



CM-P00065152

SPS IMPROVEMENT REPORT No. 185

Essais du septum électrostatique en LSS6 avec extraction réson-  
nante rapide à haute intensité

19 mai - 2 juin - 16 juin 1980

X. Altuna, R. Bonvin, R. Dubois, R. Ducret, N. Garrel, K.H. Kissler

## I Introduction

Nous rappelons que chaque anode à fils de septum électrostatique possède 2 électrodes appelées "collecteurs d'ions" destinées à empêcher les ions créés à l'intérieur de l'anode - en particulier par le faisceau circulant - d'aller, accélérés au travers du réseau fils, perturber le champ électrique principal en créant des claquages haute tension.

Lors des extractions en mode "résonnante rapide", à haute intensité, le septum électrostatique du canal ouest ne fonctionne pas d'une façon satisfaisante. On remarque en effet des décharges dans les circuits d'alimentation des collecteurs d'ions. Ces décharges sont toujours amenées par une irradiation rapide et élevée (celle produite lors d'extraction résonnante - rapide à haute intensité). Les collecteurs d'ions ne jouent alors plus leur rôle; il s'ensuit donc un taux de claquages H.T. du ZS prohibitif et un mauvais fonctionnement du canal d'extraction.

Une amélioration très nette a été obtenue en février 1980 en découvrant, puis en éliminant des éléments particulièrement sensibles du circuit des collecteurs d'ions constitués par des

éclateurs de protection (1-, 2, 3). L'intensité opérationnelle maximum admissible en extraction "résonnante-rapide" a pu ainsi dépasser quelque  $8.10^{12}$  ppp.

Cependant, on a remarqué que le phénomène de claquages des pièges à ions persistait quoique se produisant à un niveau d'irradiation plus élevé donc pour un faisceau extrait plus intense. Cette "ionisation" gênante avait donc lieu également ailleurs qu'au niveau de ces éclateurs de protection. Nous avons aussi remarqué que-toute chose restant égale par ailleurs, c'était surtout la plaque inférieure du ZS 61639 (2ème position) qui donnait des ennuis.

Le but de ces différents essais était, en créant volontairement un niveau d'irradiation élevé, de déterminer si ces décharges avaient lieu principalement à l'intérieur du tank ZS ou à l'extérieur et, si possible à quel endroit.

En outre, on a effectué le 16 juin des essais avec intensité la plus élevée possible en extraction "résonnante rapide" afin de tester la résistance du réseau de fils des septa.

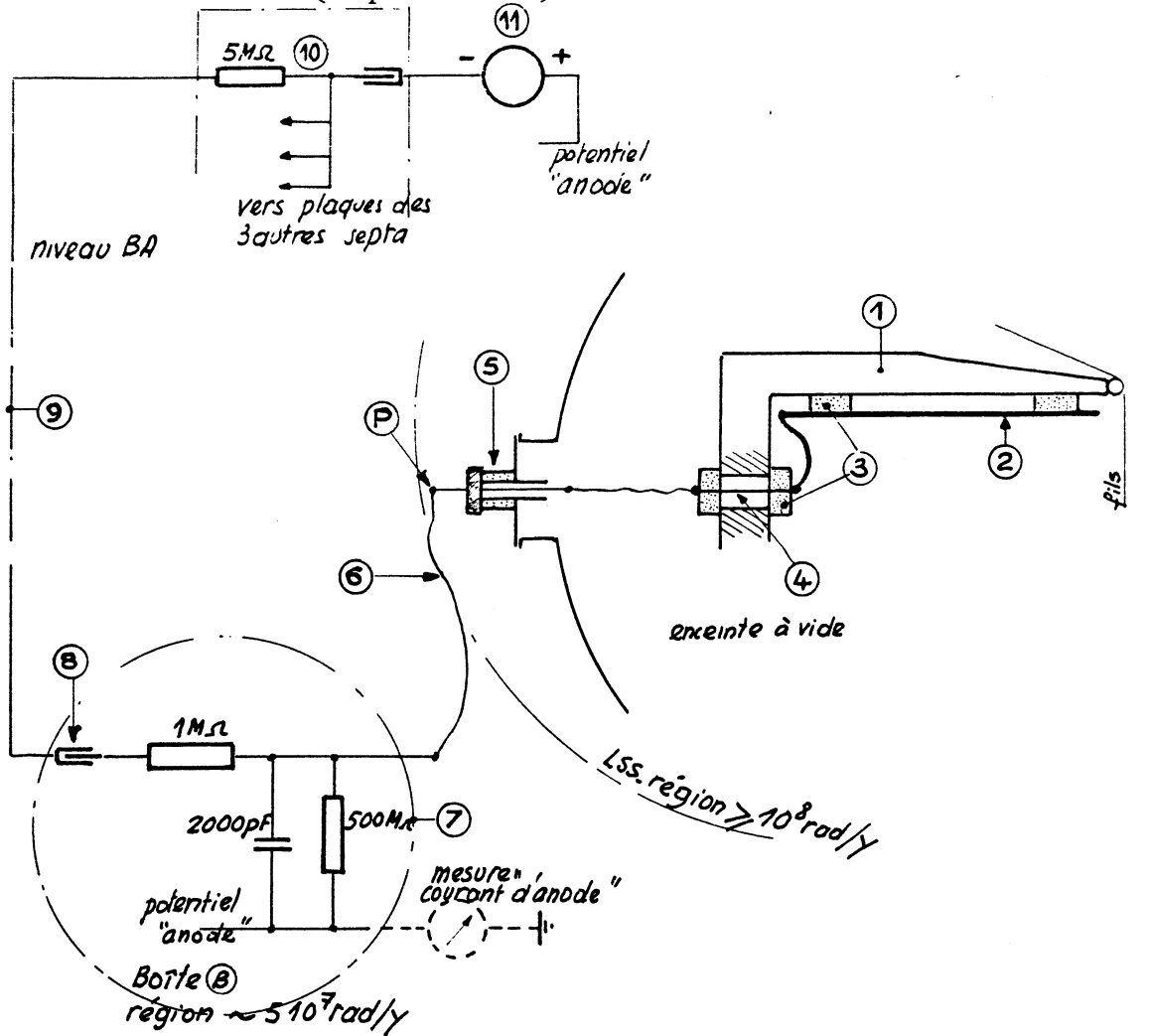
## II Essais des collecteurs d'ions (19 mai - 2 juin)

### 2.1 Description des circuits et manipulations pour les essais

Le circuit typique pour une plaque de collecteur d'ions est décrit par la fig. 1. C'est celui qui correspond au ZS en place en 61639 (ZS première version). Les circuits des autres plaques pour les autres septa ne sont pas essentiellement différents.

Nous suspectons qu'il peut y avoir ionisation puis claquage HT, soit:

- au niveau de l'isolation plaque-anode (fig. 1 repère 3 ou 4)
- ou au niveau de la traversée (rep. 5)
- ou au niveau de la boîte de connexions et des câbles (rep. 6 et 7)



- |   |   |
|---|---|
| ① ANODE A FILS                                      | ⑥ CABLE COAXIAL "RG 58 C/U" - 15 kV MAX.                                      |
| ② PLAQUE "COLLECTEUR D'IONS"                        | ⑦ BOITE "CONNEXIONS D'ANODE"  |
| ③ ISOLATION EN ALUMINE                              | ⑧ CONNECTEUR 15 kV MAX - ISOLANT: POLYETHYLENE                                |
| ④ PASSAGE ANODE (VIS ISOLEE)                        | ⑨ CABLE CCH50 DE LSS A BA   |
| ⑤ TRAVERSEE AIR-VIDE - (15 kV MAX) CERAMIQUE BRASEE | ⑩ "PATCH PANEL" RACK 0724   |
|   | ⑪ ALIMENTATION H.T. 15 kV MAX - 1 mA - (LIMITEE A 8 kV MAX) SORTIES + ISOLEES |

Fig. 1 - Plaque "collecteur d'ions" et circuit associé  
(schéma simplifié - cas du ZS 61639)

Pour éliminer l'influence de l'ionisation (gaz) à certains endroits du circuit et ainsi isoler le défaut, on a plongé la boîte (8) dans un volume d'huile (avant essai du 19 mai). Nous avons ensuite enfermé la traversée (5) également dans un récipient rempli d'huile (également avant essai du 19 mai). De cette façon on a pu ainsi éliminer les possibilités qui restaient d'ionisation de l'air autour des circuits (traversée - boîte de connexions). Afin également de s'affranchir des cas d'ionisation des isolants solides tels que les câbles par exemple un essai a été effectué le 2 juin après inversion au point P du circuit de la plaque en défaut (inférieure) avec le circuit de la plaque supérieure (restée toujours sans défaut apparent tout au long des différents M.D effectués.)

## 2.2 Comptage des claquages

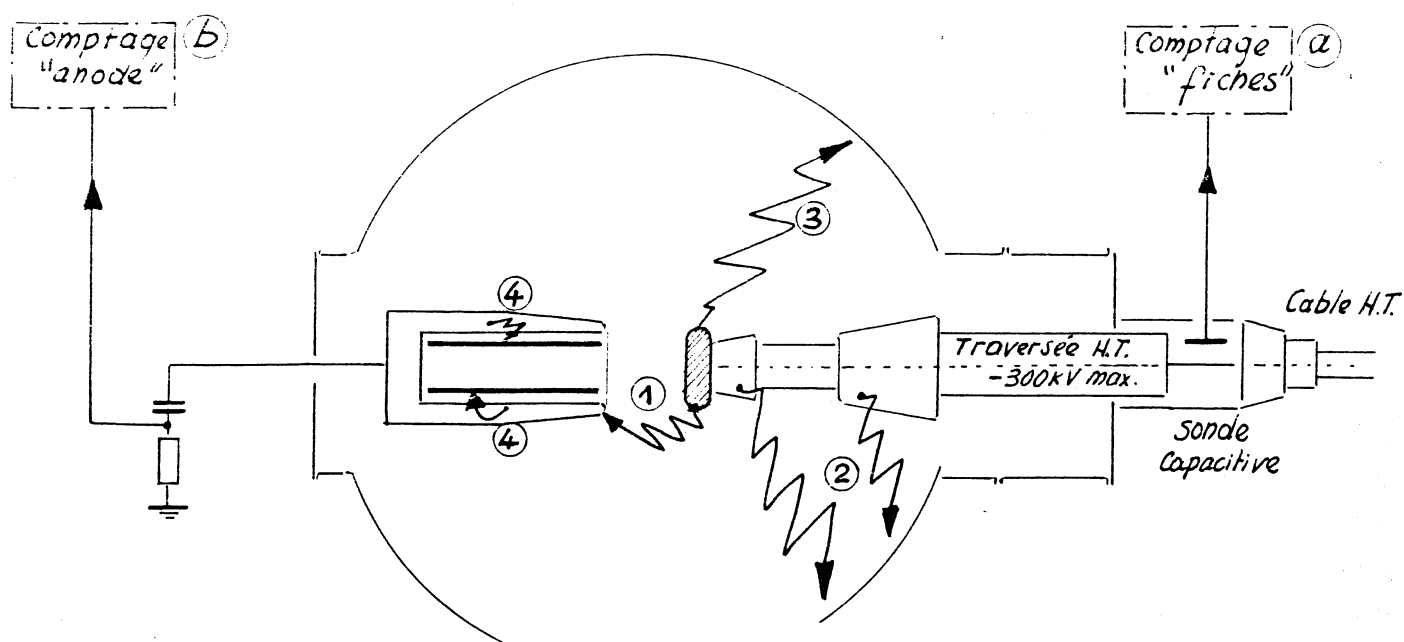


fig. 2 - Comptage des claquages HT

Le comptage des claquages H.T. se fait en 2 points différents (fig. 2).

#### Comptage (a) ("fiches")

Par l'intermédiaire d'une sonde capacitive, à l'entrée de la tension. Tout claquage de la haute tension d'extraction est compté en ce point.

#### Comptage (b) ("anode")

Comptage de tout claquage HT entre anode et cathode (tension d'extraction) et des claquages entre plaque collecteur d'ions et support (anode).

\*Si le nombre compté  $a = b$   
cela signifie que l'on a seulement des claquages de type 1 (fig. 2)

\*Si  $a > b$ : on a aussi des claquages qui ont lieu seulement en 2 ou 3

\*Si  $a < b$ : on a aussi des claquages qui ont lieu en 4 (collecteurs d'ions)

N.B. Il convient d'interpréter seulement les différences entre les chiffres  $a$  et  $b$  qui sont nettes et supérieures à un écart de 10% pour les faibles chiffres (1 à 10) et 2 à 5% pour les chiffres supérieures (10 à 100) ceci pour éliminer certains effets (claquages "doubles") ou des effets contradictoires.

### 2.3 Production volontaire d'ionisation pendant les essais

Afin de solliciter le plus possible le ZS n° 2 nous avons essayé de produire, à cet endroit particulièrement un niveau de pertes volontairement élevé. Pour cela l'alignement du plan des fils de l'ensemble des 4 septa (poutre) a été dérégulé.

Les seuils de déclenchement des moniteurs de pertes ont été placés à 10 V au lieu de 7 ou 8 V dans l'ensemble du canal d'extraction. Le tableau des paramètres ci-dessous indique les différentes positions mécaniques choisies et les niveaux de pertes de protons correspondants.

#### 2.4 Paramètres principaux durant les essais

19 mai

positions normales	} amont	aval
poutre ZS	-2.75 mm	-8.10 mm
" dérégées	-2.8 mm	- 6.5 mm
niveau normal des pertes	ZS2 4,5 V	TCE5 6,5 V
niveau avec poutre dérégée	6,6 V	9,5 V (*)

extraction "rés.rapide"       $1.6 \cdot 10^{13}$  ppp

circuit piège: boîte B dans huile-traversée 5 dans huile

2 juin

positions normales	-2.8 mm	-8.10 mm
" dérégées	-2.78 mm	-6.76 mm
niveau normal perte	5,8 V	9 V
" poutre dé-réglée	6,8 V	9,7 V (*)

extraction "rés.rapide"       $1.6 \cdot 10^{13}$  ppp

circuit piège: boîte B dans huile- inversion connexions en P

(\*) correspond à un niveau de pertes pour une extraction rés. rapide  $> 2 \cdot 10^{13}$  ppp

### Paramètres septa

Tension: 228 kV

champs électriques extraction:

61633: 97 kV/cm, 61639: 101 kV/cm, 61654:108 kV/cm, 61671:108 kV/cm

tension des collecteurs d'ions

-4 kV pour une plaque, -5 kV pour l'autre

pression vide:  $5.10^{-9}$  torr

### 2.5 Résultats des essais

19 mai

- 1h45 mn après le début de l'extraction l'alimentation à 4 kV du collecteur bas 61639 signale un court-circuit entre plaque et anode. Rien n'est visible par la mesure de la pression du vide. Le court-circuit persiste encore à 3.8 kV.

Le 4ème septum (61671) montre lui aussi des anomalies en ce qui concerne la plaque collecteur du bas: la tension maximum applicable (tout à la fin de l'essai) n'est plus de 8 kV comme normalement mais 6,9 kV.

Après l'arrêt de l'extraction la situation redevient normale en quelques minutes et il est possible d'appliquer partout sans problème la tension max de 8 kV (sans faisceau).

Les compteurs indiquent en fin d'essai:

	61633	61639	61654	61671
"fiches" (a)	10	13	12	10
"anodes" (b)	9	<u>126</u>	14	<u>26</u>

On voit donc clairement indiqué le phénomène de claquages sur les 2 unités 61633 et 61671.

### Conclusion

Le défaut est situé très probablement à l'intérieur du tank bien que la pression du vide ne signale aucune perturbation (ce qui n'est pas habituel lors de claquages - même à faible tension - dans l'ultra-vide). L'ionisation à l'intérieur d'un des câbles d'alimentation (fig. 1 - (6)) étant également pos-

sible, on décide d'effectuer un autre essai en inversant directement à l'entrée du tank ZS les connexions collecteurs d'ions de façon à éliminer tout doute concernant le circuit en général.

## 2 Juin

- 2 h après le début de l'extraction le même phénomène apparaît. Les décharges se maintiennent encore jusqu'à 3.5 kV. Le défaut apparaissant sur la "nouvelle" ligne - qui correspond toujours à la plaque du bas, on peut donc affirmer qu'il se situe bien à l'intérieur de l'enceinte à vide.

### 2.6 Discussion

Si l'on essaie de cerner les raisons possibles qui peuvent créer ce défaut aux caractéristiques suivantes:

- produit par une irradiation élevée en un temps court
- apparaît après un certain délai compris entre 1h30 et 2h
- se maintient sans faisceau pendant un certain temps (relativement court)
- n'est pas spécifique à un septum

On peut citer:

- 1) l'irradiation qui produit localement un dégagement de gaz. Celui-ci, mal pompé crée une élévation de la pression jusqu'au phénomène de décharge gazeuse ( $10^{-2}$  -  $10^{-3}$  torr).
- 2) les isolants en oxyde d'alumine se chargent par l'action de l'irradiation. La longueur de cheminement devient trop faible pour assurer l'isolation.



La première explication ne nous paraît pas plausible. En effet, il faudrait pour qu'il y ait élévation de pression, donc dégazage local, des éléments pouvant donner beaucoup de gaz (mal nettoyés par exemple) accompagné d'une élévation notable localement de la température. Ceci n'est pas le cas actuellement (pression basse de quelques  $10^{-9}$  torr - éléments propres et étuvés).

Malgré que la cause n° 2 ne paraîsse pas prouvée non plus, à la faveur de l'installation d'une 5ème unité ZS pour extraire des protons à 450 GeV/c l'amélioration de l'isolation des plaques a été décidée et entreprise. Elle ne sera effectuée que pour cette 5ème unité (en LSS2 et LSS6) et pour éventuellement des unités de réserve mais pour l'instant elle n'est pas envisagée pour les 12 tanks (au total) radio-actifs ayant déjà fonctionnés.

Dans le 5ème ZS (ZSE) une anode avec une machoire intérieure plus large sera montée. Le supplément de largeur apporté - 10 mm - est nécessité, pour 6 mm par l'optique du faisceau à l'endroit de la 5ème unité. Les 4 mm restant sont destinés à augmenter pour 2 mm de chaque côté l'isolation de chaque plaque. La distance le long du plot d'alumine passera de 3 à 4,8 mm tandis que celle directement entre plaque et corps d'anode sera de 4 mm au lieu de 2. En outre, une métallisation de la surface de contact de l'isolant (côté polarité négative) ainsi qu'un déflecteur de champ électrique apporteront une amélioration supplémentaire. Alors que la tension maximum supportable par une plaque n'excède pas 10 kV (tension max. de formation 8 kV - tension de travail 5 kV), nous pensons qu'elle pourra être portée au moins à 15 kV.

Ces améliorations ne sont que préventives, nous ne savons pas en l'absence d'explication de cause de défaut si elle sera suffisante ou non.

### III Essais avec intensité élevée (16 juin 80)

Par cet essai l'extraction du canal nord était stoppée et tout le faisceau disponible fût extrait en LSS6 en mode "résonnante-rapide" (spill 4 msec max). Les valeurs de Q furent réajustées en conséquence.

Durant 25 mn d'essai au total, le septum (particulièrement celui de tête) a subi:

38	cycles à	$2.3 \cdot 10^{13}$	ppp
33	"	$2.4 \cdot 10^{13}$	ppp
2	"	$2.45 \cdot 10^{13}$	ppp

(23 autres pulses étant répartis entre  $1.8$  et  $2.2 \cdot 10^{13}$  ppp)

Pour les champs habituels d'extraction (voir para. 2.4).

On a relevé le taux de claquages suivant en 25 mn:

61633	61639	61654	61671
1	0	0	1

(N.B. Ne pas tenir compte du chiffre 0 de 61639, le compteur depuis le 11 juin étant douteux).

### Conclusion

Un essai même relativement court est suffisant pour juger de la tenue à l'échauffement des fils. Le septum de ce point de vue est capable d'extraire des faisceaux intenses de  $2.4 \cdot 10^{13}$  ppp en mode résonnante-rapide. Le taux de claquages est resté très faible.

N.B. Durant cet essai le phénomène de décharges au niveau collecteurs d'ions n'est pas apparu (délai < 1h30).

#### IV Conclusion

Près de 19'000 h de fonctionnement depuis 1976 du canal d'extraction Ouest et 13'000 h depuis 1978 en ce qui concerne le canal Nord ont montré que les Septa Electrostatiques fonctionnaient bien, tout au moins en ce qui concerne leurs éléments essentiels (tenue du champ électrique - anodes à fils - circuit HT et générateurs etc..). L'essai du 16 juin montre en particulier que l'on peut extraire des faisceaux intenses ( $2.4 \cdot 10^{13}$  ppp en "mode résonnante-rapide").

Cependant il y a quelques mois, des problèmes sont apparus en des points et sur des éléments considérés à l'époque de la construction des septa, comme secondaires du point de vue tout au moins de leur aptitude à remplir leur fonction en opération. Il est question en particulier du fluide isolant de la traversée HT (problème en bonne voie de solution) et surtout de ces difficultés concernant ces électrodes de collecteurs d'ions. Concernant ce dernier problème il faut bien se rendre compte que la recherche du défaut est très malaisée: le phénomène est fugace voire aléatoire, il n'apparaît qu'avec extraction des protons (présence d'un observateur impossible) - radio-activité, impossibilité de reproduire des mesures similaires en labo etc..

Bien qu'une amélioration ait été apportée en février 80 par la suppression d'éléments très ionisables qui furent les premiers perturbateurs du comportement des collecteurs d'ions (3), l'extraction "lente-rapide" de quelques msec pour le neutrino est limitée actuellement à des intensités comprises entre  $1.5$  et  $2 \cdot 10^{13}$  ppp.

Les septa qui seront dorénavant construits posséderont des isolations de collecteurs améliorées. Ils remplaceront si nécessaires au fur et à mesure des besoins de l'opération les septa en place si ceux-ci s'avéraient trop à la limite de fiabilité opérationnelle.

Rédaction: R. Dubois

Références

- 1) SPS improvement report n<sup>o</sup> 168
- 2) " " " 171
- 3) " " " 178