RÉALISATION D'UN COMPTEUR GEIGER-MÜLLER A FENÊTRE REMPLAÇABLE

Par J. ROUS, M. SKOWRONEK et F. CABANNES,

Laboratoire des Échanges Thermiques, C.N.R.S., 92-Bellevue.

(Reçu le 16 juillet 1968, révisé le 9 septembre.)

Résumé. — Nous avons recherché la présence de rayons X mous émis dans l'explosion d'un canal gazeux préionisé, dans l'air à la pression atmosphérique. Pour nous affranchir des effets destructifs des ondes de choc accompagnant la décharge, nous avons transformé un compteur Geiger-Müller en compteur à fenêtre remplaçable ; sa limite inférieure de détection a été ainsi abaissée à 5,5 keV.

Abstract. — Soft X rays have been looked for in a preionized gaseous channel explosion in atmospheric air. To offset the destructive effects of discharge shock waves, a Geiger-Müller counter was converted in to a counter with replaceable window ; the detection lower limit of the counter has thus been brought down to 5.5 keV.

1. Introduction. — L'étude de l'émission X d'un plasma est un complément important aux renseignements fournis par les rayonnements visibles et ultraviolet qu'il peut émettre. Lorsqu'on peut produire en laboratoire un plasma de haute énergie, il faut chercher s'il émet dans le domaine des rayons X, c'est-à-dire les longueurs d'onde $\lambda < 50 \text{ \AA}$, pour avoir une idée de sa température électronique. Ce paramètre permet en effet, si on suppose maxwellienne la distribution de vitesses des électrons, de décrire la plupart des propriétés rayonnantes du plasma.

L'objet de cet article est de présenter les modifications apportées à un compteur Geiger-Müller pour pouvoir l'utiliser devant une onde de choc intense et pour qu'il soit sensible aux faibles énergies.

2. Description de l'expérience. — La machine à plasma comprend essentiellement :

a) Une batterie de condensateurs de capacité $C = 4,8 \mu\text{F}$ pouvant être chargée sous une tension V variant entre 50 et 90 kV.

b) Un système de deux pointes de tungstène — diamètre terminal $\simeq 0,5 \mu$ — entre lesquelles on établit un canal préionisé par effet couronne. Le courant est de l'ordre de 10^{-4} A et la tension d'environ 16 kV, dans l'air à la pression atmosphérique ; ce canal a une longueur de 3 cm et un diamètre initial d'environ 10^{-2} mm .

Une fois le canal préionisé, la décharge de la batterie de condensateurs provoque l'expansion cylindrique d'un plasma. Le courant de décharge, mesuré à l'aide d'un shunt coaxial sans self, présente, sauf la première

arche, la forme d'une sinusoïde amortie de pseudo-période $T_0 \simeq 10 \mu\text{s}$; l'intensité maximale de courant est environ $1,4 \times 10^5 \text{ A}$ au bout de $4 \mu\text{s}$ [1].

FIG. 1. — Schéma synoptique de l'installation.

L'air fortement chauffé par le courant dans le canal se détend, la frontière extérieure (piston) prend une vitesse radiale supersonique par rapport à la vitesse du son dans l'air froid ; la compression de l'air situé à l'extérieur crée alors une onde de choc qui se détache du piston et que l'on distingue, lorsque la vitesse d'expansion de celui-ci diminue. L'onde de choc se compose d'une onde de choc principale, qui se propage à Mach 12 dans l'air pendant un temps $t < T_0$ puis s'amortit, et de plusieurs ondes de choc secondaires.

FIG. 2. — Photo du G.M. à fenêtre remplaçable.

C'est cette onde de choc qui détruit les fenêtres des détecteurs utilisés.

Cette décharge de haute énergie produit un signal parasite électromagnétique, ce qui oblige à enfermer la machine à plasma dans une cage de Faraday, à placer les oscillographes enregistreurs à 10 m de la cage, et à utiliser des câbles adaptés et à double blindage pour véhiculer les signaux.

Les mesures de luminance effectuées à plusieurs longueurs d'onde indiquent que le plasma rayonne dans l'ultraviolet et le visible comme un corps noir à 45 000 °K lors de la première microseconde.

L'étude de la première arche de l'oscillogramme de courant permet de calculer la résistance de la décharge qui est de l'ordre de 1Ω à l'instant $1 \mu s$. Connaissant la valeur du courant, on en déduit la puissance instantanée dissipée par effet Joule dans le canal ionisé. La puissance perdue par conduction est une fonction croissante de la température $P \propto T^{7/2}$. En égalant ces deux valeurs de puissances, on déduit, sur l'axe de la décharge, une température de l'ordre de 2×10^5 °K [1].

3. Compteur à fenêtre remplaçable. — Pour mettre en évidence un rayonnement X mou, nous avons utilisé respectivement des plaques et films photographiques, un dosimètre et un compteur à scintillations. Tous ces détecteurs doivent avoir des fenêtres opaques au rayonnement visible et ultraviolet et une transmission suffisante pour le rayonnement X choisi; de plus, l'onde de choc limite, malgré l'essai d'un « brise-ondes de choc », l'approche des détecteurs à 40 cm du canal.

Nous avons alors utilisé un compteur Geiger-Müller 13 AP 7 de L.C.T., dont la fenêtre a été enlevée, pour le transformer en G.M. à fenêtre remplaçable. Nous l'avons équipé d'une nouvelle fenêtre opaque, ce qui n'était pas le cas de celle du compteur 13 AP 7 habituel, en superposant une première fenêtre en mylar assurant l'étanchéité et une seconde fenêtre extérieure en mylar aluminisé; le mélange gazeux est reconstitué après chaque explosion.

Une manipulation avec ce compteur modifié doit comprendre en fait trois opérations successives :

a) Faire le vide dans le compteur, à environ 1,33 Pa (10^{-2} mm Hg) pendant 5 minutes au minimum, puis

le remplir de gaz choisi en continuant à vider, ce qui nous ramène à un compteur à circulation; puis, juste avant d'établir le canal préionisé et alors que la pression du gaz et la haute tension d'anode du compteur sont fixes, le fonctionnement du compteur est vérifié avec une source radioactive.

b) Première explosion avec une plaque de verre, qui arrête le rayonnement X possible et protège le mylar aluminisé, pour vérifier l'opacité de la fenêtre du compteur.

c) Seconde explosion sans la plaque de verre, qui est l'expérience de détection proprement dite : la même fenêtre de mylar aluminisé sert donc deux fois. Si une émission de rayons X avait lieu, elle se produirait entre les temps 0 et 100 μs , donc bien avant que l'onde de choc ne détruise la double fenêtre de mylar.

FIG. 3. — Coupe du compteur modifié : A, Connexions ; B, G.M. ; C, Bague de centrage ; D, Plexiglas d'isolement ; E et J, Étriers isolants d'anode ; F, Anode H.T. ; G et I, Bagues de serrage ; H, Mylar ; K, Mylar aluminisé ; L, Prise de vide et de remplissage ; M, Joints toriques.

4. Résultats. — Ce compteur Geiger-Müller modifié a fonctionné avec :

a) Un mélange appelé « Gemugaz » : hélium avec 1 % d'isobutane, sous une pression de $5,34 \times 10^3$ Pa (40 cm Hg) au-dessus de la pression atmosphérique et

avec une haute tension d'anode de 2 kV : la limite inférieure de détection a été vérifiée à 17 keV avec une source de plutonium 239.

b) Un mélange « P 10 » — 90 % d'argon, 10 % de méthane [2], sous une pression de $3,34 \times 10^3$ Pa (25 cm Hg) au-dessus de la pression atmosphérique et avec une haute tension d'anode de 2,1 kV : limite inférieure de détection vérifiée à 5,5 keV avec une source de fer 55 (fig. 4). La meilleure transparence de la nouvelle fenêtre aux basses énergies a rendu possible l'utilisation du mélange P 10.

FIG. 4. — Étalonnage du compteur à 5,5 keV.

L'isolement haute tension, imposé par l'appareillage de décharge, limite l'approche de la fenêtre du compteur à 15 cm du canal. Le tableau I donne les transmissions I/I_0 pour la longueur d'onde 2,5 Å.

Pour la transmission du mylar, nous avons pris la valeur donnée par M. G. Senemaud [3].

TABEAU I

TRANSMISSION DE L'ENSEMBLE DU G.M. MODIFIÉ
AVEC UNE COUCHE D'AIR DE 15 cm

$\lambda = 2,5 \text{ Å}$	ÉPAISSEUR	TRANSMISSION I/I_0
Air.....	15 cm	0,53
Aluminium	0,6 μ	0,97
1 ^{er} mylar .	6 μ	0,97
2 ^e mylar .	6 μ	0,97

Transmission totale $I/I_0 = 0,48$

Les calculs pour l'air et la mesure de l'épaisseur d'aluminium, déposé à chaud sur le premier mylar, sont explicités dans [4].

5. **Conclusions.** — Dans les conditions actuelles de la décharge, il n'y a pas production de rayons X d'énergie supérieure à 5,5 keV; on peut donc penser que l'équilibre thermodynamique est instantanément atteint.

Nous avons abaissé la limite inférieure de détection X du Geiger-Müller 13 AP 7, ainsi modifié, de 50 à 5,5 keV. En même temps, nous avons réalisé un compteur à fenêtre remplaçable, et dont l'atmosphère peut être reconstituée, qui est utilisable dans les études de rayonnement X avec onde de choc.

Nous pensons utiliser encore ce compteur modifié en faisant varier successivement l'un des quatre paramètres : nature des fenêtres, gaz, pression, haute tension d'anode, pour essayer d'étudier d'autres rayonnements.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CABANNES (F.) et SKOWRONEK (M.), The resistance of an electrical discharge of high energy, 8^e Conf. Intern. sur les Ph. dans les Gaz ionisés, Vienne, 1967, 3.2.9.3, p. 243.
- [2] STRATTON (T. F.), X-Ray Spectroscopy, in Plasma Diagnostic Techniques, Edited by Huddleston and Leonard, Academic Press, N.Y.-Londres, 1965, p. 384.
- [3] SENEMAUD (G.), Thèse 3^e cycle Chimie Physique, Paris, avril 1967, p. 45 *ter*.
- [4] ROUS (J.), Thèse 3^e cycle Chimie Physique, Paris, mars 1969, p. 19.