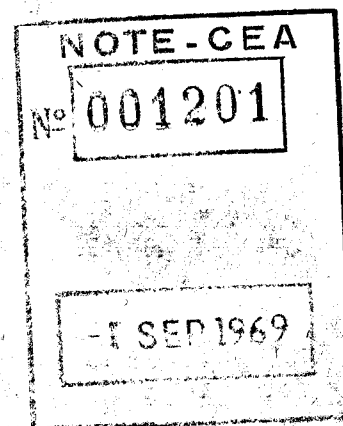
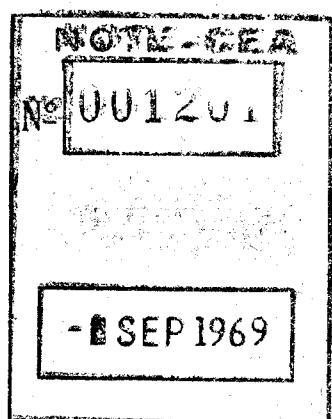
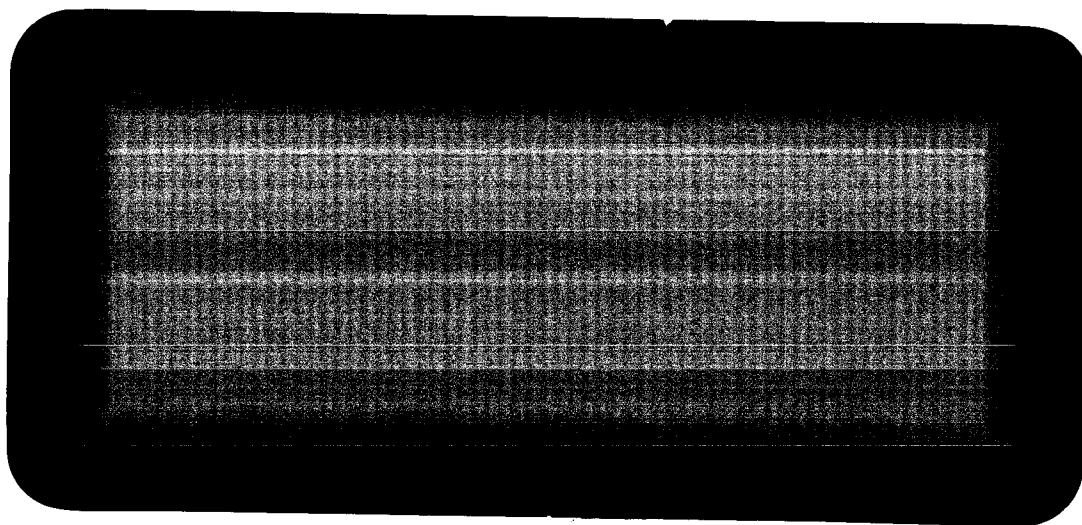


COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Centre d'Études Nucléaires de Saclay

Département d'Électronique Générale

Service d'Électronique des Réacteurs



DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE GENERALE

Service d'Electronique des Réacteurs

GB/CB

Saclay, le 18 juillet 1969

2199/SER/1439

MESURES DE LINEARITE DU TUBE PHOTOMULTIPLICATEUR

RAPIDE XP 1210

par

G. BREUZE et P. SAWINE

GB/CB

Saclay, le 18 juillet 1969

MESURES DE LINEARITE DU TUBE PHOTOMULTIPLICATEUR

RAPIDE XP 1210

par

G. BREUZÉ et P. SAWINE

=====

1. - INTRODUCTION

Dans le cadre des essais effectués sur les tubes photomultiplicateurs rapides et plus particulièrement sur le nouveau P.M. XP 1210 (R.T.C.) il nous a paru intéressant de terminer les mesures de ses caractéristiques dynamiques par la détermination de sa linéarité courant anodique-flux lumineux.

Le concept de linéarité impulsionnelle des P.M. peut prendre essentiellement deux aspects, complémentaires l'un de l'autre :

1°/ Une simple proportionnalité entre les amplitudes crêtes des impulsions lumineuses incidentes $L(t)$ et des signaux anodiques du tube $I_a(t)$.

$$I_a(t_{\max}) = k L(t_{\max}). \quad (1)$$

Cette relation peut s'avérer nécessaire et suffisante pour caractériser un P.M. utilisé en électronique nucléaire comme

.../...

transducteur de lumière entre un milieu scintillant et une électronique "lente" (temps de résolution voisin de la microseconde).

2°/ Une affinité complète de forme entre les impulsions d'anode du P.M. et les impulsions lumineuses incidentes :

$$I_a(t) = k L(t) \quad (2)$$

Comme, à un "niveau de photons" donné, on a physiquement

$$I_a(t) = R(t) * L(t) \quad (3)$$

où $R(t)$ est la réponse impulsive du P.M., il faut considérer ici deux cas bien distincts :

1er cas : $R(t)$ très "fine" par rapport à $L(t)$

La relation (2) d'affinité peut être respectée avec une certaine approximation.

2ème cas : $L(t)$ très "fine" par rapport à $R(t)$

C'est le cas d'un photomultiplicateur éclairé en lumière Cerenkov : $I_a(t)$ est alors très voisine de la caractéristique intrinsèque du P.M. qui est sa réponse impulsive $R(t)$.

Le cas qui nous intéresse du point de vue linéarité de réponse est donc le 1er cas. Il est bon de préciser dans quelles conditions pratiques une telle expérience peut être réalisée.

2. - CONDITIONS EXPERIMENTALES

2.1. - Conditions des mesures de linéarité des tubes photomultiplicateurs haut courant (XP 1143, XP 1141, XP 1140). Rappel.

La relation(2) est d'autant mieux respectée que $L(t)$ est plus "lente" vis à vis du $R(t)$. Aussi, au cours du travail effectué il y a quelques années sur les prototypes de photomultiplicateurs à haut courant de sortie (HC-B1),

.../...

nous avons adopté une méthode de mesure de linéarité de ces tubes* qui s'est avérée particulièrement efficace et que nous jugeons utile de rappeler brièvement ici :

Une source lumineuse lente (temps de montée $0,3 \mu s$, durée à mi-hauteur $0,5 \mu s$) éclaire deux P.M. identiques, l'un directement (c'est le P.M. à mesurer A), l'autre (B) à travers des filtres neutres de telle sorte que travaillant à faible niveau, il délivre une impulsion dite de référence, affine de $L(t)$. Un oscilloscope XY de 35 MHz de bande passante (TEK 536 équipés de 2 tiroirs G) compare les formes des impulsions de sortie des P.M. A et B : une droite sur l'écran de cet appareil traduit une linéarité correcte du P.M. B. dans des conditions d'éclairement données. Pour un niveau lumineux plus élevé, l'amorce de la saturation se traduit par une incurvation progressive de cette droite.

La figure 1 donne un exemple du résultat obtenu avec un XP 1143. Le domaine de linéarité peut être déterminé à 5 % près.

2.2. - Nouvelles conditions de mesure de la linéarité de tubes photomultiplicateurs rapides (XP 1210).

Nous avons conservé le principe de la méthode X - Y précédente, dont l'avantage essentiel est d'obtenir instantanément, avec une seule impulsion lumineuse si on le désire, la linéarité du P.M., sans étalonnage photométrique.

* G. BREUZE - J.P. FERTIN - R. PETIT Communication au Colloque d'Electronique Nucléaire - PARIS 1963.

Par rapport aux conditions du paragraphe 2.1., nous avons choisi :

1°/ une source lumineuse rapide constituée d'une diode luminescente Ferranti XP 20 : attaquée par une impulsion électrique brève ($t \frac{1}{2} \simeq 1$ ns) intense (120 V) et récurrente ($\simeq 5$ kHz), elle délivre une impulsion lumineuse dont la durée à mi-hauteur est de l'ordre de 2,5 ns. La source doit être placée contre la photocathode du P.M. XP 1210 à mesurer, pour obtenir un niveau de sortie suffisant.

Nous avons préféré cette source à la lampe à décharge PEK 118 à cause de la meilleure stabilité de flux lumineux, instantanée et à long terme (plusieurs heures).

2°/ Un oscilloscope à large bande (1000 MHz) du type à échantillonnage TEK 661, équipé d'un tiroir 4S1 à 2 entrées identiques et d'un tiroir de temps 5T3. Cet appareil peut fonctionner soit en X-Y soit en double trace par simple commutation sur le tiroir d'entrée.

La figure 2 montre le montage expérimental réalisé :

Les deux P.M. sont des XP 1210 alimentés selon les indications du constructeur sous une haute tension donnant le gain nominal de 10^7 . L'impédance de charge est de 50Ω constituée par les câbles coaxiaux adaptés de liaison anode - entrée 4S1.

2.3. - Réglages préliminaires

1°/ Réglage des positions relatives source XP 20 - photomultiplicateurs, de telle sorte que les 2 P.M. délivrent des impulsions d'amplitudes voisines, suffisamment faibles pour être linéaires (20 mA crête) : observation des impulsions de sortie de chaque P.M. au 661 .../...

(position "double trace" du 4S1).

2°/ Compensation des différences des temps de transit des P.M. par une boîte à retard $Z_0 = 50 \Omega$ et réglage fin par une ligne à retard ajustable à air General Radio de sorte que les impulsions des 2 P.M. , ajustées à la même amplitude apparente sur l'écran du 661 (on retouche le bouton de calibrage des voies X et Y) soient superposées (le point de repère est le sommet de l'impulsion).

On doit obtenir alors en position X-Y du 4S1 une droite : figure 3. Il est à remarquer tout de suite que la précision de la mesure sera moins bonne que par la méthode avec source lente, car les fluctuations d'amplitude des P.M. et le système d'échantillonnage du 661 entraînent une largeur appréciable de la trace.

2.4. - Résultats

En augmentant le flux lumineux vu par le P.M. à mesurer (voie Y) on le sature ; une déviation par rapport à la droite précédente est constatée : figure 4. Traçant cette droite et la courbe "moyenne" à partir de cette droite, on peut apprécier une limite de linéarité à 15 % près environ.

Ainsi, la figure 4 donne une valeur de 70 mA (± 10 mA) pour le XP 1210 n° 80 (H.T. = 3650 volts, $G = 10^7$).

Une mesure a également été effectuée au gain $G = 10^6$; H.T. = 2600 volts, on obtient une limite de linéarité de 50 mA ± 7 mA.

.../...

3. - CONCLUSION

Nous avons expérimenté une nouvelle méthode XY de mesure de linéarité des P.M. plus spécialement intéressante pour les tubes très rapides ; ainsi le XP 1210 nous donne pour le gain 10 une limite de linéarité de 70 mA, soit 3,5 volts sur 50 Ω . Cette valeur bien que tout à fait compatible avec le niveau maximal analogique d'entrée des circuits actuels d'électronique rapide peut paraître faible vis à vis des chiffres homologues pour le 56 AVP et le XP 1021 (300 - 400 mA) : la nouvelle structure de sortie, à anode pleine et blindage, du XP 1210 est en effet à faible champ comparée à celle de ces derniers P.M., mais elle réalise un meilleur couplage du faisceau électronique avec la ligne coaxiale de sortie du signal.

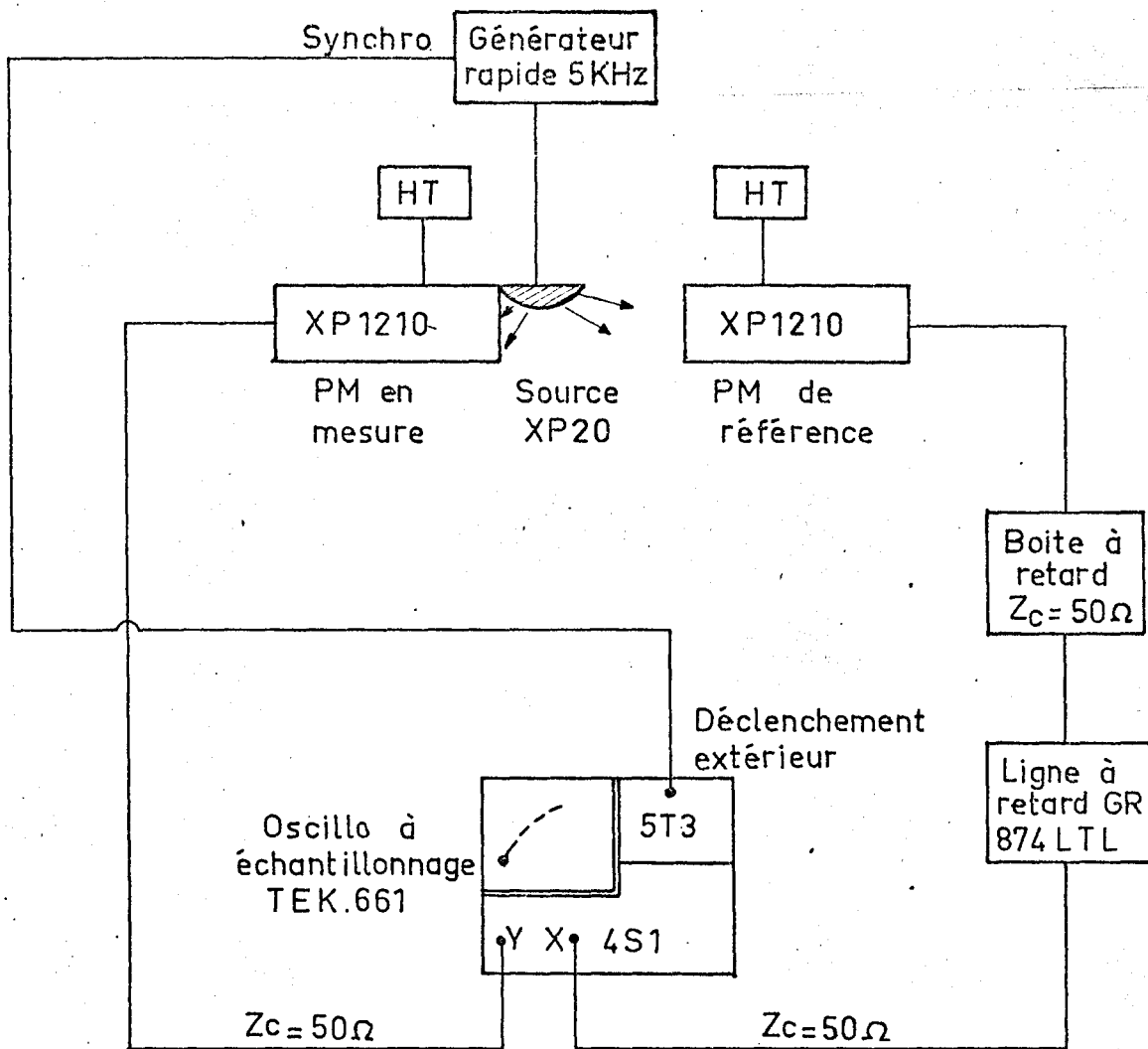


Figure: 2

Schéma synoptique de l'appareillage de mesure de linearité des PM par la méthode XY "rapide"