Amélioration de la stabilité d'un générateur électrostatique haute tension

G. Balossier, E. Mérienne, D. Genotel

► To cite this version:

G. Balossier, E. Mérienne, D. Genotel. Amélioration de la stabilité d'un générateur électrostatique haute tension. *Revue de Physique Appliquée*, 1978, 13 (6), pp.313-316. 10.1051/rphysap:01978001306031300 . jpa-00244456

HAL Id: jpa-00244456

<https://hal.science/jpa-00244456>

Submitted on 1 Jan 1978

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.

Classification
Physics Abstracts
06.60 — 06.91

AMÉLIORATION DE LA STABILITÉ D'UN GÉNÉRATEUR ÉLECTROSTATIQUE HAUTE TENSION

G. BALOSSIER, E. MÉRIENNE et D. GENOTEL

Laboratoire de Microscopie Electronique, Faculté des Sciences,
B. P. 347 51062 Reims Cedex France

(Reçu le 15 décembre 1977, révisé le 6 mars 1978, accepté le 13 mars 1978)

Résumé. — Nous décrivons un dispositif peu onéreux qui permet d'améliorer la stabilité d'un générateur électrostatique haute tension. L'instabilité relative en tension $\Delta V/V$ se trouve ainsi ramenée de 2×10^{-5} à 2×10^{-6} pour des fréquences allant de 0 à plus de 1 000 Hz.

Abstract. — We describe an inexpensive electronic device which allows to reduce the instability of a 400 kV electrostatic voltage generator. The relative instability $\Delta V/V$ is reduced from 2×10^{-5} to 2×10^{-6} in a range of frequencies from 0 to more than 1 000 Hz.

1. Introduction. — Dans un microscope électronique à transmission, le générateur haute tension doit être stable pour faire des observations en haute résolution [1, 2, 3, 4, 5] : par exemple, pour une tension d'accélération des électrons $V = 200$ kV et avec un coefficient d'aberration chromatique de la lentille objectif $C_c = 1,5$ mm, l'instabilité relative $\Delta V/V$ de la haute tension doit être meilleure que 2×10^{-6} si on désire mettre en évidence avec un contraste de 10 % un pouvoir séparateur de l'ordre de 2 Å.

Le microscope électronique supraconducteur 400 kV que nous avons construit [6] est alimenté par un générateur électrostatique SAMES du type SAMTRON KS 400. L'instabilité de ce générateur est environ $\Delta V/V = 2 \times 10^{-5}$. Nous avons donc entrepris de réduire cette instabilité afin qu'elle ne limite pas le pouvoir de résolution de notre microscope.

Nous avons déjà réalisé un premier dispositif de contre-réaction à lecture capacitive [7]. Le facteur de correction de ce dispositif étant trop faible aux basses fréquences, nous lui avons adjoint en série un système de contre-réaction à lecture résistive. Nous décrivons ci-après ce second dispositif et nous présentons les améliorations obtenues.

2. Principe de la stabilisation. — Nous présentons le montage réalisé sur la figure 1. Il consiste en une association en série de deux contre-réactions, l'une à lecture capacitive placée entre la masse et une masse flottante M_1 , l'autre à lecture résistive placée entre M_1 et la masse flottante M du générateur HT.

Pour éviter tout risque d'interaction entre les deux contre-réactions nous avons séparé les bandes passantes des deux systèmes. Un filtre RC placé au niveau de l'étage amplificateur de la contre-réaction résistive

FIG. 1. — Solution adoptée comportant deux dispositifs de contre-réaction l'un à lecture résistive, l'autre à lecture capacitive, les deux étant montés en série.

[Selected solution with two series-feedback circuits; the one with a resistif coupling; the other with a capacitive coupling. Both are connected in series.]

limite son domaine d'action aux fréquences inférieures à quelques Hertz (Fig. 2). Dans cette gamme de fréquences l'action de la contre-réaction capacitive est considérablement réduite à cause du couplage capacitif (Fig. 3, courbe II).

De plus, la contre-réaction résistive ayant une masse flottante M_1 , nous avons choisi une pile pour constituer la source de référence de haute stabilité V_0 . Nous supprimons ainsi tout risque de *ronfle* à la fréquence du secteur. Nous évitons également d'introduire une impédance parasite par rapport à la masse qui perturberait le fonctionnement de la contre-réaction capacitive.

L'étude du système de contre-réaction capacitive ayant déjà été présentée [7], nous ne détaillerons ci-après que la contre-réaction résistive.

3. Réalisation pratique de la contre-réaction résistive. — 3.1 TENSION DE RÉFÉRENCE. — Nous utilisons

saturation de ces amplificateurs nous utilisons un montage à diodes. Un troisième amplificateur opérationnel SN 72 308 A assure la mise en opposition de phase du signal et élève le gain total à 400 000. Le bruit et la dérive ramenés à l'entrée de l'étage amplificateur sont respectivement de 10 μ V et de 0,9 μ V par degré C.

4. Résultats expérimentaux. — Pour tester la boucle d'asservissement de la figure 1 nous avons introduit un signal d'erreur ΔV entre le câble haute tension et la masse flottante M du générateur. Ce signal est fourni par un générateur basse fréquence associé à un photocoupleur. Sa valeur crête à crête est de 10 volts. Le signal de sortie ΔV_s est mesuré sur un diviseur capacitif dont les caractéristiques ont été préalablement étalonnées en fonction de la fréquence. Les résultats obtenus sont présentés sur un diagramme (Fig. 3) qui donne la variation de l'atténuation $-20 \log \frac{\Delta V_s}{\Delta V}$ en fonction de la fréquence du signal. Nous pouvons voir que dans une bande de fréquence allant de zéro à quelques Hertz l'atténuation est constante et vaut -35 dB. Dans cette première bande de fréquence c'est la contre-réaction résistive qui fixe cette atténuation. Pour les fréquences supérieures, l'atténuation décroît lentement pour atteindre -3 dB à quelques kHz. Elle reste toutefois meilleure que -20 dB entre 1 et 100 Hz. Dans cette seconde bande de fréquence c'est la contre-réaction capacitive qui contribue à l'atténuation.

Nous avons ensuite mesuré l'amélioration pratique introduite par cette boucle d'asservissement lorsque le

FIG. 3. — Diagramme d'atténuation de la boucle d'asservissement représentant les variations de l'atténuation $-20 \log (\Delta V_s/\Delta V)$ en fonction de la fréquence dans deux cas différents. I. — La boucle d'asservissement comporte les deux dispositifs de contre-réaction. II. — La boucle d'asservissement ne comporte que la contre-réaction à lecture capacitive. Pour les fréquences supérieures à 5 Hz les deux courbes sont confondues.

[Diagram showing the attenuation ($-20 \log (\Delta V_s/\Delta V)$ versus the frequency) given by the additional series-feedback circuit in two different cases. I. — The feedback circuit is made with both the resistif and capacitive coupling series-feedback circuits, both being connected in series. For frequencies above 5 Hz, both curves are identical. II. — The feedback circuit is made with the capacitive coupling series-feedback circuit only.]

générateur haute tension est en fonctionnement à 200 kV. Dans ce cas, le signal d'erreur ΔV est celui produit par le générateur. Il est constitué par une ondulation lente périodique à 0,2 Hz environ d'amplitude 3 volts crête à crête, à laquelle se superpose un bruit BF 50 Hz d'amplitude 5 volts crête à crête ; il n'y a pratiquement pas de bruit haute fréquence car le générateur HT est du type électrostatique.

Nous précisons que dans ce test, nous avons mesuré le bruit BF 50 Hz à partir du diviseur capacitif précédemment utilisé, tandis que l'ondulation lente périodique a été captée entre un point de mesure situé au niveau du premier étage de l'amplificateur de la contre-réaction résistive et la masse flottante M_1 . Cette modification a été faite dans le but d'analyser avec une plus grande sensibilité les variations lentes de la tension délivrée par le générateur HT. Un interrupteur à deux positions (1 et 2 sur la figure 1) permet respectivement de supprimer ou d'introduire la contre-réaction résistive, tout en captant l'instabilité résiduelle sur le câble haute tension dans les deux cas.

Les résultats obtenus dans ces conditions sont représentés sur la figure 4. La boucle d'asservissement présentée sur la figure 1, réduit le signal de sortie ΔV_s à 150 mV pour l'ondulation 0,2 Hz et à 350 mV pour le bruit 50 Hz, les atténuations $-20 \log \frac{\Delta V_s}{\Delta V}$ valant respectivement -26 dB et -23 dB. La disparité des résultats entre les deux tests provient de l'influence de l'impédance de sortie du générateur HT. Ces résultats ne sont obtenus qu'au bout d'une heure environ de mise en équilibre du générateur HT ; ce n'est que dans

FIG. 4. — Signaux captés sur le câble HT illustrant l'amélioration introduite par la boucle d'asservissement schématisée figure 1, lorsque le générateur est en fonctionnement à 200 kV. A1. — Signal basse fréquence (50 Hz) sans la boucle. A2. — Signal basse fréquence (50 Hz) avec la boucle. B1. — Signal très basse fréquence (0,2 Hz) sans la boucle. B2. — Signal très basse fréquence (0,2 Hz) avec la boucle.

[Ripple noises measured on the HV cable showing the improvement given by the additional feedback circuit (Fig. 1) when the HV generator is working at 200 kV. A1. — Low frequency ripple (50 Hz) without the feedback circuit. A2. — Low frequency ripple (50 Hz) with the feedback circuit. B1. — Very low frequency ripple (0,2 Hz) without the feedback circuit. B2. — Very low frequency ripple (0,2 Hz) with the feedback circuit.]

ces conditions que la boucle d'asservissement peut être mise en service, compte tenu de sa faible dynamique.

L'instabilité relative de l'ensemble est donc finalement ramenée de 2×10^{-5} à 2×10^{-6} et ceci pour toutes les fréquences allant de 0 à plus de 1 000 Hz.

5. Conclusion. — Nous avons montré qu'il était possible d'améliorer considérablement la stabilité relative en tension de notre générateur haute tension.

L'adaptation proposée se révèle être peu onéreuse dans la mesure où l'on dispose de la résistance R_1 du diviseur résistif ; ceci est généralement le cas lorsque ce problème concerne la microscopie électronique. Nous noterons enfin que nous avons fait nos tests à une tension moyenne de 200 kV, car le tube accélérateur de notre microscope électronique présente des instabilités pour des tensions supérieures. Le dispositif présenté peut toutefois être utilisé pour des tensions allant jusqu'à 400 kV.

Bibliographie

- [1] BEORCHIA, A., BONHOMME, P., *Optik* **39** (1974) 437.
 - [2] REINHOLD, G. *et al.*, *Z. Instr.* **67** (1959) H. 10.
 - [3] ADLER, H. *et al.*, *Proc. Evr. Reg. Conf. E. M.* — Delft (1960).
 - [4] DUPOUY, G. *et al.*, *C. R. Acad. Sci. Paris Ser. B* **262** (1966) 341.
 - [5] DUPOUY, G. *et al.*, *C. R. Acad. Sci. Paris Ser. B* **269** (1969) 959.
 - [6] GENOTEL, D., BALOSSIER, G., SEVERIN, C., GIRARD, M., HOMO, J. C., LABERRIGUE, A., *C. R. Acad. Sc. Paris* **272** Série B. (1971) 1461, 1464.
 - [7] GIRARD, M., *Electronics letters* Vol. 8 N° 9 (1972).
-