Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 15 (1942)
Heft: IV

Artikel: Un compteur mécanique rapide
Autor: Kipfer, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-111311

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Un compteur mécanique rapide[1])

par **P. Kipfer.**

(19. V. 1942.)

Résumé: Description d'un compteur mécanique rapide. Détermination expérimentale du temps de séparation τ de l'installation complète dont faisait partie le compteur mécanique.

Résultat obtenu: $\tau = 1{,}82 \cdot 10^{-3}$ sec. $\approx \frac{1}{550}$ sec.

1. Dans l'appareillage servant à compter des particules par un compteur Geiger-Müller l'élément enregistreur est le plus souvent un compteur mécanique. Il est intéressant que le temps de séparation de ce compteur soit petit[2]).

Nous avons élaboré et étudié un compteur mécanique rapide (appelé dans la suite CMR) dans le but d'atteindre un temps de séparation ne dépassant pas $\frac{1}{500}$ sec.

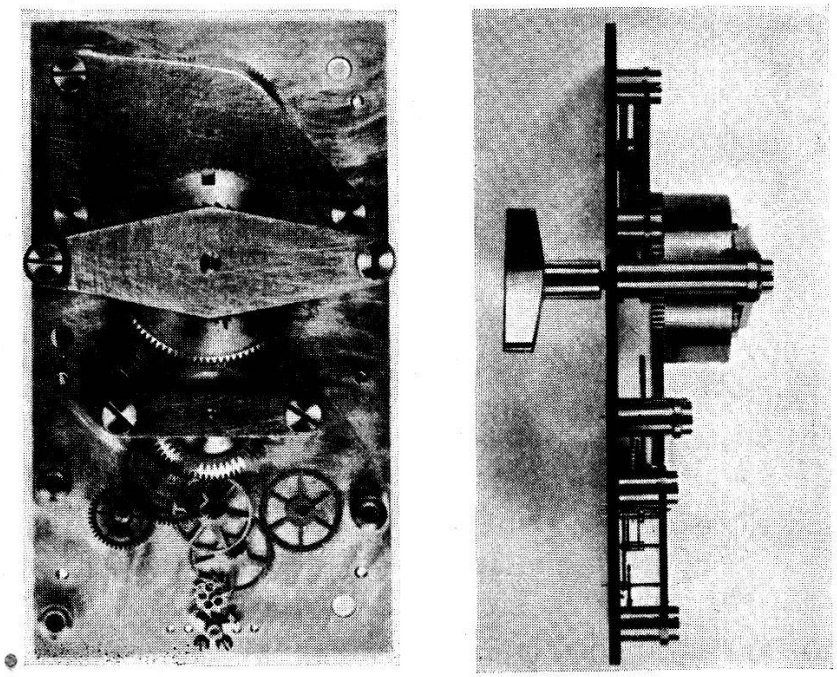

Fig. 1.

[1]) Ce compteur a été terminé en 1934. A ce moment l'auteur était aspirant du Fonds National de la Recherche Scientifique. Différentes raisons ont empêché la publication immédiate des résultats obtenus.

[2]) Voir p. ex. Flammersfeld, A., Natw. 24, 522, 1936, Neher, H. V., Phys. Rev. 10, 29, 1939.

Ce compteur se base sur un principe utilisé par REGENER[1]). REGENER, après avoir enlevé le balancier d'un réveil ordinaire, fait entraîner l'ancre du réveil par l'armature d'un relais mis en action par les impulsions de courant dues aux particules à compter.

Description du compteur (fig. 1[2])).

2. L'usine « Oméga Watch Co. » à Bienne s'est aimablement mise à notre disposition pour la construction du CMR, suivant nos indications. Nous tenons à la remercier de sa précieuse collaboration.

Le CMR est caractérisé par les points suivants:

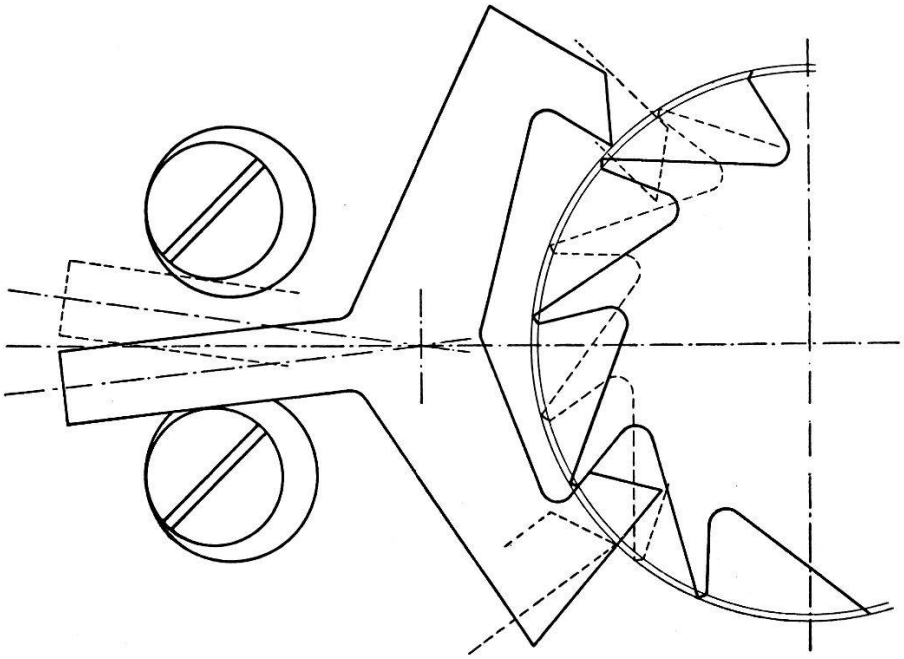

Fig. 2.
Echappement.

a) L'échappement (fig. 2) est tel que *la roue d'ancre avance nécessairement d'une dent si l'ancre fait, avec sa course normale, un mouvement aller et retour complet.*

Si, aux fréquences élevées, le moment agissant sur la roue et provenant du ressort moteur de l'appareil était insuffisant pour produire l'accélération angulaire nécessaire à l'avance de la roue, l'ancre produirait sur la roue les forces supplémentaires nécessaires à assurer cette avance. Pour que cette intervention de l'ancre puisse avoir lieu, il faut que le relais soit assez puissant pour assurer à l'ancre, à toutes les fréquences, une course complète. Cela est toujours réalisable.

---

[1]) REGENER, E., Natw. 19, 177, 1931.

[2]) Les photos de la fig. 1 ont été mises à notre disposition par l'usine «Oméga». Les fig. 2, 3 et 4 ont été établies d'après les plans de la même usine.

Ainsi, l'avance d'une dent est assurée si l'armature du relais fait, avec sa course normale, un mouvement aller et retour complet.

Le temps de séparation de l'ensemble du CMR et de son relais est donc essentiellement déterminé par le relais.

Un échappement élaboré au laboratoire respectait la condition posée d'une façon absolue tandis que l'échappement définitif, proposé par l'usine « Oméga » et adopté pour des raisons de simplicité, ne la respecte que conditionnellement. L'avance automatique de la roue d'ancre n'est assurée qu'à condition qu'au moment où l'ancre commence son mouvement aller, la roue d'ancre n'ait pas de tendance à tourner en sens opposé à sa rotation normale. Si un tel mouvement de recul prenait naissance il se pourrait que l'ancre fasse une oscillation complète sans que la roue d'ancre n'avance d'une dent.

Les seules raisons pour qu'un tel mouvement de recul prenne naissance seraient, soit des forces élastiques dues aux chocs entre les dents de la roue et l'ancre, soit des forces hydrodynamiques (capillarité, viscosité) dues à une goutte d'huile entre les deux pièces. Pratiquement, le moment moteur agissant sur la roue d'ancre est amplement suffisant pour empêcher d'une façon certaine ce mouvement de recul.

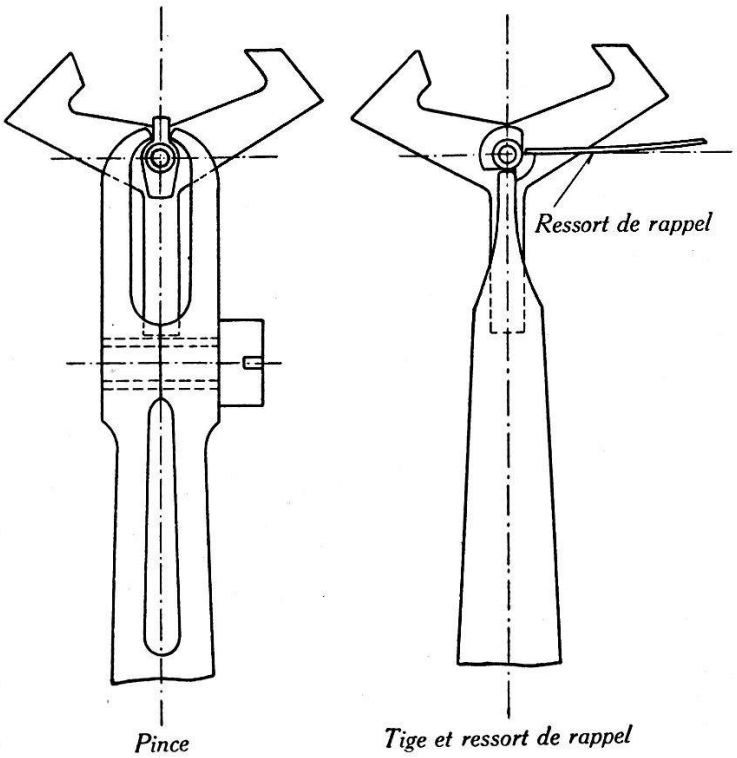

Fig. 3.

b) Deux moyens de liaison entre le relais et le CMR ont été essayés (fig. 3) : Dans le premier dispositif une pince, fixée à l'arma-

ture du relais, agit sur une palette solidaire de l'axe de la roue; dans le second dispositif, une tige, fixée à l'armature du relais, force le mouvement de l'ancre à l'aller, le mouvement de retour étant garanti par un ressort de rappel de fréquence suffisamment élevée.

Le réglage du second mécanisme est plus facile que celui du premier. Pour les deux mécanismes la course de l'armature du relais nécessaire au bon fonctionnement du CMR, mesurée au point de contact de l'armature et de l'ancre, est de 15 à $20 \cdot 10^{-2}$ mm.

c) Le CMR porte 5 cadrans indiquant respectivement les unités, les dizaines, les centaines, les milliers et les dizaines de mille (fig. 4).

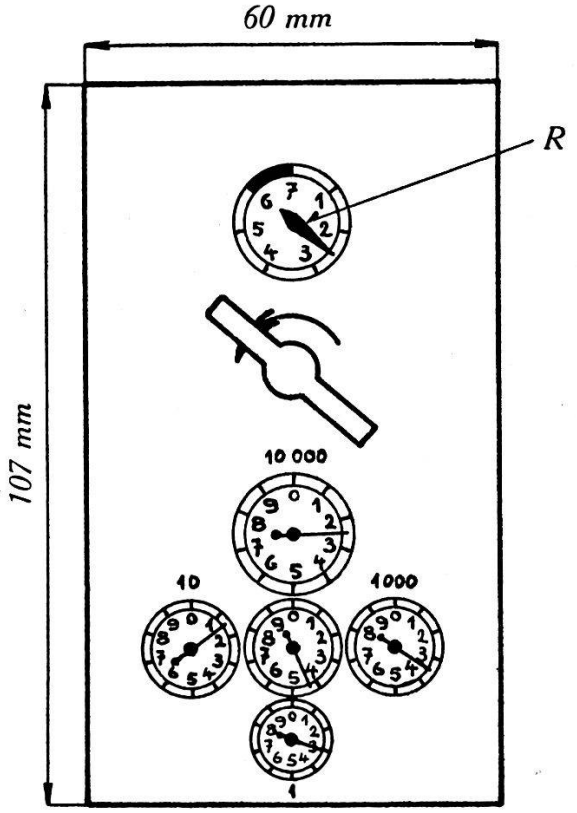

Fig. 4.

d) Le ressort du CMR est complètement remonté après 7 tours de clef. La démultiplication est telle que $1{,}08 \cdot 10^6$ particules peuvent être enregistrées pendant que le ressort se détend de 6 tours, après quoi l'appareil doit être remonté à nouveau.

Une aiguille (fig. 4, *R*) indique à chaque instant de combiens de tours le CMR est remonté.

e) Le barillet du CMR peut être démonté en dévissant 2 vis seulement (fig. 1, *V*). En cas de rupture du ressort, le barillet inutilisable peut être remplacé immédiatement par un barillet de rechange.

Impulsions réparties régulièrement.

3. Une première série d'essais a été faite en lançant dans le relais des impulsions périodiques de forme rectangulaire, produites par la méthode du disque tournant (Flux lumineux périodique produit par un disque tournant ayant des ouvertures; cellule photoélectrique; amplificateur à courant continu).

Nous avons utilisé un relais télégraphique « Creed » dont la course entre les butées a été réglée à $15 \cdot 10^{-2}$ mm.

4. Nous avons contrôlé, par une méthode stroboscopique très simple, le bon fonctionnement du relais (fig. 5).

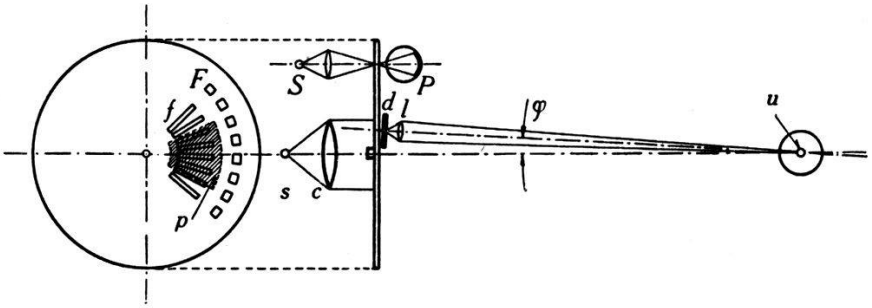

Fig. 5.
Stroboscope.

Le disque tournant porte, vers l'extérieur, les ouvertures F servant à produire les impulsions de courant (source S, cellule photoélectrique P) et vers l'intérieur les fentes f, en même nombre que les ouvertures F. Un grand nombre de fentes (plage p) est éclairé par le système optique s-c, placé devant le disque. Sur un support pouvant tourner autour d'un axe u passant par l'objet à éclairer (armature du relais) se trouve, derrière le disque, une fente d ainsi qu'une lentille l formant l'image de d en u.

Eclairée par s-d-l l'armature du relais paraît immobile. A chaque position φ du support d-l-u correspond une phase bien déterminée du mouvement de l'armature. En faisant varier φ d'une façon continue le mouvement de l'armature peut être observé à une fréquence aussi petite que l'on veut.

Notons en passant que l'efficacité de ce dispositif stroboscopique est indépendant des variations de la vitesse angulaire du disque, ce qui était indispensable dans le cas présent. La vitesse du moteur tourne-disque, réglable dans de larges limites, n'était pas rigoureusement constante.

Par la méthode décrite nous avons constaté que l'armature du relais parcourait intégralement la course nécessaire au bon fonctionnement du CMR jusqu'à une fréquence de 570 hertz.

Tableau I

Impulsions réparties régulièrement.

1. Fréquence $f \cdot$ sec.	2. Nombre émis N	3. Nombre enregistré N′	4. Différence absolue N′ − N	5. Différence en ‰ $\frac{N'-N}{N} \cdot 1000$	6. Erreur de mesure en ‰ $\delta \cdot 1000$
			Liaison: pince		
98	3200	3201	+ 1	+ 0,3	± 6,1
117	3200	3188	− 12	− 3,8	7,3
176	3200	3196	− 4	− 1,25	11,0
192	6400	6395	− 5	− 0,8	6,0
239	3200	3208	+ 8	+ 2,5	14,9
280	3200	3187	− 13	− 4,1	17,5
356	6400	6350	− 50	− 7,8	11,1
400	9600	9606	+ 6	+ 0,6	8,3
400	9600	9603	+ 3	+ 0,3	8,3
461	9600	9569	− 31	− 3,2	9,6
485	9600	9583	− 17	− 1,8	10,1
492	9600	9576	− 24	− 2,6	10,2
492	9600	9654	+ 54	+ 5,6	10,2
505	9600	9697	+ 97	+ 10,1	10,5
510	9600	9603	+ 3	+ 0,3	10,6
521	9600	9576	− 22	− 2,3	10,9
			= − 6		
			Liaison: tige et ressort		
94	9600	9600	0	0	2,0
117	9600	9610	+ 10	+ 1,0	2,4
158	9600	9598	− 2	− 0,2	3,3
186	9600	9566	− 34	− 3,5	3,9
258	9600	9581	− 19	− 2,0	5,4
292	9600	9642	+ 42	+ 4,4	6,1
292	9600	9552	− 48	− 5,0	6,1
294	9600	9504	− 96	− 10,0	6,1
328	9600	9558	− 42	− 4,4	6,8
393	9600	9631	+ 31	+ 3,2	8,2
403	9600	9656	+ 56	+ 5,8	8,4
414	9600	9685	+ 85	+ 8,85	8,6
521	9600	9707	+ 107	+ 11,1	10,9
521	9600	9642	+ 42	+ 4,4	10,9
527	9600	9617	+ 17	+ 1,8	11,0
			= + 149		

5. Les essais ont été faits de la façon suivante: Après avoir réglé la vitesse du moteur tourne-disque à la valeur voulue, nous avons déterminé, pendant un intervalle de temps mesuré, le nombre total de tours effectués par le moteur. Nous en déduisons le nombre total des impulsions émises N pendant l'intervalle de mesure (tableau 1, colonne 2) et la fréquence moyenne f de ces impulsions (colonne 1). Nous comparons le nombre d'impulsions émises au nombre d'impulsions enregistrées N' par le CMR pendant le même intervalle de temps (colonne 3).

La détermination du nombre d'impulsions émises est affectée d'une erreur due à l'imprécision des différentes observations et manipulations. Nous estimons que cette erreur (colonne 6) correspond à une erreur faite sur la détermination du temps de $2 \cdot 10^{-1}$ sec.

6. Le tableau 1 résume les mesures faites avec des impulsions régulièrement réparties.

Les graphiques suivants (fig. 6 et 7) représentent les résultats obtenus:

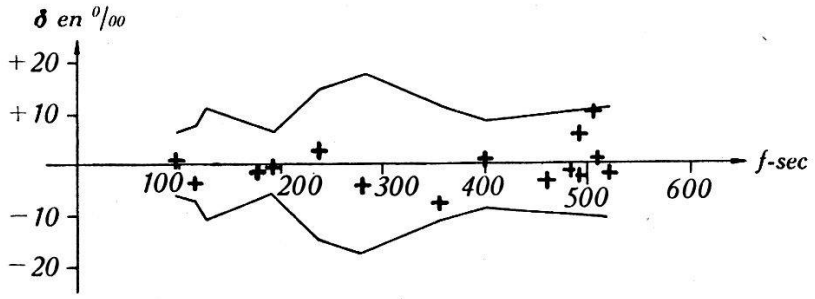

Fig. 6. Liaison: pince.

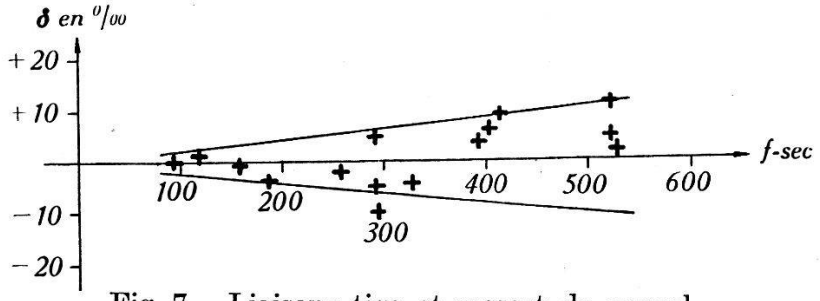

Fig. 7. Liaison: tige et ressort de rappel.
Impulsions réparties régulièrement.

f: fréquence — δ: différences rélatives (colonne 5)
+ : points mesurés — ——: limite des erreurs de mesure (colonne 6).

Nous remarquons que les différences relatives constatées $(N'-N)/N$ sont, en général, inférieures aux erreurs de mesure δ et que les excès sont aussi fréquents que les déficits. Nous concluons que le CMR compte toutes les impulsions jusqu'à la fréquence de 527 hertz au moins. Son temps de séparation est donc inférieur à 1/527 sec.

Impulsions réparties statistiquement.

7. Dans une deuxième série d'essais le système du disque tournant à été remplacé par un compteur Geiger-Müller, soumis à l'action du rayonnement γ de différentes préparations de radium, placées successivement à une même distance du compteur Geiger-Müller.

Nous avons déterminé, pour chaque quantité de radium utilisée (tableau 2, colonne 1), le nombre total d'impulsions enregistrées par le CMR (colonne 3) pendant un intervalle de temps mesuré (colonne 2) et nous en avons déduit le nombre moyen des impulsions enregistrées par unité de temps (colonne 4).

Les nombres moyens sont entachés d'erreurs dues, d'une part, aux fluctuations de la décomposition radioactive et, d'autre part, aux imprécisions des différentes observations et manipulations.

Nous estimons que la première erreur est de $\sqrt{N}$, si N est le nombre des impulsions émises réparties statistiquement, et que la deuxième correspond à une erreur faite sur le temps de $3 \cdot 10^{-1}$ sec. par manipulation. Nous trouvons ainsi la colonne 7.

8. Le tableau 2 résume les mesures faites.

Tableau 2.

Impulsions réparties statistiquement.

	1. Quantité de radium mgr.	2. Intervalle de mesure sec.	3. Nombre des impulsions enregistrées	4. Nombre moyen des impulsions enregistrées mesuré n_m' sec.$^{-1}$	5. Nombre moyen des impulsions enregistrées calculé n_c' sec.$^{-1}$	6. Différence $n_m'-n_c'$ sec.$^{-1}$	7. Erreur absolue de mesure sec.$^{-1}$	8. Nombre des impulsions émises calculé n_c sec.$^{-1}$
				Liaison: tige et ressort				
1	20,25	127,2	20 215	158,9	155,2	+3,7	±2,6	240,1
2	29,70	120,4	21 809	181,0	185,6	−4,6	±3,0	352,2
3	40,18	120,4	23 505	195,0	200,3	−5,3	±3,2	476,5
4	49,87	121,0	25 170	207,8	201,8	+6,0	±3,4	591,4

Le calcul des probabilités conduit à l'équation suivante entre
n: nombre moyen des impulsions émises par unité de temps,
n': nombre moyen des impulsions enregistrées par unité de temps,
τ: temps de séparation du dispositif enregistreur:

$$n' = n e^{-\tau n}.$$

Nous admettons que:

$$n = k \cdot m$$

où m est la quantité de radium utilisée et k une constante de l'installation tenant compte: de la vitesse de décomposition du radium, des différents milieux absorbants, de l'angle sous lequel le compteur Geiger-Müller voit la préparation radioactive et, enfin, du rendement du compteur Geiger-Müller.

Nous avons calculé τ et k (tableau 3) en utilisant d'abord les mesures 1 et 4 et ensuite les mesures 2 et 3[1]).

Tableau 3.

	$\tau \cdot 10^3$	k
1—4	1,77	12,1
2—3	1,87	11,6
moyenne	1,82	11,8

Les valeurs n et n' calculées avec les moyennes de τ et de k sont reproduites dans le tableau 2 (colonnes 5 et 8).

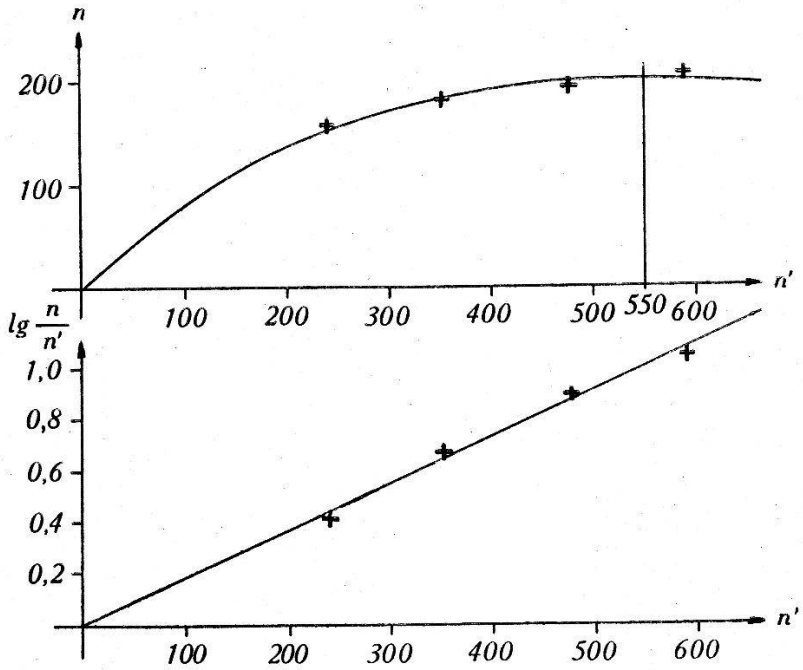

Fig. 8.
Impulsions réparties statistiquement.
+ : points mesurés. —— : courbes calculées.

Les graphiques suivants (fig. 8) représentent de deux façons différentes les points mesurés et la courbe calculée avec les moyennes de τ et de k.

[1]) Vu le petit nombre de points mesurés, il nous a semblé parfaitement inutile de déterminer la courbe la plus probable par la méthode des moindres carrés.

Nous constatons que les courbes calculées s'écartent peu des valeurs mesurées. Pourtant, en valeur absolue, les erreurs de mesures calculées, quoi qu'étant du même ordre de grandeur, sont systématiquement inférieures aux écarts observés. Ce fait pourrait s'expliquer par une instabilité du fonctionnement du compteur Geiger-Müller.

Après avoir calculé l'erreur moyenne de la moyenne de τ nous trouvons finalement, pour le temps de séparation du CMR accouplé au relais « Creed »:

$$\tau = (1{,}82 \pm 0{,}29) \cdot 10^{-3} \text{ sec} \approx 1/550 \text{ sec.}$$

Le déficit relatif $\frac{n-n'}{n}$ d'un système d'enregistrement de temps de séparation τ vaut, en première approximation, $n \cdot \tau$; nous voyons que le CMR permet de compter 5,5 impulsions par seconde avec une précision de 1 %. Et, si on se sert du temps de séparation connu ainsi que de ses limites d'erreur pour corriger le nombre compté, la précision sera d'environ 2 ‰ pour le même nombre d'impulsions par seconde.

8. Si le phénomène à étudier nécessite l'enregistrement d'un plus grand nombre d'impulsions par unité de temps, on pourrait ou bien faire précéder le CMR par un système de démultiplication électrique (scale of 2^n), ou bien inscrire préalablement les impulsions à compter sur une bande en mouvement et reproduire ultérieurement les impulsions ainsi inscrites à une cadence ralentie permettant de les compter par le CMR.

Cet enregistrement préalable pourrait se faire optiquement sur un film ou, ce qui nous semble plus simple encore, magnétiquement sur une bande en acier. On arrivera facilement à un temps de séparation de l'ordre de 10^{-4} sec. donnant lieu à une précision de 6 % pour 100 impulsions par seconde, sans correction.

Nous tenons à remercier Monsieur le Professeur A. Piccard, dans les laboratoires duquel ce travail a été fait, ainsi que le Fonds National de la Recherche Scientifique dont l'intervention a permis l'éxecution de cette recherche.

Université de Bruxelles, Faculté des Sciences appliquées.