Van de Graaff pulsé pour spectrométrie de neutrons à temps-de-vol

D. Hébert, J.L. Leroy, A. Arnaud

► To cite this version:

D. Hébert, J.L. Leroy, A. Arnaud. Van de Graaff pulsé pour spectrométrie de neutrons à temps-de-vol. *Revue de Physique Appliquée*, 1969, 4 (2), pp.163-164. 10.1051/rphysap:0196900402016300 . jpa-00243197

HAL Id: jpa-00243197

<https://hal.science/jpa-00243197>

Submitted on 1 Jan 1969

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

VAN DE GRAAFF PULSÉ POUR SPECTROMÉTRIE DE NEUTRONS A TEMPS-DE-VOL

D. HÉBERT, J. L. LEROY et A. ARNAUD,
C.E.N., Cadarache.

Résumé. — Dans une première partie, on donne les caractéristiques de la source HF pulsée qui équipe le Van de Graaff de Cadarache. Dans la deuxième partie, on donne les caractéristiques d'un dispositif de regroupement magnétique associé à l'accélérateur. On obtient ainsi sur la cible des impulsions regroupées à mieux que 2 ns avec une intensité moyenne de faisceau de 4 μ A.

Abstract. — Fast neutron time-of-flight work is in progress at Cadarache using a pulsed 5 MV Van de Graaff. The features of the pulsed radiofrequency ion source and of the bunching magnet are described. Proton or deuteron bursts of less than 2 ns are obtained at the target, with an average current of 4 μ A.

I. Source pulsée. — **I.1. LA SOURCE.** — C'est une source HF classique fonctionnant à 80 MHz qui demande 120 W de puissance d'alimentation et consomme 10 cm³/h TPN. Avec un champ magnétique axial d'environ 150 gauss, on obtient plus de 1 mA d'ions à travers un canal d'extraction de 13 mm de long, de 2,5 mm de diamètre et qui possède un élargissement de 1,3 mm en son centre.

La focalisation du faisceau extrait est réalisée par deux lentilles électrostatiques dont la distribution de potentiel a été calculée par ordinateur IBM (Code SMNF-577 de Cadarache). La première lentille accélère le faisceau à environ 20 kV. La deuxième lentille unipotentielle focalise le faisceau à 44 cm du canal d'extraction. Le faisceau obtenu à cette distance fait environ 3 mm de diamètre et passe dans un diaphragme de 6 mm au-delà duquel débute le tube accélérateur.

I.2. LA PULSATION. — Entre la deuxième lentille et le diaphragme de sortie, le faisceau passe entre deux paires de plaques de déflexion. Le premier jeu de plaques est alimenté en symétrique par deux tensions à 1,75 MHz en opposition de phase pour créer un champ transversal HF maximal d'environ 2 000 V/cm crête. Le deuxième jeu de plaques est alimenté en dissymétrique par une tension continue réglable à polarité inversable. Son utilité est de corriger les défauts de symétrie soit de l'optique ionique, soit de la tension HF de balayage. On peut donc obtenir des impulsions de durée variable à 3,5 MHz.

I.3. PERFORMANCES. — Courant continu en sortie de source : 1 mA au banc d'essai. Durées d'impulsions : 8 à 30 ns.

I.4. RÉALISATION. — Les isolants sont tous en alumine frittée. Malgré le prix de revient élevé de ce matériau, il s'est imposé à nous en raison de ses qualités électriques et mécaniques.

Nous avons ainsi un anneau isolant formant partie de l'enceinte à vide pour isoler la première lentille, six colonnettes intérieures pour isoler la deuxième lentille, quatre passages étanches pour les traversées de tension. Toutes les pièces sont en AG 3. Chaque canal d'extraction est couplé à un tube de quartz avec une précision de quelques centièmes de mm (indispensable pour obtenir un fonctionnement correct). La durée de vie de chaque canal varie de 100 à 400 h suivant les intensités extraites. A cause du débit permanent de gaz de la source, il se produit, entre le canal d'extraction et l'entrée dans le tube accélérateur, des phénomènes d'ionisation et de recombinaison des ions. En pratique, cela se traduit par un courant continu, existant de façon permanente même entre les impulsions, et qui est de l'ordre de 2 à 3 ‰ du courant moyen accéléré. A cause du rapport cyclique élevé de la pulsation, cela se traduit sur la cible par un bruit de fond important et gênant pour la précision des mesures. Un projet est à l'étude pour réduire l'effet de ce phénomène. L'ensemble a été mis en service au printemps 1965.

II. Regroupement magnétique. — Ayant à réaliser un système de regroupement pour les impulsions issues de l'accélérateur, nous avons le choix entre un système à effet klystron ou un système Mobley. Notre choix s'est porté sur un Mobley, car nous voulions avoir un système pratique qui puisse éventuellement fonctionner à l'énergie maximale de notre accélérateur.

II.1. L'AIMANT. — Au premier ordre, on a $t = 8\beta \frac{R}{v}$, où t est la durée des impulsions à regrouper, R le rayon de courbure des trajectoires, v la vitesse des particules et β l'écart angulaire à la trajectoire d'équilibre. Il est plus intéressant d'avoir un rayon R grand qu'un angle β grand, à cause des tensions HF de balayage à mettre en jeu et parce que plus β est petit, moins on s'éloigne du cadre de l'approximation des calculs.

II.2. LE DÉFLECTEUR. — Afin d'obtenir le regroupement, il faut que la bouffée d'ions traverse, avant l'aimant, un système déflecteur qui envoie chaque particule dans la bonne direction à l'instant nécessaire. Il faut, pour cela, que, pendant la traversée du déflecteur par la bouffée, la dérivée $\frac{\partial V}{\partial t}$ du potentiel appliqué ait une certaine valeur dépendant des caractéristiques géométriques du système. On montre qu'il faut :

$$V_0 = \frac{d\omega}{c} \frac{\beta}{2 \sin \frac{\varphi_1}{2} \sin \frac{\delta}{2}} \sqrt{2UU_0}$$

V_0 = tension crête HF entre plaques; $\delta = \omega t$, ω = pulsation de la tension HF; $\varphi_1 = \frac{\omega l}{v}$, l = longueur des plaques de déflexion; d = écartement des plaques de déflexion; c = vitesse de la lumière; $m_0 c^2 = eU_0$, $\frac{1}{2} m v^2 = eU$.

II.3. FACTEUR DE REGROUPEMENT. — Il dépend, pour les très petits angles de déflexion, des dimensions du faisceau et de sa divergence angulaire, pour les angles plus grands, des dimensions géométriques du système. Pour les grands angles, on a :

$$R_g = \frac{1}{\frac{\alpha_2}{\alpha_1} x - \left(\frac{\alpha_3}{\alpha_1} - \frac{1}{3} - \frac{\Omega^2}{6} \right) x^2}$$

où α_1 , α_2 , α_3 sont des coefficients dépendant de la géométrie du système et $\Omega = \omega \frac{\alpha_1}{v}$, $x = \frac{tv}{\alpha_1}$. Il faut α_2/α_1 petit et α_3/α_1 petit. La remarque initiale signifie

que R_g tend vers 1 aussi bien pour des impulsions incidentes infiniment courtes que pour des impulsions trop longues.

II.4. CHOIX D'UN SYSTÈME. — A cause de R_g , il faut choisir R élevé pour les petits angles de déflexion. A cause des coefficients α_1 , α_2 , α_3 , il faut choisir un angle de déviation du faisceau par l'aimant compris entre 60 et 90°. Nous avons fixé $R = 80$ cm et 60° de déviation. Il faut Ω petit et V_0 le plus faible possible. La fréquence de répétition des impulsions étant 3,5 MHz, on a pris $\omega = 7 \text{ MHz} \times 2\pi$. La longueur des plaques est 70 cm. Il faut, à 5 MeV pour des protons, $V_0 = 130$ kV crête HF.

II.5. RÉALISATION. — L'angle de déviation et le rayon de courbure des trajectoires étant imposés, le reste du système est entièrement déterminé, dans la mesure où l'on suppose que le plan bissecteur du secteur magnétique est aussi plan de symétrie.

Aimant : angle du secteur magnétique = 27,8°; déflexion du faisceau = 60°; angle d'incidence = angle d'émergence = 16,1°; distance objet/entrée aimant = distance aimant cible = 277 cm; entrefer = 5 cm; induction maximale = 5 600 gauss; bobinage en deux galettes en série = 300 A-35 V.

Déflecteur HF : longueur des plaques 70 cm; écartement 1 cm à l'entrée, 10 cm à la sortie; 130 kV crête HF entre plaques; déflexion du faisceau $\pm 4^\circ$ par rapport à la trajectoire d'équilibre.

Caractéristiques particulières. — Le circuit résonnant de puissance est entièrement placé sous vide. Les plaques sont supportées par de fines tiges d'alumine frittée pure parfaitement polie. Dans l'entrefer se trouve logée une chambre à vide mécaniquement indépendante des pôles de l'aimant.

II.6. PERFORMANCES. — Le déflecteur HF est monté à 100 kV crête entre plaques. Les résultats obtenus à 2 MeV sont : impulsion d'entrée, 15 à 20 ns; impulsion regroupée, 2,5 ns tout compris; impulsion physique, 1,5 à 2 ns; décalage en énergie, 9 keV à 1,89, soit 4 à 5 ‰; dispersion en énergie, 2 keV à 1,89, soit 1 ‰; courant moyen regroupé 4 à 5 μ A.

Le système a été mis en service à l'automne 1966.