

Etude des propriétés d'un détecteur à galettes de microcanaux équipé d'une photocathode à iodure de césium

P. Moutard, P. Laporte, H. Damany

▶ **To cite this version:**

P. Moutard, P. Laporte, H. Damany. Etude des propriétés d'un détecteur à galettes de microcanaux équipé d'une photocathode à iodure de césium. Revue de Physique Appliquée, 1984, 19 (5), pp.409-413. 10.1051/rphysap:01984001905040900 . jpa-00245210

HAL Id: jpa-00245210
https://hal.science/jpa-00245210

Submitted on 4 Feb 2008

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.

Revue Phys. Appl. **19** (1984) 409-413 MAI 1984, PAGE 409

Classification
Physics Abstracts
07.62

Etude des propriétés d'un détecteur à galettes de microcanaux équipé d'une photocathode à iodure de césium

P. Moutard, P. Laporte et H. Damany

Equipe de Spectroscopie C.N.R.S. (LA 171) (*), 158 bis, Cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne Cedex, France

(*Reçu le 24 mai 1983, révisé le 17 novembre, accepté le 30 janvier 1984*)

Résumé. — Nous avons étudié les performances d'un récepteur rapide destiné à l'ultraviolet à vide ($\lambda < 180$ nm) et totalement insensible au visible, constitué par deux galettes de microcanaux en cascade associées à une photocathode à persiennes de nickel recouvertes d'un dépôt de CsI. Nous indiquons comment nous avons réalisé ce dépôt dont l'épaisseur optimale est voisine de 60 nm. Nous avons étudié en éclairement UV continu, le gain de sensibilité que procure cette photocathode, et, en éclairement UV en impulsions, les caractéristiques temporelles de cet ensemble en fonction des tensions appliquées. L'introduction de la photocathode ne modifie pas le temps de montée du détecteur de plus de 0,1 ns. Un tel détecteur s'avère particulièrement bien adapté à des expériences d'excitation multiphotonique laser.

Abstract. — We have studied the performance of a fast photodetector for use in the vacuum ultraviolet ($\lambda < 180$ nm). Totally solar blind, it is composed of a venetian blind photocathode, overcoated with CsI, associated with two microchannel plates in a tandem arrangement. We give details about the making of this coating whose optimized thickness is about 60 nm. We have studied the increase of sensitivity obtained by addition of this photocathode in continuous UV illumination, and, in pulsed UV illumination, the temporal characteristics of this system as a function of applied voltages. We conclude that the addition of such a photocathode affects the rising time of the detector by less than 0.1 ns. Such a detector is well adapted for experiments implying multiphoton laser excitation.

1. Introduction.

L'étude spectroscopique de phénomènes rapides exige l'emploi de récepteurs performants. Rapidité de réponse et sensibilité sont les principales propriétés requises. Les galettes de microcanaux (GMC), disponibles commercialement depuis quelques années, possèdent entre autres ([1]) ces deux propriétés et elles seront de ce fait de plus en plus employées [1].

Le seuil de sensibilité spectrale des GMC se situe dans l'UV à vide, aux environs de 120 nm. Si on veut les utiliser à des longueurs d'ondes plus grandes, il faudra leur adjoindre une photocathode, dont le matériau conditionnera le domaine spectral d'utilisation. En particulier, un détecteur constitué par une photocathode à iodure de césium CsI (seuil $\sim$ 195 nm) associée à une ou deux GMC aura une bonne sensibilité pour $\lambda < 180$ nm et sera, par contre, totalement insensible au visible. Il sera donc bien adapté, par exemple, à l'étude de phénomènes d'excitation multiphotonique par laser où la moindre diffusion du faisceau d'excitation peut même saturer les photomultiplicateurs « solar-blind » si leur structure multiplicatrice n'est pas totalement insensible au visible.

Il existe commercialement depuis peu des récepteurs CsI + GMC. Outre leur prix, ils ont l'inconvénient, par suite de la présence d'une fenêtre, d'introduire une limitation vers les courtes longueurs d'onde.

Par ailleurs, il existe une solution simple qui consiste à évaporer directement le CsI sur la face frontale de la GMC, ce que permet l'obliquité des canaux. Cette solution a déjà été testée avec succès dans différents laboratoires [2]. Ce traitement a toutefois un caractère assez irréversible et limite sérieusement la possibilité de montage et démontage souvent requise dans des expériences, voire même la possibilité de renouveler le dépôt en cas de baisse de rendement au cours du temps.

La solution que nous avons retenue et dont nous exposons les performances dans le présent article

(*) Laboratoire de Spectrométrie Ionique et Moléculaire, Universités de Lyon et de Saint-Etienne.

([1]) Elles offrent aussi la possibilité d'analyse spatiale d'une image d'où un vaste domaine d'applications que nous ne considérerons pas ici.

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/rphysap:01984001905040900

consiste à utiliser une photocathode à persiennes recouverte de CsI que l'on adjoint aux GMC dont l'intégrité est ainsi préservée. Ce type de photocathode présente certains avantages, notamment du point de vue de l'étendue de faisceau admissible et du point de vue temporel.

2. Réalisation des couches de CsI et dispositif expérimental.

Dans un premier temps, nous avons testé de manière systématique les propriétés de photoémission de la couche de CsI en fonction de leur épaisseur et des précautions prises dans leur manipulation à l'air libre, puisqu'il s'agit d'un matériau très hygroscopique. Le CsI étant un isolant, il importe en effet de déterminer l'épaisseur optimale assurant à la fois un bon rendement photoélectrique et une compensation rapide des électrons émis sous l'effet du rayonnement UV.

Les couches sont déposées par évaporation sous un vide de l'ordre de 5×10^{-6} torr sur des électrodes circulaires en nickel. La poudre de CsI (Merck « Suprapur ») est chauffée dans un creuset de tantale de dimension 20 × 10 mm. L'épaisseur et le taux d'évaporation sont contrôlés par un mesureur d'épaisseur programmable MATHIS à quartz; le taux d'évaporation est de l'ordre de 3 nm/s.

L'enceinte d'évaporation est ensuite ramenée à la pression ambiante par remplissage d'argon et l'électrode recouverte de CsI est, après une brève exposition à l'air, replacée sous vide dans une petite enceinte où elle sert de photocathode pour une photodiode. On éclaire cette photodiode au moyen d'une lampe à vapeur de mercure émettant la raie 185 nm à laquelle le CsI est sensible. Le courant de la photodiode est mesuré au moyen d'un électromètre Keithley.

Les essais ont montré que l'épaisseur optimale du dépôt se situe entre 50 et 70 nm, ce qui est en bon accord avec les épaisseurs indiquées dans l'article de Martin *et al.* [2] pour les couches CsI déposées directement sur les galettes lorsque l'on tient compte de l'angle de 8° entre les canaux et la normale au plan des galettes.

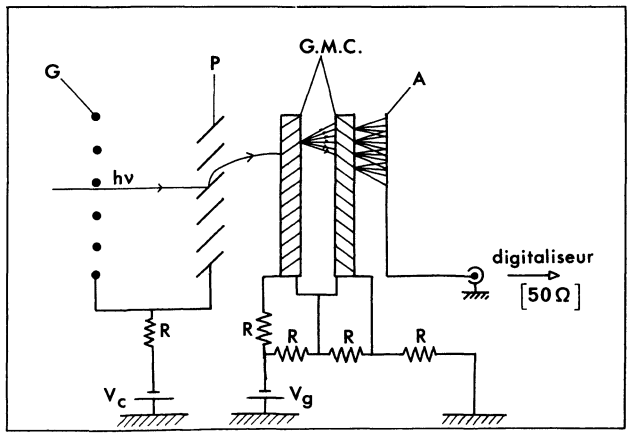


Fig. 1. — Schéma de montage des 2 GMC en cascade associées à la photocathode P. G : grille destinée à repousser les électrons vers les galettes; P : photocathode; A : anode collectrice; R : résistances de 1 MΩ.

[General arrangement of the two MCPs in series, associated with a photocathode P. G : repelling grid, P : photocathode; A : collecting anode; R : 1 MΩ resistors.]

Par ailleurs, la durée d'exposition à de l'air relativement sec, dans la limite de quelques minutes, n'affecte pas sensiblement les propriétés des couches dont les teintes d'interférence restent inchangées. Par contre, des conditions plus sévères d'humidité (respiration, proximité des mains) en modifient instantanément et irréversiblement et l'aspect et les propriétés. C'est dans des conditions identiques qu'a été réalisée la couche de CsI déposée sur la photocathode à persiennes. La figure 1 montre schématiquement le récepteur obtenu en associant cette photocathode à un ensemble de deux GMC (Varian) montées en cascade; on y indique également le système diviseur de tension adopté.

3. Performances.

3.1 AMÉLIORATION DE LA SENSIBILITÉ APPORTÉE PAR L'UTILISATION DE LA PHOTOCATHODE EN ÉCLAIREMENT UV CONTINU. — Dans le but de tester les performances en flux continu, l'ensemble galettes-persiennes a été substitué à l'un des deux photomultiplicateurs d'un dispositif spectrophotométrique à double faisceau pour UV à vide décrit par ailleurs [3].

Les GMC sont ainsi mises en parallèle avec un photomultiplicateur placé derrière un convertisseur à salicylate de sodium dont la linéarité de réponse est très bonne dans un grand domaine d'intensité. Ce montage nous a permis de suivre l'évolution du signal délivré par l'ensemble des deux GMC, en fonction de la tension V_g d'une part, de la longueur d'onde d'autre part, avec ou sans photocathode additionnelle. En particulier, l'intensité lumineuse a été ajustée de façon que, dans tous les cas, le courant de sortie i reste nettement en dessous du courant de saturation indiqué par le fabricant (typiquement $i_{sat} \sim 0{,}05\ i_{strip} \sim 5 \times 10^{-7}$ A/cm^2). On reste ainsi dans un domaine d'intensité où la réponse des galettes est linéaire et où le rapport des courants i_{GMC}/i_{PM} mesuré à l'aide d'un ratiomètre ne dépend pas des fluctuations de la source. Il est ainsi aisé de comparer l'amélioration de la sensibilité anodique produite par l'introduction des persiennes (recouvertes de CsI) en fonction de la longueur d'onde en maintenant fixe les tensions de polarisation du photomultiplicateur et des galettes. Les résultats sont reproduits sur la figure 2.

La photocathode CsI apporte un gain de sensibilité particulièrement net, y compris vers les courtes longueurs d'onde où les GMC commencent à avoir une efficacité notable. Ce gain est supérieur à 1 000 vers 170 nm et la réponse ne chute que d'un facteur inférieur à 7 quand on passe de 120 à 180 nm. C'est donc

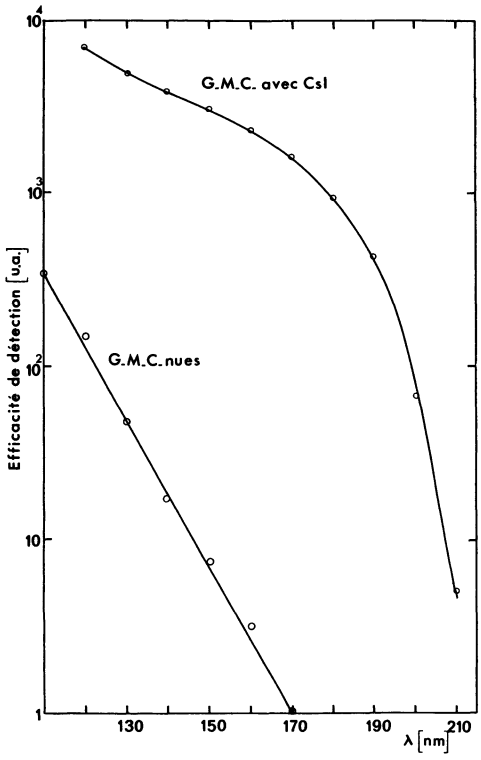


Fig. 2. — Comparaison de l'efficacité de détection des GMC, avec et sans photocathode (V_g = 2,5 kV, $\Delta V = V_c - V_g$ = 2,2 kV).

[Comparison of the MCP detection efficiency with and without photocathode.]

là un domaine spectral où l'emploi de ce détecteur est intéressant. Aux plus grandes longueurs d'onde, l'efficacité diminue de plus en plus rapidement car on se rapproche du seuil de CsI.

Une estimation des sensibilités anodiques absolues nécessiterait une source de lumière VUV étalon, dont nous ne disposons pas. Elle serait néanmoins envisageable par l'utilisation du rayonnement synchroton.

3.2 MESURES RÉSOLUES DANS LE TEMPS. — Dans le but de tester les performances temporelles du système, l'ensemble galettes et persiennes a été utilisé comme détecteur dans une expérience concernant l'étude du claquage induit par excitation multiphotonique dans du xénon dense [4].

Le dispositif expérimental est schématisé sur la figure 3. Il comprend essentiellement :

— Un laser accordable pompé par un laser azote. La largeur à mi-hauteur des impulsions est 4 ns.

— Une cellule contenant le gaz dense permettant une observation perpendiculaire au faisceau excitateur.

— Un monochromateur pour ultraviolet à vide type « Seya ».

— Les galettes isolées de l'ensemble par une fenêtre en fluorure de lithium. Elles sont pompées

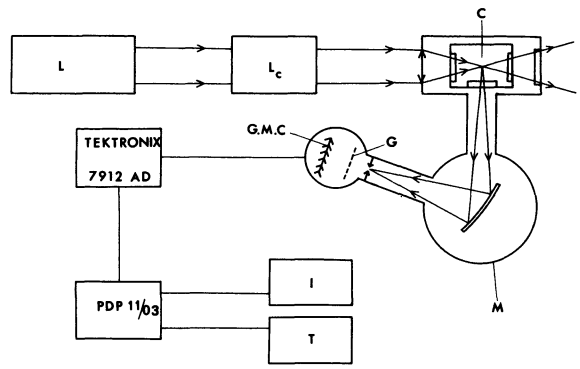


Fig. 3. — Dispositif expérimental adopté pour l'étude du claquage induit par excitation multiphotonique. L : laser à azote; L_c : laser à colorant accordable; C : cellule; G : grille; M : monochromateur; I : imprimante; T : table traçante. (Moyens de pompage, sources H.T. et photodiode de déclenchement du digitaliseur non représentés.)

[Experimental configuration for the study of optical-breakdown induced by multiphotonic excitation. L : nitrogen laser; L_c : tunable dye laser; C : cell; G : grid; M : monochromator; I : printer; T : plotter. (Pumping device, high voltage source and digitizer triggering photodiode not represented).]

par une pompe turbomoléculaire assurant un vide $\sim 10^{-7}$ torr. Ces galettes sont connectées à un digitaliseur rapide type « 7912 AD Tektronix » de 0,7 ns de temps de montée; ce dernier est couplé à un ordinateur.

L'ensemble des mesures ci-dessus ont été réalisées dans des conditions d'excitation strictement fixées (puissance laser, longueur d'onde d'excitation, densité du gaz, longueur d'onde d'observation).

3.2.1 *Evolution du temps de montée en fonction de la tension de polarisation entre les persiennes et la face d'entrée des galettes* (ΔV). — Les résultats reproduits sur la figure 4 montrent que le temps de montée est

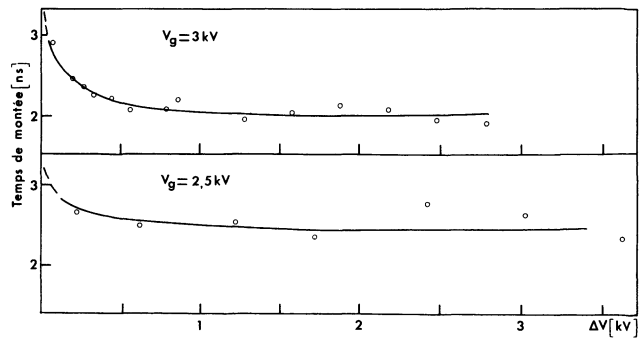


Fig. 4. — Temps de montée du signal en fonction de la tension ΔV pour 2 tensions de galettes différentes.

[Rising time of the signal *versus* ΔV, corresponding to two different values of V_g.]

indépendant de la tension ΔV à partir de $\Delta V = 500$ V et ceci quelle que soit la tension de polarisation V_g des galettes. Deux séries de mesures indépendantes à $V_g = 2\,500$ V et $V_g = 3\,000$ V donnent un écart de 0,2 ns pour le temps de montée à $\Delta V > 500$ V (2,45 et 2,25 ns respectivement).

Il n'existe pas, à notre connaissance, de mesures directes des paramètres temporels tels que temps de transit τ et largeur impulsionnelle Δt, mais seulement des valeurs calculées par simulation sur ordinateur du processus d'amplification [5]. Ainsi, pour une galette, τ diminuerait de $\sim$ 100 ps et Δt de $\sim$ 10 ps lorsque ΔV croît de 0,6 à 0,9 kV; pour deux galettes en cascade, avec $V_g = 3$ kV, on aurait $\tau \sim 700$ ps et $\Delta t \sim 65$ ps. Ceci semble indiquer que le temps de montée de la réponse impulsionnelle varie peu (< 50 ps) lorsque V_g passe de 2,5 kV à 3 kV et que l'écart observé est lié principalement à la précision de mesure ($\pm$ 0,1 ns). Ce résultat montre que l'introduction des persiennes n'introduit pas, lorsque ΔV excède 500 V, de fonction d'appareil supplémentaire décelable.

Par contre, le temps de collection des électrons entre persiennes et faces d'entrées des galettes continue d'évoluer avec ΔV.

3.2.2 *Evolution du temps de collection des électrons avec* ΔV. — L'évolution du temps de collection est représentée par l'évolution des temps associés au signal maximum pour chaque tension ΔV. On considère en effet que le seul temps susceptible de varier est le temps de transit des électrons entre la photocathode et la surface d'entrée de la première galette. Ce temps Δt est mesuré expérimentalement par rapport à une origine fixe mais quelconque t_0. Par ailleurs, au vu de la dispersion des trajectoires électroniques relativement réduite qu'assure la structure en persienne, on a essayé de rendre compte des résultats obtenus concernant ces temps de transit en supposant un trajet des électrons entre les persiennes et les galettes du type rectiligne sous accélération $\gamma = qE/m$, avec $E = V/\bar{x}$, où $\bar{x}$ est la distance moyenne parcourue par les électrons. Au total, on a donc cherché à ajuster aux résultats expérimentaux une courbe d'équation du type :

$$t = \alpha/(\Delta V)^{1/2} + t_0 \quad \text{où} \quad \alpha = (2\,\bar{x}^2\, m/q)^{1/2}\,.$$

Des résultats tout à fait satisfaisants ont été obtenus pour $V_g = 2\,500$ et 3 000 V comme le montre la figure 5.

L'ajustement réalisé permet l'obtention de t_0 et α. L'accord obtenu montre qu'il est réaliste de retenir le concept de parcours moyen $\bar{x}$ des électrons; par ailleurs, la connaissance de t_0 permet de remonter au temps réel de collecte des électrons entre persiennes et face d'entrée des galettes (Fig. 5). Par exemple, pour $\Delta V = 2{,}5$ kV les temps de collecte obtenus sont 1,6 et 1,3 ns respectivement pour $V_g = 2\,500$ et 3 000 V, ce qui est consistant avec l'incertitude expérimentale ($\sim \pm$ 0,1 ns) et l'imprécision introduite par l'ajustement des paramètres t_0 et α. Par ailleurs, la valeur moyenne de x (2,3 cm) est parfaitement cohérente avec la géométrie du système.

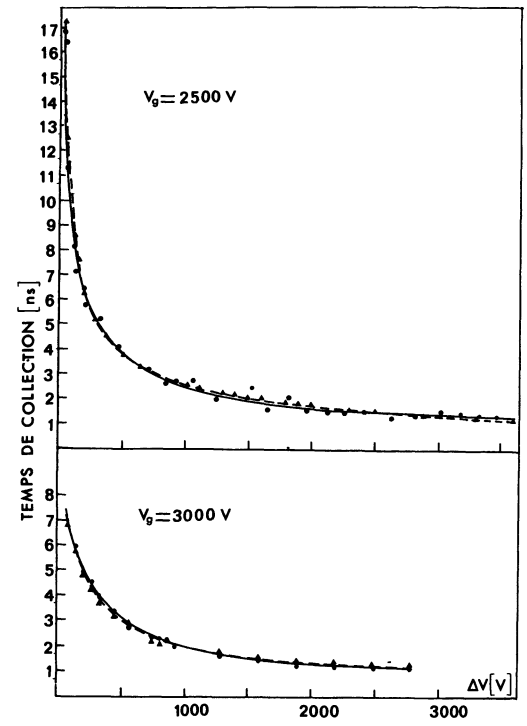


Fig. 5. — Temps de collection des électrons en fonction de la tension ΔV pour 2 tensions de galettes différentes. Traits pleins : courbe expérimentale; pointillés : courbe théorique.

[Collection time of electrons *versus* ΔV, corresponding to two different values of V_g. Full curve : experimental curve; dashed curve : theoretical curve.]

A titre de vérification nous avons comparé cette évolution à celle qui correspond au point situé à mi-hauteur du front de montée de la courbe. Les différentes courbes se superposent à une translation près de l'échelle des temps relatifs.

3.2.3 *Mesure du gain absolu.* — La réduction du niveau de lumière jusqu'à l'obtention d'événements discrets non corrélés (photoélectron unique) permet une évaluation du gain du système. L'impulsion correspondante a, en effet, des caractéristiques qui ne dépendent que du multiplicateur constitué par l'ensemble des deux GMC et du digitaliseur. Pour une tension V_g de 3 kV, on observe une impulsion de largeur totale à mi-hauteur 1,2 ns. Cette largeur correspond en fait à la fonction d'appareil du digitaliseur, ce qui indique que la largeur impulsionnelle des GMC est très petite devant cette fonction d'appareil (cf. $\Delta t = 65$ ps calculé dans [5]). Quant à l'amplitude, elle est typiquement de 0,18 V $\pm$ 0,02 V sous 50 Ω d'impédance, la faible dispersion d'amplitude observée d'un événement à un autre étant attribuable à la dispersion de gain d'un canal à un autre de la première galette. L'amplitude moyenne observée correspond à un gain de $\sim 3 \times 10^7$.

3.2.4 *Evolution du rendement de conversion électron-électron sur la face d'entrée des galettes.* — Nous avons mesuré les aires intégrées associées aux signaux obtenus en fonction de la tension ΔV. Compte tenu de la présence de la grille G (Fig. 1), il est raisonnable de supposer que la totalité des électrons émis par les persiennes parviennent à la surface des galettes. L'aire intégrée permet donc d'étudier un rendement relatif de conversion électron-électron à la surface d'entrée des galettes, lorsqu'on maintient fixe leur tension de polarisation (gain constant). Les résultats, portés sur la figure 6, montrent qu'on passe par un maximum d'efficacité vers $\Delta V = 800$ V (énergie des électrons incidents égale à 0,8 keV).

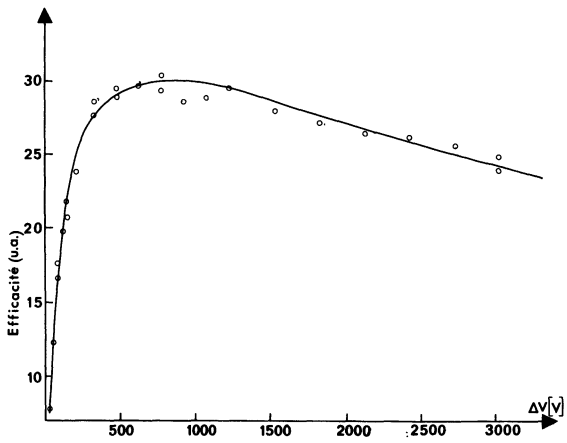


Fig. 6. — Efficacité de la conversion électron-électron sur la face d'entrée des galettes en fonction de la tension ΔV.

[Electron-electron conversion efficiency at the front face of the first MCP, *versus* ΔV.]

4. Conclusion.

L'association de persiennes avec dépôt de CsI et d'un ensemble de deux galettes montées en cascade a permis :

— d'améliorer considérablement l'efficacité de détection dans tout le domaine de l'ultra-violet à vide étudié (110-200 nm),

— de ne pas diminuer de façon détectable la rapidité de la chaîne de mesure utilisée : effet inférieur ou de l'ordre de 0,1 ns pour une tension accélératrice supérieure à 500 V.

Bibliographie

[1] AUDIER, M., DELMOTTE, J. C. et BOUTOT, J. P., *Rev. Phys. Appl.* **13** (1978) 188.

[2] MARTIN, C. and BOWYER, S., *Appl. Opt.* **21** (1982) 4206.

[3] LAPORTE, P., SUBTIL, J. L., BON, M. and DAMANY, H., *Appl. Opt.* **20** (1981) 2133.

[4] LAPORTE, P., DAMANY, N., DAMANY, H. and SUBTIL, J. L., 7th International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics, Jerusalem, August 1983 ; *Ann. Israel Phys. Soc.* **6** (1983).

[5] Characteristics and Applications of Microchannel Plates. Hamamatsu, Technical Manual RES-0795 (1981).