence devrait abaisser notablement cette limite. Dans le développement d'un tel système, on peut même envisager de suivre une particule de chambre en chambre.

L'élaboration des détecteurs à émission secondaire nous a conduit à réaliser une électronique à intégration à grande sensibilité. Appliquée aux chambres proportionnelles, elle devrait permettre d'abaisser le seuil d'intensité pour ce type de dispositif. Ceci est intéressant vu la simplicité et la légèreté du système, d'une part, et d'autre part c'est la seule électronique utilisable avec les accélérateurs à déversement court, comme les accélérateurs à électrons (Orme des Merisiers).

La limite haute de l'intensité mesurable est due à la saturation : une bonne solution nous paraît être l'utilisation, pour des flux plus élevés, de l'émission secondaire, ce phénomène pouvant s'appliquer aux fils d'une chambre préalablement vidée de tous gaz.

Pour la détection d'ions de masses croissantes, il faut minimiser la quantité de matière traversée, surtout pour les mesures d'angles qui demandent l'emploi simultané de deux détecteurs. Un progrès dans ce sens pourra être obtenu en remplaçant les grilles haute tension d'inox par des lames de mylar aluminisé, ou par des plans de fils analogues aux plans de lecture, qui apporteraient 10 fois moins de matière que les grilles actuelles. Cette solution permettrait de sensibiliser la chambre par bandes successives et de reconstituer la structure du faisceau dans les deux dimensions transversales. D'autre part, le grand pouvoir ionisant des ions lourds permet une baisse de la pression dans les chambres ce qui autorise un amincissement des fenêtres.

Par leurs possibilités étendues et leur facilité d'emploi, les chambres à fils devraient conserver longtemps la place importante qu'elles ont acquise dans la conduite des faisceaux de particules chargées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Bouclier, N.I.M. 88 (1970) 149-161
- (2) Charpak, N.I.M. 97 (1971) 377-388
- (3) Charpak, N.I.M. 99 (1972) 279-284
- (4) Parain, SOC/UTI-19, JP/FH

Manuscrit reçu le 20 mai 1977

Nous exprimons nos remerciements à
M. Bernard THEVERET , Département Saturne, qui , dès le
début de ces travaux a manifesté tout l'intérêt
qu'il y portait et nous a apporté son soutien constant
pendant la réalisation de cet équipement.

Nos remerciements vont également à
Messieurs Pouillat, Leguevel et Theuré pour leur
précieuse collaboration.

- 1 - Câble coaxial HT
- 2 - Toron des fils d'information
- 3 - Coulisseau
- 4 - 6 Couverts de fermeture du détecteur
- 5 - Corps du détecteur
- 7 - Connecteur de sortie des informations
- 8 - Un des plans de haute tension
- 9 - Passage du gaz
- 10 - Fiasque d'acier inoxydable
- 11 - Plan de fils verticaux
- 12 - 15 Grilles de haute tension
- 13 - Ouverture pour le passage du faisceau ;
la fenêtre de titane qui normalement
l'obture n'est pas représentée
- 14 - Plan de fils horizontaux
- 16 - Tige de guidage

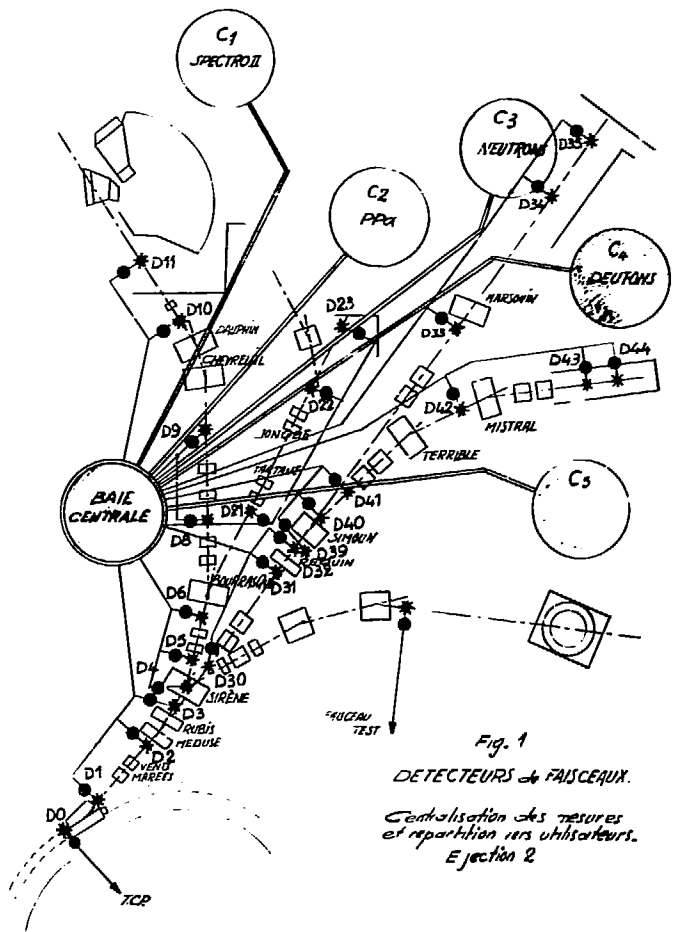


Fig. 1
 DETECTEURS & FAISCEAUX.
 Centralisation des mesures
 et repartition vers utilisateurs.
 Ejection 2

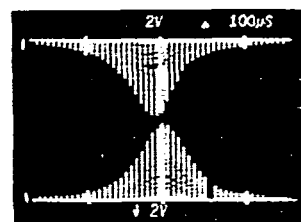
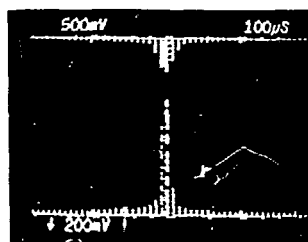
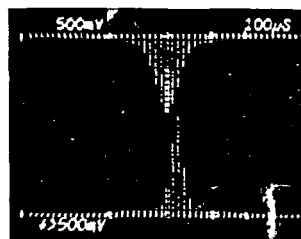
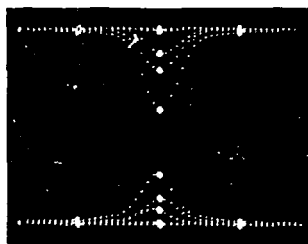
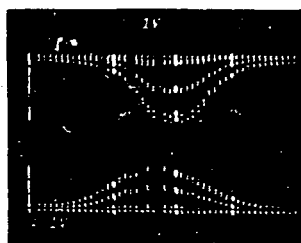
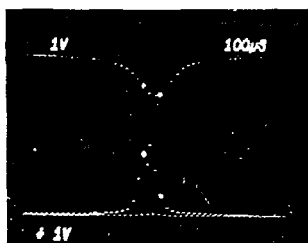


FIGURE 3

Profils de faisceaux de haute intensité ; haute tension de quelques centaines de volts ; électronique à intégration.

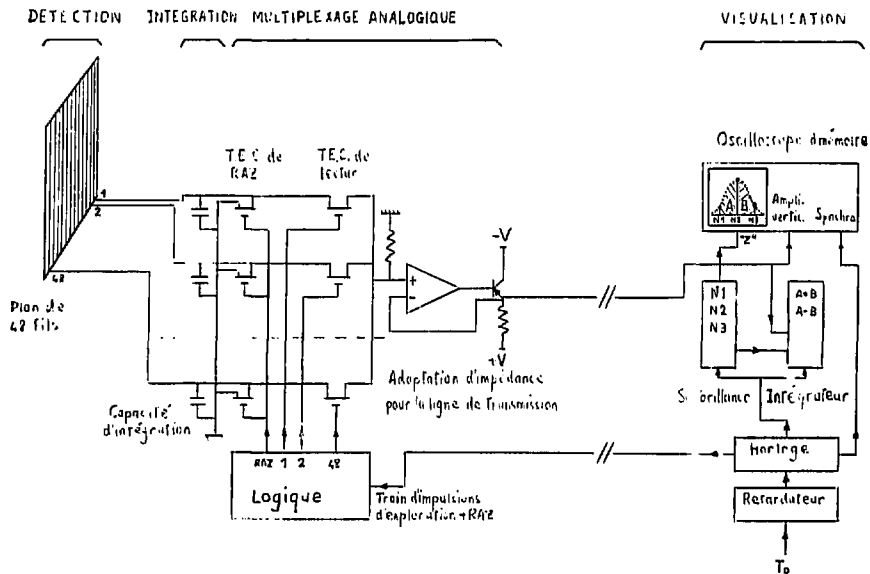


FIGURE 4 : Electronique haute intensité (à intégration)

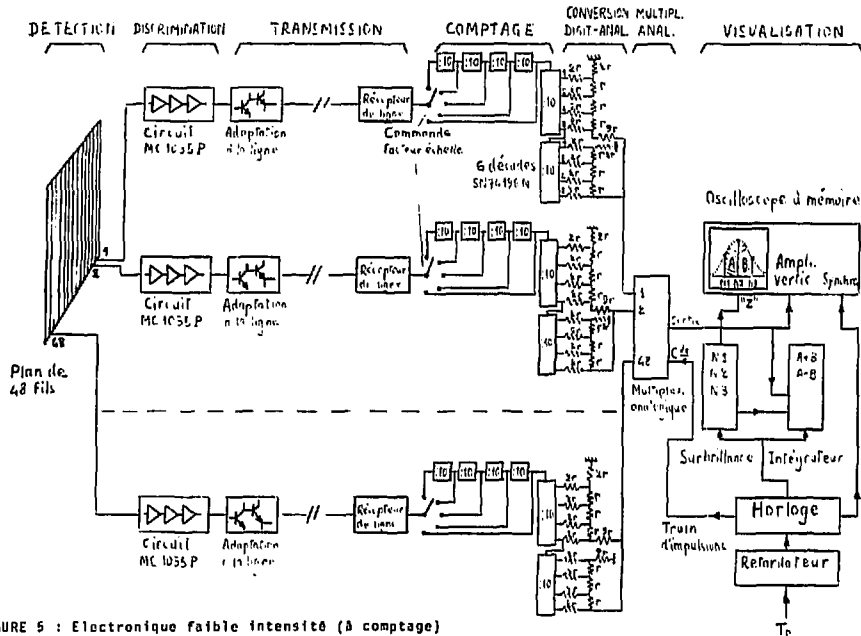


FIGURE 5 : Electronique faible intensité (à comptage)

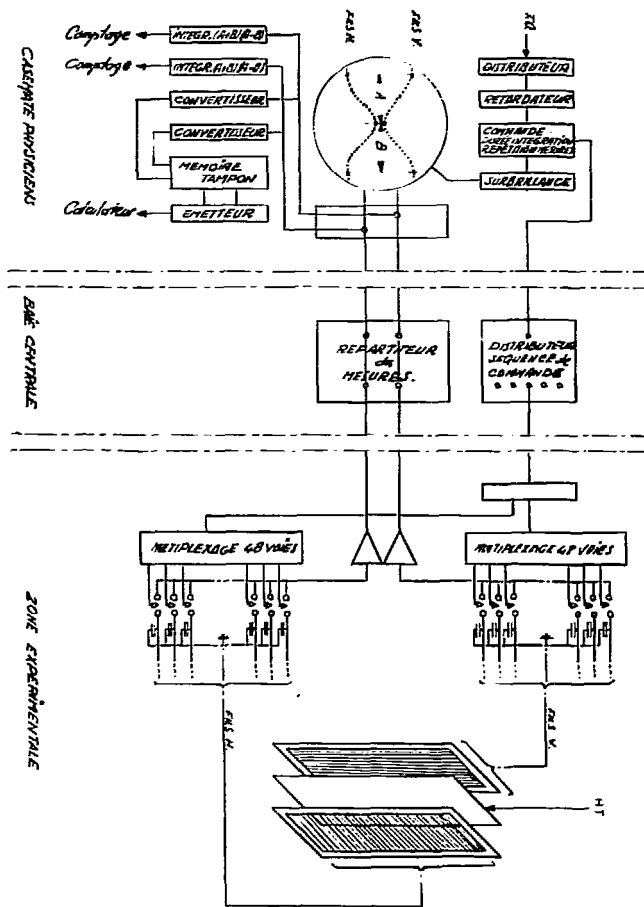


FIGURE 6 : Implantation des différents éléments associés aux détecteurs

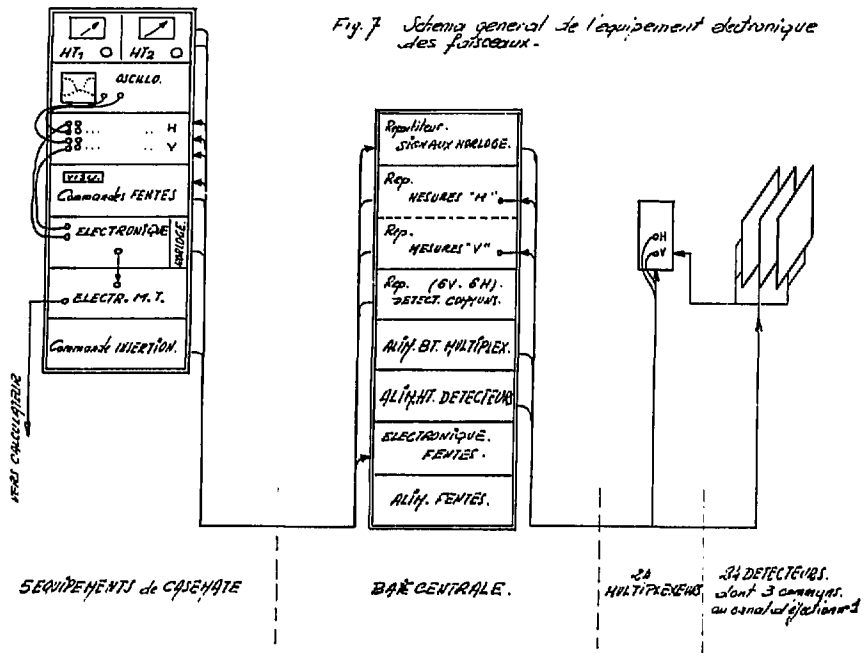


Fig. 7 Schéma general de l'équipement électronique des faisceaux.

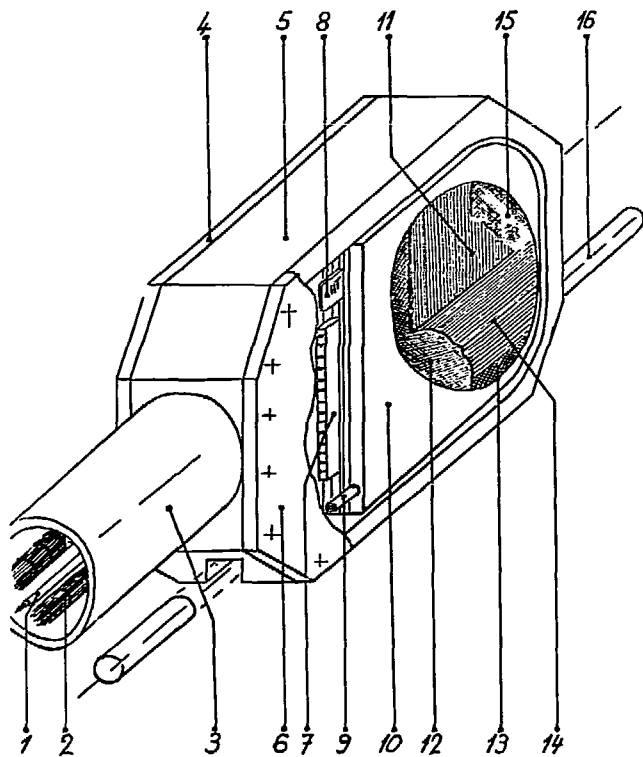


FIGURE 8a : Partie mobile d'une chambre insérable

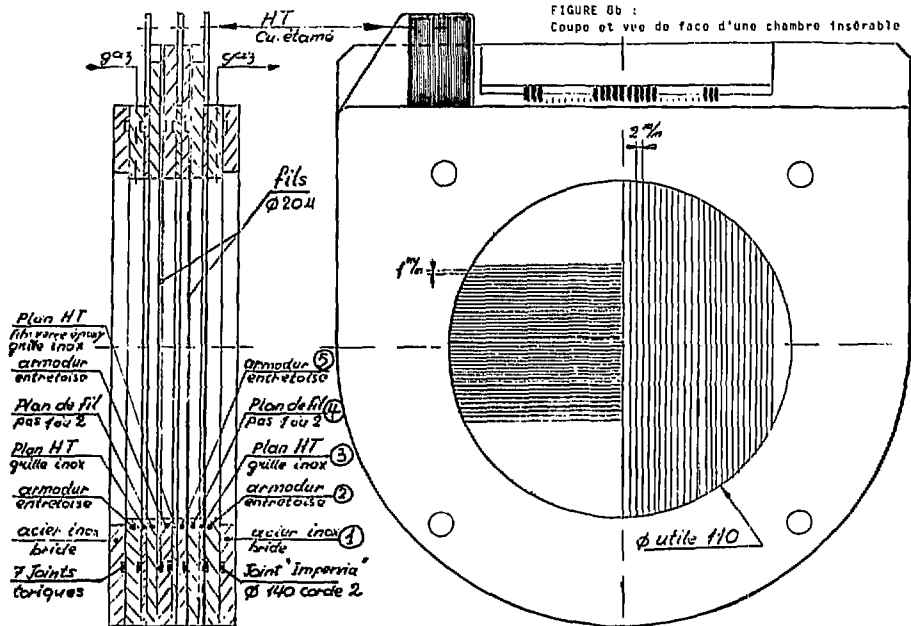
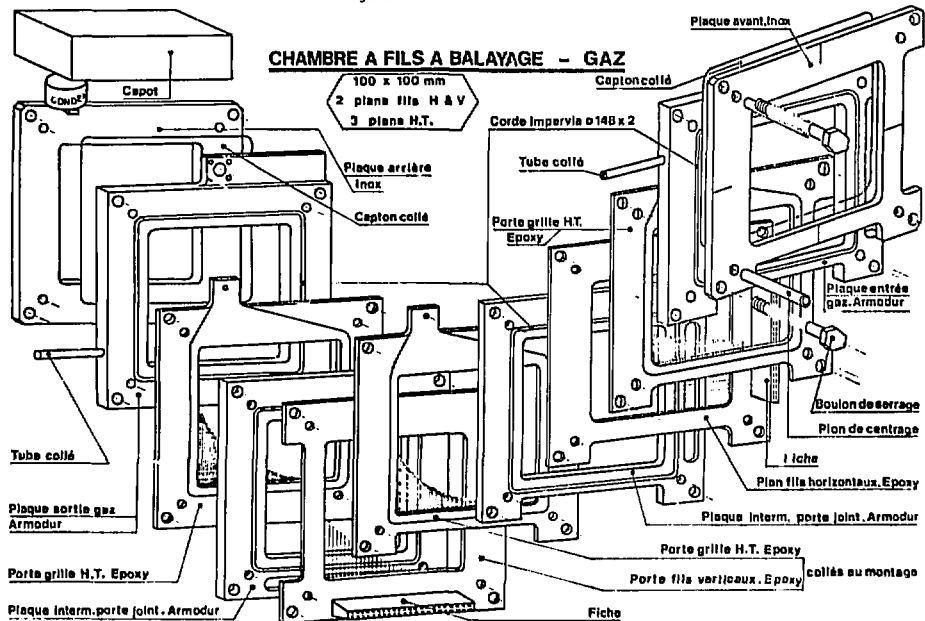


Figure 9





HT : 4100 V
Echelle verticale : 50 mV par carreau
Echelle horizontale : 200 ns par carreau



HT : 4400 V
Echelle verticale : 100 mV par carreau
Echelle horizontale : 200 ns par carreau

FIGURE 10

Impulsions de sortie des chambres à localisation avec
balayage de gaz magique

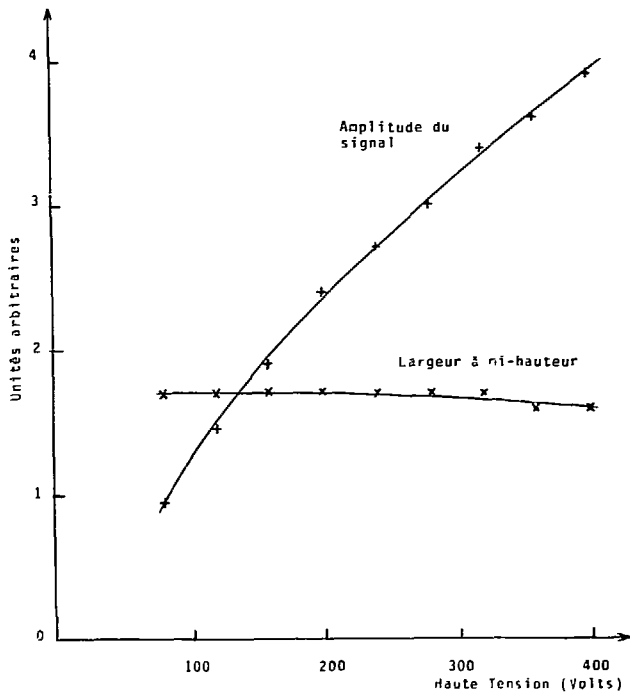


FIGURE 11

Variation de l'amplitude et de la largeur du signal avec la haute tension, dans l'air.

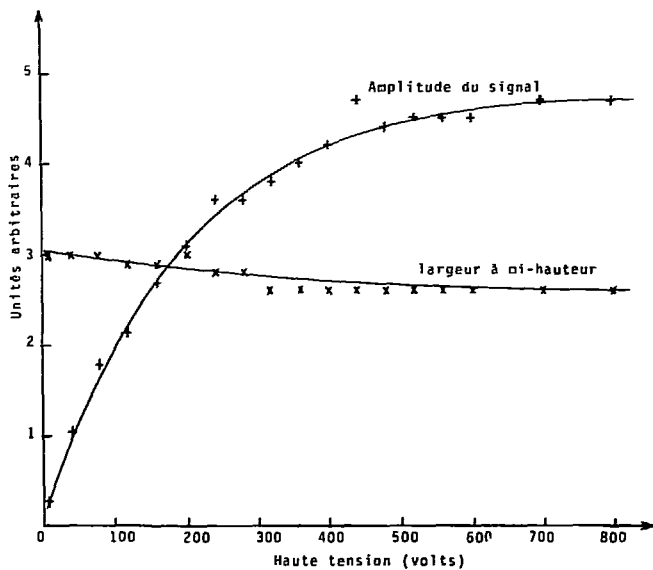


FIGURE 12

Variation de l'amplitude et de la largeur du signal avec la haute tension, dans l'azote.

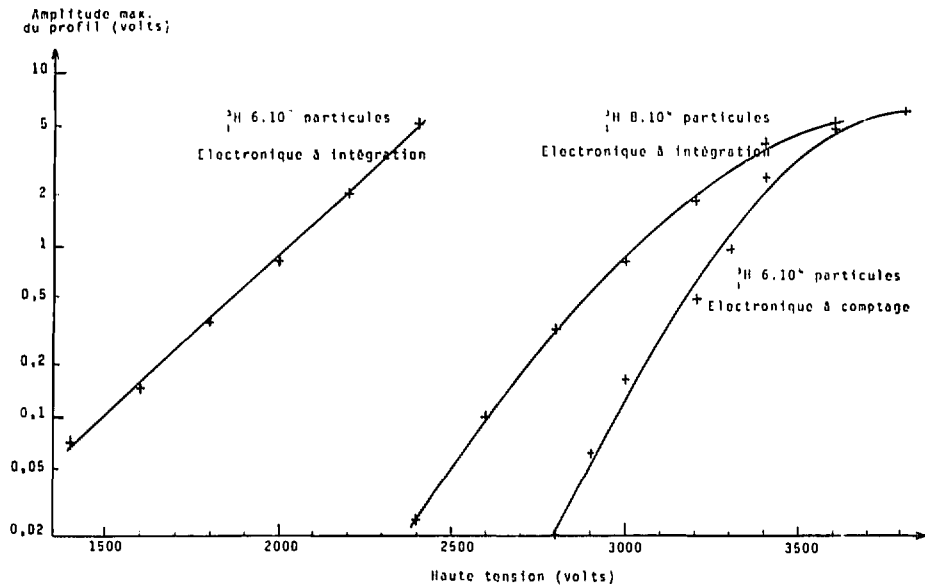


FIGURE 13

Variation de l'amplitude du signal avec la haute tension, en régime proportionnel

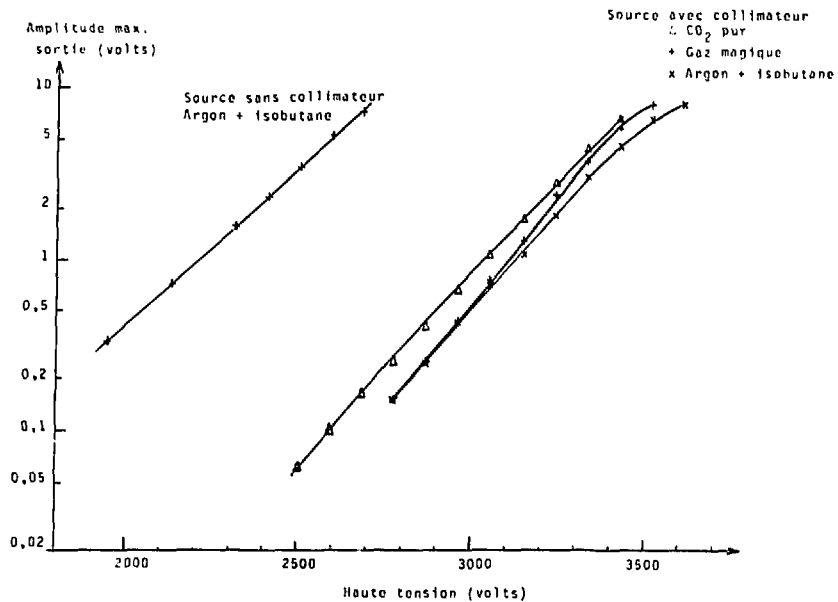


FIGURE 14
 Variation de l'amplitude du signal avec la haute tension, en régime proportionnel

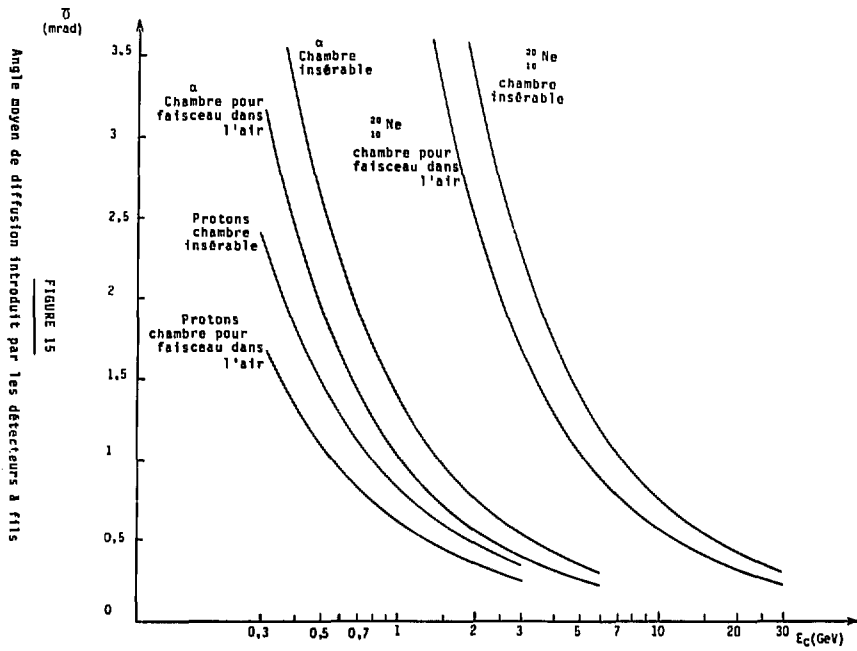


FIGURE 15

Angle moyen de diffusion introduit par les détecteurs à fils

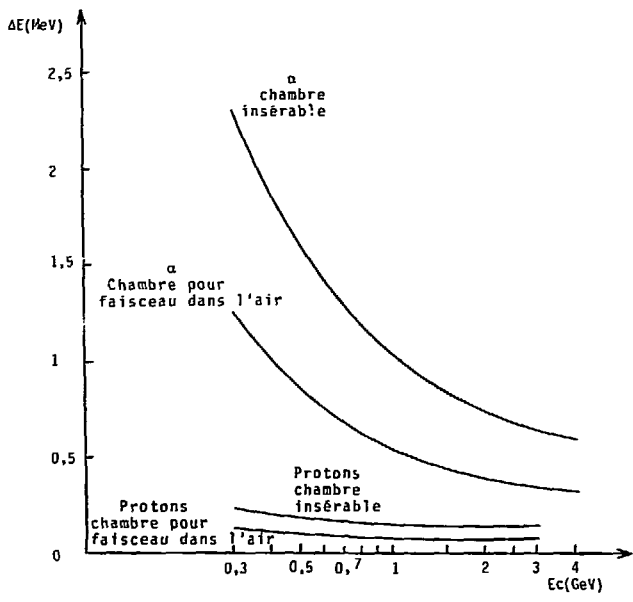


FIGURE 16

PERTES D'ENERGIE LORS DE
LA TRAVERSEE DES CHAMBRES A FILS

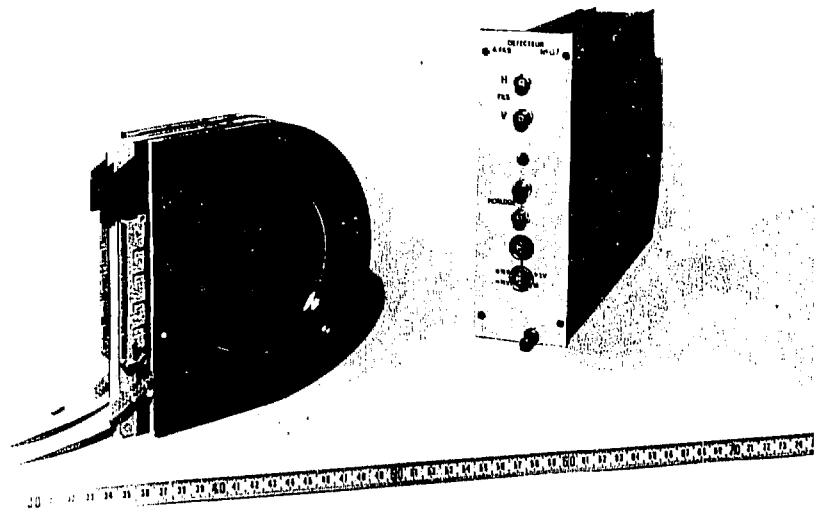


FIGURE 17

Chambre pour section de faisceau dans l'air, avec sortie des informations
horizontale et verticale sur un même côté du détecteur

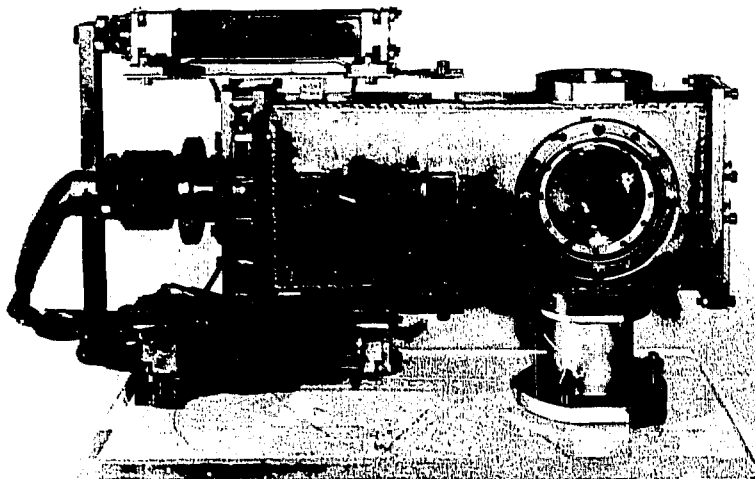


FIGURE 18

Chambre de type "Inserable" pour section de faisceau sous vide

Achevé d'impression
par
le CEA, Service de Documentation, Saclay
Juillet 1977

DEPOT LEGAL
2ème trimestre 1977

La diffusion, à titre d'échange, des rapports et bibliographies du Commissariat à l'Energie Atomique est assurée par le Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France).

Ces rapports et bibliographies sont également en vente à l'unité auprès de la Documentation Française, 31, quai Voltaire, 75007 - PARIS.

Reports and bibliographies of the Commissariat à l'Energie Atomique are available, on an exchange basis, from the Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France).

Individual reports and bibliographies are sold by the Documentation Française, 31, quai Voltaire, 75007 - PARIS.

Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Boîte Postale n° 2
91190 - Gif-sur-YVETTE (France)