



# **Influence de la température sur les photomultiplicateurs et les scintillateurs liquides**

Gilbert Laustriat, André Coche

## **► To cite this version:**

Gilbert Laustriat, André Coche. Influence de la température sur les photomultiplicateurs et les scintillateurs liquides. *Journal de Physique et le Radium*, 1958, 19 (12), pp.927-929. <10.1051/jphysrad:019580019012092700>. <jpa-00235973>

**HAL Id: jpa-00235973**

**<https://hal.science/jpa-00235973v1>**

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.



HAL Authorization

## INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LES PHOTOMULTIPLICATEURS ET LES SCINTILLATEURS LIQUIDES

Par GILBERT LAUSTRIAT et ANDRÉ COCHE,

Laboratoire de Chimie Nucléaire, Faculté des Sciences de Strasbourg.

**Résumé.** — On a examiné l'effet de la température sur les compteurs à scintillateurs liquides : les photomultiplicateurs étudiés (6 Du Mont 6292 et 5 RCA 6342) présentent un coefficient négatif ; les scintillateurs considérés montrent une variation de même sens que les photomultiplicateurs, mais moins importante.

**Abstract.** — We have examined the temperature effect on liquid scintillation counters : the eleven photomultiplier tubes tested (6 Du Mont 6292 and 5 RCA 6342) all give negative temperature coefficients ; the scintillators used show a variation of the same kind as the photomultipliers, but less important.

Dans l'utilisation des compteurs à scintillations, il est important de connaître la manière dont sont affectées les mesures lors d'un changement de température du compteur, soit par suite d'une variation de température ambiante, soit qu'on refroidisse le photomultiplicateur en vue d'une diminution du bruit de fond. Un certain nombre de travaux (voir en particulier [1], [2], [3], [4]) ont été effectués à ce sujet, qui ont trait à l'influence de la température, soit sur le photomultiplicateur (PM), soit sur le scintillateur et qui conduisent à des conclusions parfois contradictoires. Ayant été amenés à refroidir un compteur à scintillateur liquide pour réduire le bruit de fond dans la détection de rayonnements  $\beta$  mous, nous avons examiné l'influence de la température sur la réponse du PM et sur celle du scintillateur.

**I. Dispositif expérimental.** — La figure 1 représente schématiquement le dispositif expérimental utilisé qui comprend deux enceintes calorifugées, l'une contenant la cuve remplie de scintillateur liquide, l'autre le photomultiplicateur, le diviseur de tension alimentant les dynodes et le préamplificateur à cathode asservie. Elles sont séparées par un conduit de lumière épais, en plexiglass parfaitement transparent, qui assure la transmission de la lumière émise dans le scintillateur jusqu'à la cathode du PM. Chaque enceinte peut être amenée à une température comprise entre  $+50$  et  $-50$  °C, par circulation forcée d'un courant d'air soigneusement desséché et refroidi par passage dans des bains réfrigérants (ou éventuellement réchauffé au contact d'un fil chauffé électriquement). La température est contrôlée à l'aide de résistances CTN placées en différents points et maintenue constante à  $\pm 1$  °C grâce à un dispositif de régulation automatique <sup>(1)</sup>. Aux différentes températures choisies pour l'enceinte du PM ou pour celle du scintillateur, les impulsions correspondant aux

scintillations créées par les électrons de conversion de  $^{137}\text{Ba}$  ou par les rayons  $\gamma$  de  $^{137}\text{Cs}$  sont, après amplification, triées par un sélecteur d'amplitude

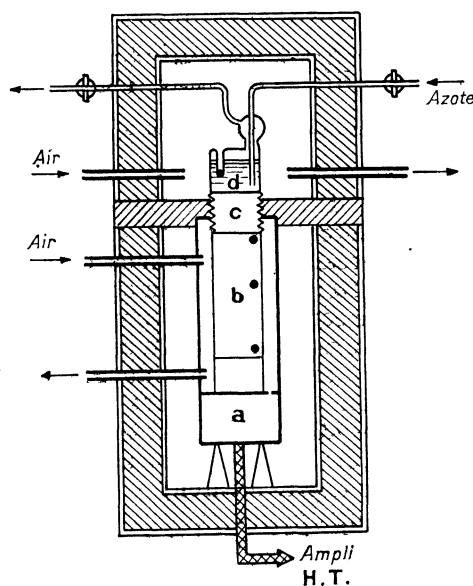


FIG. 1. — a : préamplificateur ; b : PM ; c : conduit de lumière ; d : scintillateur ; ● : emplacement des résistances CTN.

à un canal. Le déplacement des pics observés dans ces distributions d'impulsions permet de mettre en évidence l'influence de la température.

**II. Variation de la réponse du photomultiplicateur.** — Dans une première série d'expériences, nous avons examiné l'influence de la température sur le PM seul, l'enceinte supérieure contenant le scintillateur étant maintenue à température constante et

<sup>(1)</sup> Nous tenons à remercier ici M. R. Kraemer qui a réalisé ce dispositif.

dans tous les cas, voisine de  $+ 30^{\circ}\text{C}$ . Cette étude a porté sur 6 photomultiplicateurs Du Mont 6292 et 5 RCA 6342, le scintillateur utilisé étant une solution dans du xylène, soit de paradiphénylbenzène, soit de 2,5-diphényloxazole (4 g par litre).

Les variations de la hauteur d'impulsion avec la température sont représentées sur la figure 2 pour

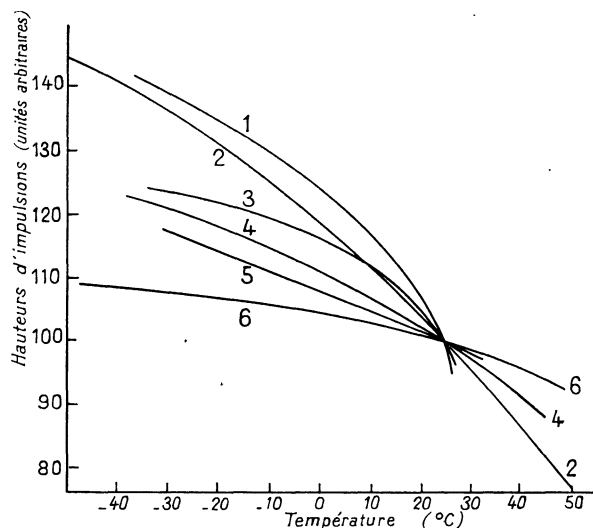


FIG. 2. — Résultats normalisés à  $+ 25^{\circ}\text{C}$ .

les tubes 6292. Les courbes obtenues avec les PM 6342 présentent une allure analogue, avec cependant des écarts moins grands d'un tube à l'autre. Il faut noter que les températures indiquées sur ce graphique sont celles déterminées au niveau des dynodes : il existe en effet, un certain gradient de température dans l'enceinte du PM par suite de la conduction thermique dans le conduit de lumière (entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}\text{C}$ , les températures au niveau des dynodes et de la photocathode diffèrent d'une dizaine de degrés environ).

Les courbes de refroidissement montrent que les deux types de PM considérés présentent un coefficient de température négatif, ce qui est en accord, pour les tubes 6292, avec les observations de la plupart des auteurs, [3], [5], [6], mais en contradiction avec celles de Seliger [2] qui a trouvé un coefficient positif <sup>(2)</sup>. Nous avons vérifié sur cinq PM 6292 et un PM 6342 que cette variation de la réponse du PM avec la température ne dépend pas de la tension appliquée entre dynodes, ce qui est en accord avec les expériences de Ball [4]. Le tableau I donne les coefficients de température moyens (en % par  $^{\circ}\text{C}$ ) pour les différents PM considérés.

<sup>(2)</sup> Les tubes RCA 6342 n'ont, à notre connaissance, fait l'objet d'aucune autre étude, mais les PM RCA 5819, 6655 et 6199 présentent également un coefficient de température négatif, [3], [4].

TABLEAU I

Du Mont 6292		RCA 6342	
n° 1	$0,70 \pm 0,05$	n° 1	$0,50 \pm 0,05$
2	$0,57 \pm 0,05$	2	$0,47 \pm 0,05$
3	$0,42 \pm 0,05$	3	$0,43 \pm 0,05$
4	$0,42 \pm 0,05$	4	$0,25 \pm 0,05$
5	$0,29 \pm 0,05$	5	$0,23 \pm 0,05$
6	$0,17 \pm 0,05$		

Nous avons également tracé des courbes de réchauffement d'un certain nombre des PM étudiés et constaté un phénomène d'hystérésis qui disparaît au bout de quelques heures. L'un des PM 6292 a été refroidi à cinq reprises consécutives à quelques jours d'intervalle et a montré dans tous les cas la même variation.

La question essentielle qui se pose est de savoir quelle partie du photomultiplicateur est responsable de cet effet de température. Dans ce but, nous avons d'abord vérifié, en refroidissant seulement le diviseur de tension et le préamplificateur, que la variation de température était sans effet important sur ces deux parties. Nous avons ensuite modifié le dispositif décrit plus haut de manière que la photocathode émerge dans l'enceinte supérieure, les dynodes étant maintenues dans l'enceinte inférieure. En opérant dans ces conditions pour les deux PM de chaque type qui présentent le coefficient de température le plus élevé, nous avons constaté les effets suivants :

a) en refroidissant seulement l'enceinte inférieure (dynodes), on retrouve la variation obtenue pour le PM tout entier ;

b) en refroidissant l'enceinte supérieure (photocathode et scintillateur) et en maintenant constante la température de l'enceinte inférieure, la variation est égale à celle trouvée lorsqu'on refroidit le scintillateur seul (voir paragraphe III) ;

c) en refroidissant simultanément les deux enceintes, la variation observée est égale à la somme des variations obtenues dans les cas (a) et (b).

Il ressort de ces expériences que les dynodes semblent être, en très grande partie, responsables de l'effet de température. Kinard [3] dans une expérience du type a), mais effectuée avec un cristal  $\text{INa(Tl)}$  ne retrouve pas intégralement la variation obtenue pour le PM tout entier ; ceci pourrait être dû au fait que, par suite du gradient de température important signalé par l'auteur, la valeur indiquée par le thermocouple était inférieure à la température moyenne des dynodes. Une expérience du type b) lui donne d'ailleurs des résultats identiques aux nôtres.

Pour expliquer l'anomalie obtenue par Seliger, Meessen [7] indique, suivant une idée déjà exprimée par Boeschoten [8], que le coefficient de température varierait avec la longueur d'onde de la lumière tombant sur la cathode (et serait positif pour le rouge, négatif pour le bleu). Signalons à ce

propos qu'en utilisant une solution de terphényl dans le xylène (longueur d'onde moyenne d'émission 3 600 Å) et une solution de terphényl + POPOP dans le même solvant (longueur d'onde moyenne d'émission 4 440 Å), nous avons observé dans les deux cas la même variation de hauteurs d'impulsion entre + 33 et - 38 °C.

**III. Effet de température sur le scintillateur liquide.** — Avec le dispositif décrit plus haut, nous avons déterminé la variation de la hauteur d'impulsion lorsque la température du scintillateur liquide varie entre + 40 et - 30 °C, celle de l'enceinte contenant le PM étant maintenue constante au niveau des dynodes. Nous avons étudié les solutés suivants dissous dans du toluène purifié :

2,5-diphényloxazole (PPO) .....	3 g par litre
2-(1-naphtyl)-5-phényloxazole ( $\alpha$ NPO)...	3 g par litre
Paradiphénylbenzène (TP) .....	4 g par litre <sup>(3)</sup>
2 - phényl - 5 - (4 - biphenyl) - 1, 3, 4 - oxa-diazole (PDB) .....	5 g par litre

Des précautions particulières ont été prises pour éliminer les traces d'eau, présentes dans les solvants organiques et suffisantes pour provoquer au cours du refroidissement un louche intense. A cet effet, le toluène utilisé a été distillé en présence de sodium, recueilli et conservé en atmosphère sèche.

La variation de la hauteur d'impulsion est représentée pour les différentes solutions sur les figures 3

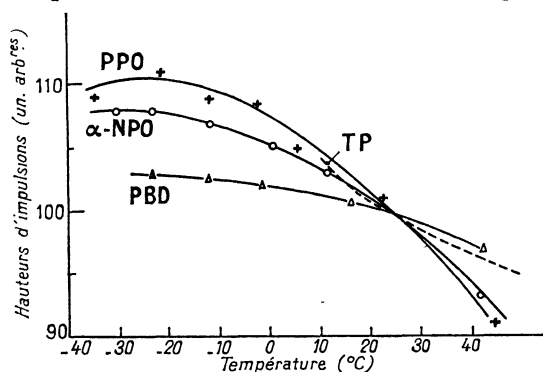


FIG. 3. — Résultats normalisés à + 25 °C.

et 4 suivant qu'on opère en atmosphère d'air ou d'azote (par barbotage du gaz privé d'oxygène). Le déplacement de l'oxygène dissous entraîne, à température ordinaire, une augmentation de 30 % environ de la hauteur d'impulsion, comme de nombreux auteurs l'ont signalé. Ces figures montrent

<sup>(3)</sup> A cause de la faible solubilité de ce soluté, les expériences sur cette solution ont été limitées à + 7 °C.

un effet de température différent suivant qu'on est en atmosphère d'air ou d'azote : dans le premier cas, la variation de hauteur d'impulsion est de l'ordre de 20 % dans l'intervalle de température + 45, - 30 °C (sauf pour les solutions de PBD) ; dans le deuxième cas, elle est considérablement plus faible et semble même changer de sens pour des températures inférieures à - 10 °C environ.

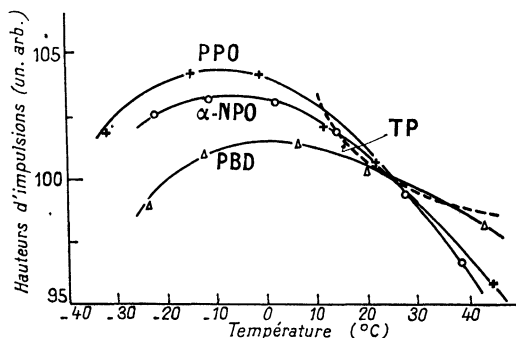


FIG. 4. — Résultats normalisés à + 25 °C.

Ces résultats ne sont pas en accord quantitatif avec ceux de Seliger qui a trouvé des coefficients de température beaucoup plus grands. Ces divergences pourraient provenir du fait que cet auteur a refroidi l'ensemble scintillateur + PM et attribue au PM seul un coefficient de température positif, comme nous l'avons indiqué au paragraphe précédent.

**Conclusion.** — Il ressort de ces expériences qu'au cours du refroidissement d'un compteur à scintillations, l'effet de température affecte principalement le PM, conduisant, en plus de la réduction du bruit de fond, à une augmentation importante de la hauteur d'impulsion. Cet effet semble se produire essentiellement au niveau des dynodes. Par contre, il paraît beaucoup moins intéressant de refroidir le scintillateur liquide en raison du faible coefficient de température et des difficultés techniques rencontrées (utilisation de solvants anhydres, moindre solubilité des solutés et dans le cas de mesures nombreuses, lenteur des opérations due à la nécessité d'attendre la réalisation de l'équilibre thermique).

Ce travail a été effectué au Laboratoire de Chimie Nucléaire de la Faculté des Sciences de Strasbourg. Nous remercions M<sup>lle</sup> Perey, Directeur du Laboratoire, d'avoir mis à notre disposition les moyens nécessaires à la réalisation de ces expériences.

Manuscrit reçu le 22 juillet 1958.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] BEYSTER (J. R.), HENKEL (R. L.), NOBLES (R. A.) et KISTER (J. H.), *Phys. Rev.*, 1955, **98**, 1216.
- [2] SELIGER (H. H.) et ZIEGLER (C. A.), *Nucleonics*, 1956, **14**, n° 4, 49.
- [3] KINARD (F. E.), *Nucleonics*, 1957, **15**, n° 4, 92.
- [4] BALL (W. P.), BOOTH (R.) et MACGREGOR (M.), *Nuclear Instruments*, 1957, **1**, n° 2, 71.
- [5] WEBB (L. A.), USNRDL, 1955, TR-48, NS 081001.
- [6] HEROLD, KROPP et STUTHEIT, *E. I. Du Pont de Nemours*, 1956, DP-47.
- [7] MEESSEN (A.), *J. Physique Rad.*, 1958, **19**, n° 4, 437.
- [8] BOESCHOTEN (F.), MILATZ (J. M. W.) et SMIT (C.), *Physica*, 1954, **XX**, 139.