

TENUE HAUTE TENSION SOUS ULTRA-VIDE D'IMPULSION DE 2 ns POUR UN FUTUR SPL

F. Chautard^{*)}

Résumé:

La nouvelle génération des accélérateurs, en particulier les collisionneurs linéaires, demande des gradients d'accélération bien supérieurs à ce qu'on connaît actuellement.

La présente note décrit les expériences en cours permettant de trouver des limites de gradient électrique en vue du Switched Power Linac SPL, mais les résultats s'appliquent aussi à tout autre concept demandant des gradients élevés.

Le Switched Power Linac :

Cette nouvelle structure accélératrice (fig 1), proposée par W. Willis¹⁾, est constituée d'une série de disques coaxiaux percés en leur centre pour laisser passer le faisceau. Entre chaque disque sera intercalée une photocathode chargée au préalable. Celle-ci devra être déchargée très rapidement, par une impulsion laser, afin de créer une impulsion de l'ordre de quelques picosecondes qui sera amplifiée en se propageant vers le centre par l'effet de transformateur de ligne radiale. Le diamètre des disques sera de 20 cm environ et l'espace entre eux de 1 mm.

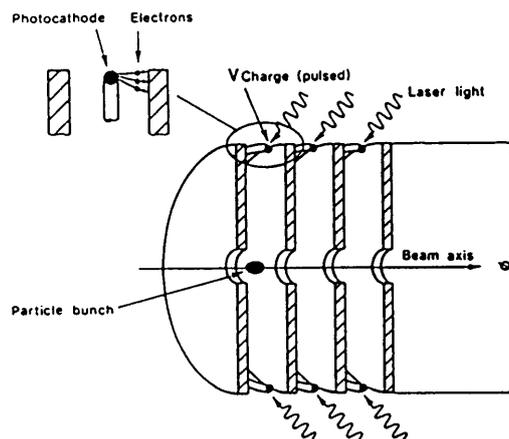


fig.1 : Principe du SPL

En première approximation le gain d'un tel dispositif sera :

$$V_T / V_R = (R/r)^{1/2} \quad \text{ou } V_R \text{ est la tension au point de déclenchement.}$$

V_T est la tension en un point distant de r du centre du disque, pour $r > 0$.

^{*)}Etudiant technique, DEA de physique et technologie des grands instruments, université Paris VI, VII, XI. Etude réalisée en collaboration avec J. Knott CERN/PS-HI.

Ceci n'est valable que pour des temps de montée infiniment petits. En pratique et pour des temps de montée réels, la relation suivante a été calculée et vérifiée expérimentalement²⁾.

$$V_0 / V_R = 2(2R/[g + c.t_r])^{1/2}$$

V_0 = tension au centre

g = distance entre disques

c = vitesse de la lumière

t_r = temps de montée de l'impulsion

D'après ces mesures, un gain de 20 est tout à fait possible. Pour obtenir un gradient de 1 MV au centre, il faudrait charger la cathode à 50 kV (distance 0.5 mm) Le problème est, à présent, de savoir s'il est réalisable de tenir de tels gradients entre la photocathode et les disques pour quelques nanosecondes, ainsi qu'au centre pour 10 ps.

Connaissances actuelles :

Des essais de champs disruptifs sous ultra-vide ont déjà été étudiés, mais généralement en mesurant le retard à la disruption. Pour des temps très courts, de l'ordre de quelques nanosecondes, les expériences étaient faites avec des électrodes pointues^{4,5)}, ce qui ne représente pas une configuration réelle à laquelle nous serions confrontés dans le cas du SPL. De plus le rayon de courbure des électrodes pointues change au fur et à mesure des claquages. La figure reprend un tableau de mesures de F. Rohrbach, qui a servi de point de départ pour nos essais.

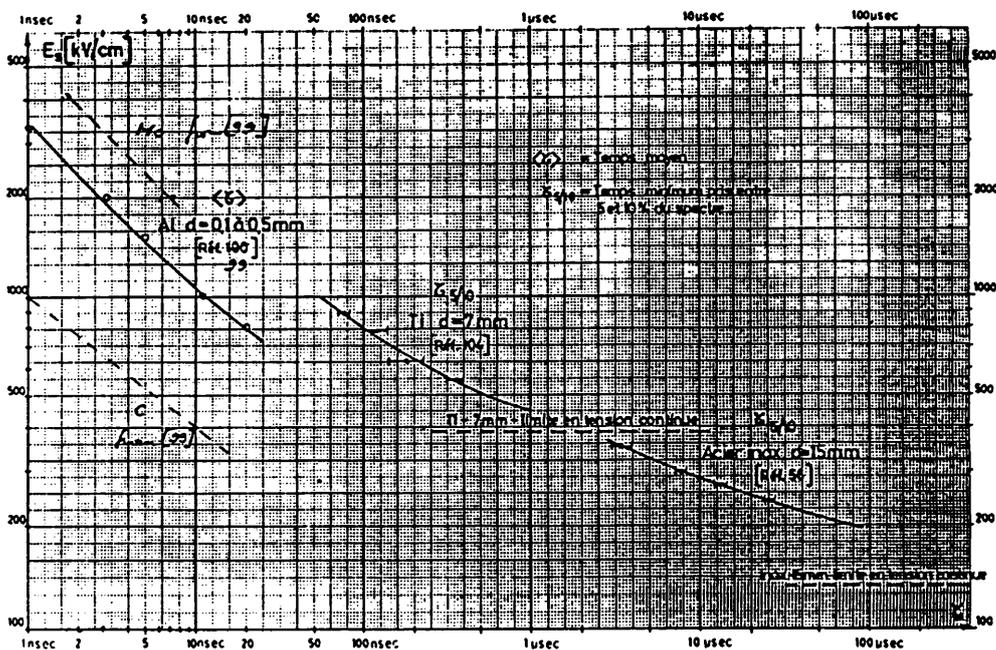


fig .2 : champs disruptifs en régime pulsé.

Le dispositif de mesure :

Le but de nos essais était de faire des expériences avec des électrodes planes, de grandes surfaces ($\sim 1\text{cm}^2$) et avec des impulsions de courte durée.

Cette dernière condition limite considérablement l'énergie disponible dans la décharge et évite la destruction des électrodes. Pour cela, le montage suivant a été choisi :

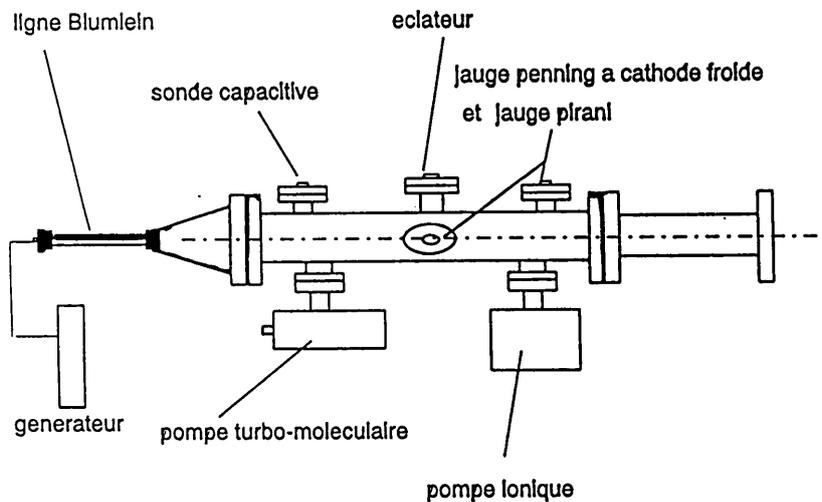


fig. 3 : dispositif expérimental

- Un générateur de charge " lente", crée des impulsions jusqu'à 20 kV pour charger en quelques cinquante nanosecondes :
- le générateur "rapide" du type Blumlein qui donnera une impulsion de 2ns à sa sortie.
- Le tube sous vide est une ligne de transmission coaxiale $50\ \Omega$, sur laquelle sont installés :
 - l'éclateur test.
 - 2 sondes capacitives.
 - le système à vide avec des jauges.

Le pompage est assuré par une pompe turbomoléculaire et une pompe ionique. Le système à vide est étuvable et permet d'obtenir des pressions résiduelles inférieures à 10^{-7} Torr.

L'éclateur se présente sous forme d'un seul bloc préassemblé et ajusté qui s'insère avec des contacts hautes fréquences dans la ligne de $50\ \Omega$, sans que l'écartement des électrodes n'ait à subir de variation, compte tenu du fait que les différences de variations thermiques et mécaniques entre céramique et inox sont négligeables.

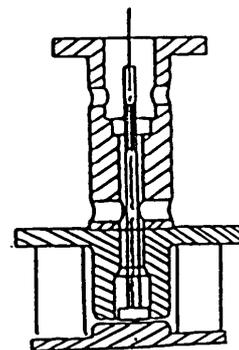


fig. 4 l'éclateur

Les sondes capacitives possédant une grande capacité, elles ont une constante de temps grande par rapport à la durée de l'impulsion ($\tau \gg t_p$). Une série de 4 sondes permettra de suivre l'impulsion (fig. 5) tout au long de son parcours, leur atténuation est de l'ordre de $5 \text{ à } 7 \cdot 10^3$.

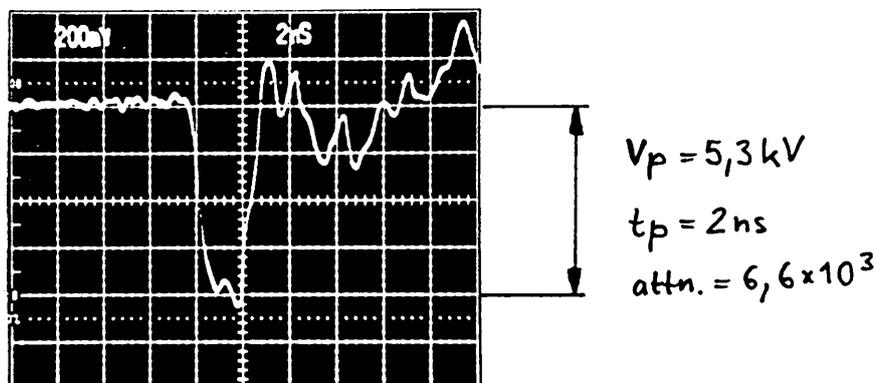


fig. 5 signal sur les sondes capacitives

Analyse et interprétation :

Le faible écartement de l'éclateur présente une forte capacité de couplage par rapport à la capacité effective de l'électrode de mesure, ce qui donne déjà un très fort signal différencié sans claquage par division capacitive, environ 30% de l'amplitude de l'impulsion. Ceci rend très difficile la détection des claquages dans le signal résiduel.

C'est pourquoi, nous avons essayé de procéder avec une méthode différentielle entre une sonde capacitive précédant l'éclateur et ne subissant pas directement le claquage, et le signal direct de l'éclateur. Les deux sondes ayant approximativement la même capacité résiduelle, donc la même constante de temps, leur signaux s'annulent théoriquement. Lors d'un claquage, seul le signal à la sortie de l'éclateur se voit modifié, et par la même le signal sommé (fig6).

Nous commençons à l'heure actuelle à trouver des méthodes complémentaires : réflectométrie, lumière visible, UV et rayons X.

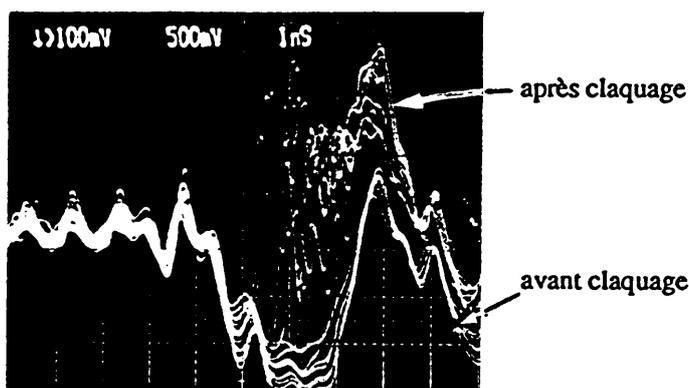


fig. 6 : signal sommé avant et après claquage.

Résultats expérimentaux préliminaires :

Les premiers tests ont été effectués avec des électrodes en inox et un écartement de 0.1 mm. Mais à cette distance, les gradients étaient nettement inférieurs à la limite de claquage. C'est pourquoi, en gardant le même générateur (20 kV), nous avons progressivement réduit la distance jusqu'à 10 μm .

Pendant les premiers essais, nous avons obtenu des claquages avec des gradients supérieurs à 500 MV/m. Des mesures plus systématiques avec des calibrations améliorées devraient permettre une indication plus exacte de cette limite.

Il est également prévu de tester différents matériaux ainsi qu'une configuration coaxiale dont la géométrie se rapproche plus de celle du SPL.

REFERENCES

- 1 - W. Willis, Switched Power Linac, Proc. CAS-ECFA. INFN Workshop FRASCATI Sept 84. The generation of high field of particle acceleration to very high energies.
- 2- S. Aronson, BNL, Upton, N.Y. U.S.A. , Model measurements for the Switched Power Linac, Proceeding of the IEEE Particle Accelerator, Conference, Washington, D.C. March 16-19, 1987.
- J. Knott, Feasibility studies for the SPL, CERN/PS 87-64 (LI) 12 aug 87
- 3- F. Rohrbach, sur les Mécanismes qui conduisent à la Formation de l'étincelle électrique à très haute tension et sous ultra-vide par la mesure des temps de retard à la disruption CERN 71-28 .
- 4- G.A Mesyats, S.P Bougaer, Study of initiation and development of short vacuum gaps pulse breakdown in nanoseconde range, Part I 3^o Symp. int. sur les décharges et l'isolement électrique dans le vide. Paris Sept 68.
- 5- B. Juttner, Zerstorung und Erzeugung von Feldemittern auf ausgedehnten Metalloberflächen, Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Zentralinstitut für Elektronenphysik, 30. 3. 1970.