Une nouvelle méthode pour la mesure des temps morts (J.W.M.)

Les méthodes qui servent couramment à déterminer les temps morts souffrent presque toutes d'un ou de plusieurs inconvénients souvent assez gênants, parmi lesquels on peut mentionner le manque de précision, la complexité de l'appareillage, la lenteur de la mesure, et enfin, en l'absence de possibilités de contrôle, notre ignorance au sujet de la validité des hypothèses admises concernant les répartitions originales d'intervalles et le type exact de temps mort. Les temps morts qui sont imposés involontairement (par exemple par un amplificateur), et dont aucun signal électronique ne nous permet de déterminer la durée, posent parfois des problèmes supplémentaires.

Pour éviter la plupart de ces difficultés, on peut employer un spectre artificiel d'intervalles, et on a avantage à en choisir un qui soit parmi les plus faciles à produire et à calculer. C'est pour cette raison que nous avons proposé de remplacer, dans le dispositif courant de mesure d'un temps mort, les deux sources radioactives par des générateurs d'impulsions périodiques. Les mesures effectuées jusqu'ici par cette méthode sont très satisfaisantes.

La superposition des deux suites d'impulsions de fréquences fixes et indépendantes,

$\nu_1 = 1/T_1$ et $\nu_2 = 1/T_2$, avec $T_1 < T_2$, donne une densité des intervalles entre impulsions successives :

$$F(t) = \frac{2}{T_1 + T_2}\; U(t)\, U(T_1 - t) + \frac{T_2 - T_1}{T_1 + T_2}\; \delta(t - T_1) .$$

La densité est donc constante entre 0 et T_1, où elle se termine par une "fonction" delta.

Si les impulsions sont superposées à l'entrée d'un dispositif qui impose un temps mort τ et si ν_3 désigne le taux moyen de comptage observé à la sortie, un simple calcul permet d'établir les relations suivantes (figure 16) :

- avec un temps mort non cumulatif :

$$\nu_3 = \begin{cases} \nu_1 + \nu_2 - 2\tau\nu_1\nu_2 & \text{pour} \quad 0 < \tau < T_1/2 \\ \nu_1 & \text{"} \quad T_1/2 < \tau < T_1 , \end{cases}$$

- avec un temps mort cumulatif :

$$\nu_3 = \begin{cases} \nu_1 + \nu_2 - 2\tau\nu_1\nu_2 & \text{pour} \quad 0 < \tau < T_1 \\ 0 & \text{"} \quad \tau > T_1 \end{cases}$$

Cette méthode permet donc, pour $\nu_1 < 1/(2\tau)$, une détermination du temps mort qui ne dépend pas de son type. Si, pour un temps de mesure t, nous désignons par N_1 et N_2 le nombre d'impulsions produites par les deux générateurs et par N_3 le nombre d'impulsions enregistrées simultanément à la sortie, le temps mort se calcule par la simple relation exacte:

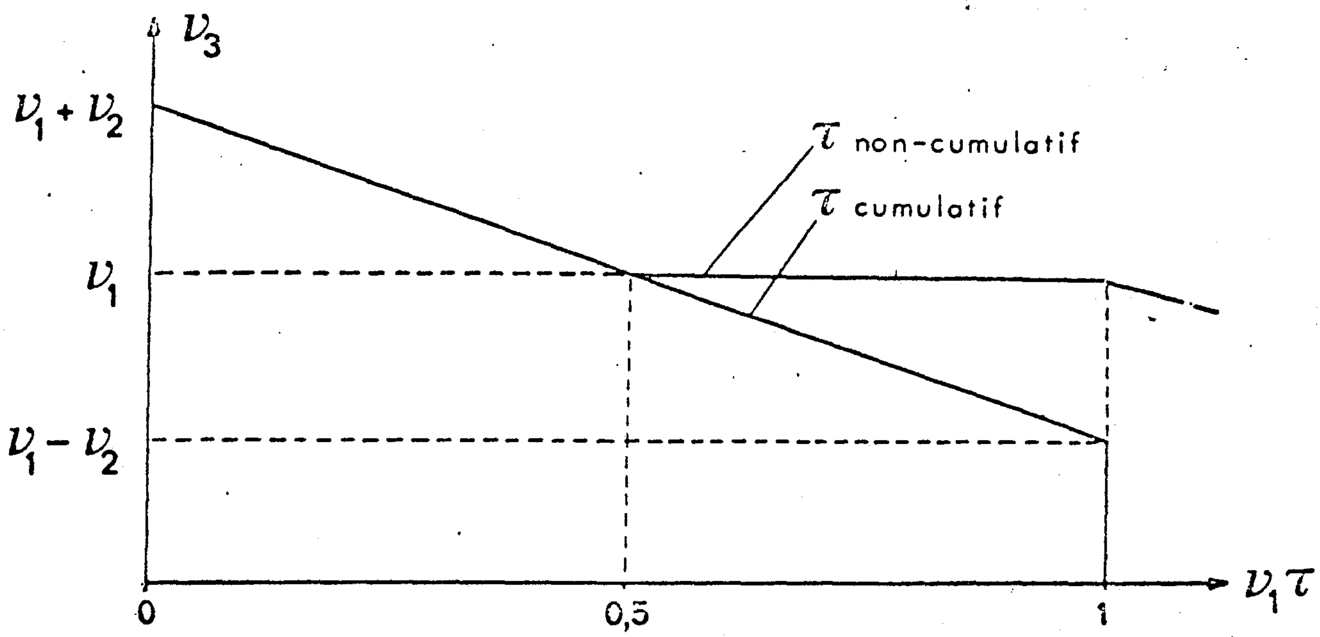

Fig. 16 - Taux mesuré ν_3 en fonction des fréquences ν_1 et ν_2 des deux oscillateurs et du temps mort τ

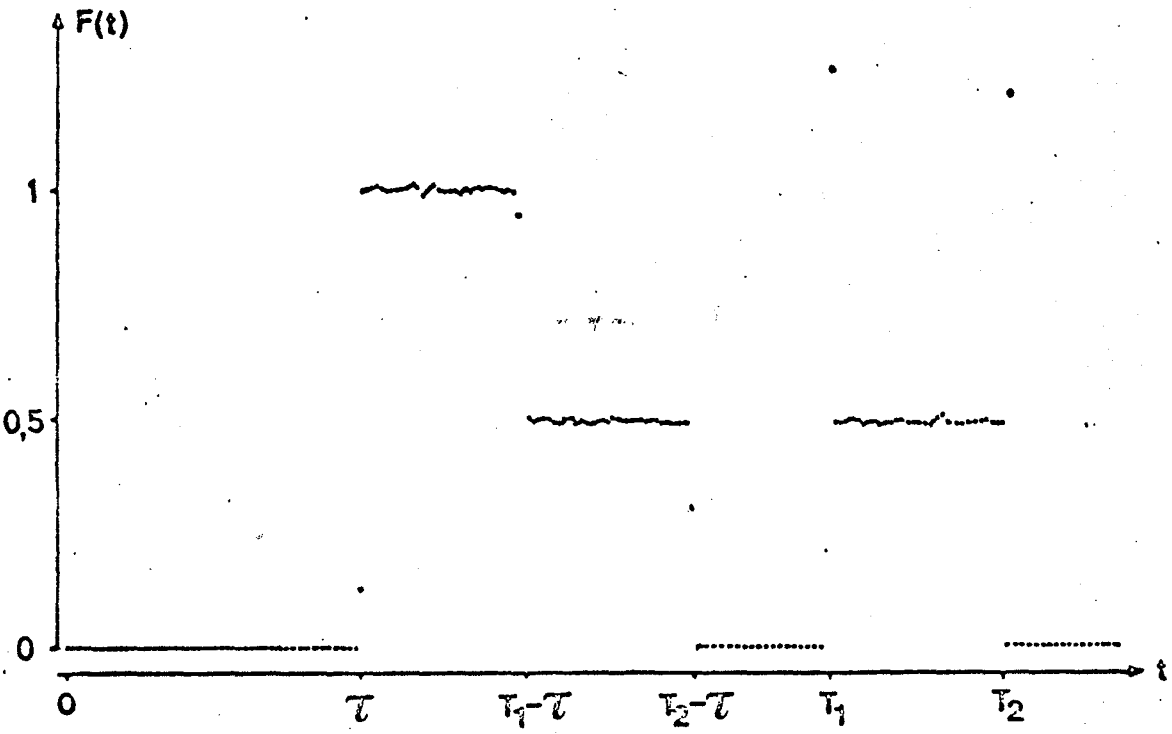

Fig. 17 - Répartition F(t) des intervalles entre impulsions provenant des deux oscillateurs, mais après passage d'un temps mort τ (pour $\tau > T_2 - T_1$)

$$\tau = \frac{t}{2}\ \frac{N_1 + N_2 - N_3}{N_1 N_2}\ .$$

La répartition des intervalles peut être déterminée aussi pour la séquence modifiée par le temps mort. Les calculs ont été confirmés par des mesures directes ; à titre d'exemple, la figure 17 reproduit l'enregistrement d'une telle distribution (les valeurs des paramètres τ, T_1, T_2 correspondant à cet enregistrement sont indiquées sur l'axe des abscisses ; les points isolés, en haut à droite de la figure, aux abscisses T_1 et T_2, correspondent à des "fonctions" δ de Dirac).

La simplicité du dispositif permet une description rigoureuse des phénomènes et les seuls paramètres qui entrent dans la mesure sont des fréquences et la durée de la mesure, évitant ainsi la plupart des incertitudes habituelles. Avec des oscillateurs à quartz l'exactitude sur le temps mort atteint facilement 10^{-3} pour une durée de mesure de quelques minutes.

Mais la propriété la plus remarquable de cette méthode est peut-être qu'elle permet aussi de déterminer d'une manière quantitative le type de temps mort, car pour une fréquence ν_1 comprise dans le domaine $1/(2\tau) < \nu_1 < 1/\tau$ les résultats des mesures en dépendent.

Le rapport

$$p = \frac{\nu_1 - \nu_3}{\nu_2(2\tau\nu_1 - 1)}\ ,$$

où τ a été déterminé auparavant dans le domaine inférieur de ν_1, nous permet de caractériser le comportement du temps mort. On peut interpréter p comme la probabilité pour qu'une impulsion arrivant pendant un temps mort le prolonge. Sa connaissance est nécessaire pour l'application d'une théorie plus générale pour un compteur à particules (L. Takács) qui comprend non seulement les cas limites d'un temps mort strictement non-cumulatif (p=0) ou cumulatif (p=1), mais aussi tous les cas intermédiaires.

Pour plus de détails se reporter aux deux rapports internes "Remarques sur une méthode proposée par Baerg pour la mesure de temps morts" et "Une méthode simple pour mesures précises de temps morts".

Juin 1969