

**Zeitschrift:** Helvetica Physica Acta  
**Band:** 26 (1953)  
**Heft:** I

**Artikel:** Construction de compteurs Maze et leurs caractéristiques de 0 à 50 C  
**Autor:** Favre, R. / Haenny, Ch.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-112399>

#### 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:** 03.02.2026

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

## Construction de compteurs Maze et leurs caractéristiques de 0° à 50° C.

par R. Favre et Ch. Haenny (Lausanne).

(22. XI. 1952.)

---

*Sommaire.* Les tubes compteurs de verre à cathode externe dont l'anode est liée galvaniquement à son amarre de manière à permettre un dégazage par la chaleur, donnent des décharges parasites qui ont été supprimées par la métallisation interne de l'extrémité correspondante de la coque. Ces compteurs sont caractérisés par des seuils identiques et des paliers de 300 volts environ dont la pente moyenne est respectivement de 3% et de 1,6% pour des résistances anodiques de 1 M et 20 M. Nous donnons une explication des faibles variations de la pente, observées lorsque change le taux de comptage ou la température. En 10<sup>9</sup> impulsions, le palier se raccourcit au point de disparaître.

### Introduction.

Depuis plusieurs années\*) que nous construisons en série des tubes compteurs en verre à cathode externe du type MAZE, nous avons éprouvé le besoin de les mieux connaître et d'améliorer la qualité de ceux qu'au début, nous réalisions sur la seule base des données publiées. Il nous fallait pour des études sur la radiation cosmique, des compteurs présentant des seuils identiques et des paliers de faibles pentes dont les caractéristiques soient relativement stables dans le temps et dans un domaine de température compris entre 10° C et 40° C.

Nous donnons ci-dessous les principes et les détails de construction qui nous ont permis d'atteindre ce but, ainsi que les valeurs numériques intéressant ces compteurs.

### I. Effets de bouts et géométrie électrostatique.

A côté de la variation du volume sensible des extrémités des compteurs, nous avons mis en évidence un effet de bout, consistant en impulsions parasites générées à proximité de l'amarre dans les circonstances précisées ci-dessous.

La jonction métallique entre l'anode du compteur et l'amarre (fig. 1) est justifiée par le fait qu'une matière isolante organique

---

\*) Les premières recherches ont été effectuées en collaboration avec M. DÉGAL-LIER, Helv. Phys. Acta. **22**, 621 (1949).

(nylon) ne résisterait pas à la température élevée nécessaire pour un bon dégazage. Elle présente cependant un inconvénient, en ce que la résistance de contact entre l'amarre et l'enveloppe de verre est en général grande par rapport à la résistance entre ce point de contact et la cathode du compteur. La différence de potentiel appliquée au compteur se concentre donc essentiellement entre l'amarre et la partie avoisinante de l'enveloppe. Le champ électrique intense

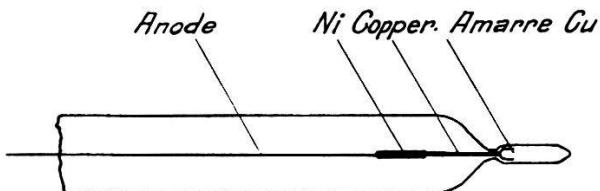


Fig. 1.  
Amarrage de l'anode.

qui résulte de cette géométrie électrostatique particulière est à l'origine de décharges parasites dont le nombre augmente avec la tension.

Ce phénomène peut être évité en appliquant la méthode proposée par D. BLANC et M. SCHÉRER en vue de mieux définir le volume sensible<sup>1)</sup> consistant à porter les extrémités extérieures des compteurs au potentiel du fil. Le même résultat est obtenu plus simplement en réduisant la résistance de contact par ramollissement, sous vide, du verre en contact avec l'amarre ou par une métallisation de la partie interne du compteur en contact avec celle-ci (fig. 2).

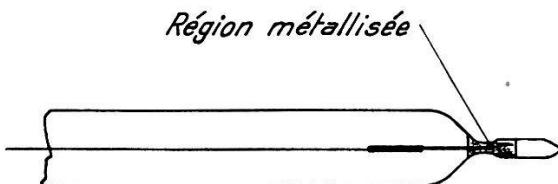


Fig. 2.  
Région métallisée.

Le ramollissement du verre au voisinage de l'amarre donne d'excellents résultats, mais entraîne fréquemment un relâchement du fil qui doit être tendu à nouveau.

Parmi les divers procédés de métallisation expérimentés, nous avons retenu l'argentage chimique, assurant le maximum de simplicité et de qualité du dépôt. L'amélioration de fonctionnement des compteurs métallisés compense largement la faible augmentation du prix de revient résultant de cette opération supplémentaire dont le détail est donné par la suite.

## II. Données constructives et mode opératoire.

### 1. Préparation des anodes.

Les anodes sont constituées d'un fil de molybdène de 0,1 mm de diamètre, relié aux deux extrémités à un fil de copperclad de 0,3 mm de diamètre, dont l'un se termine par l'amarre et l'autre sort du compteur pour assurer la liaison électrique extérieure. La jonction entre le fil de molybdène et ceux de copperclad est électrostatiquement blindée par un cylindre de nickel écrasé d'un coup de pince dans sa partie médiane.

L'extrémité des cylindres de nickel tournée vers l'intérieur du compteur est préalablement repoussée sur un tour rapide de manière à constituer une calotte sphérique, percée d'un trou juste suffisant au passage du fil.

Les anodes sont dégraissées par immersion dans le benzène ou le tétrachlorure de carbone qui doit être complètement éliminé avant d'introduire les anodes dans les enveloppes de compteurs.

### 2. Enveloppes des compteurs.

Les enveloppes doivent être de faible résistivité électrique. Le verre «Novo» des Cristalleries et Verreries de Choisy le Roy (France) déjà utilisé par MAZE est satisfaisant à ce point de vue et en raison de sa parfaite adhésion au copperclad. Le soufflage des enveloppes

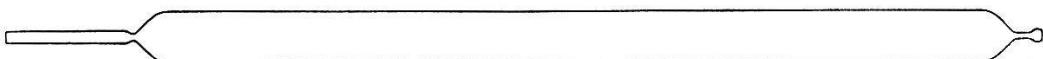


Fig. 3.  
Coque de compteur avant son montage.

est précédé d'un lavage du verre à l'eau courante pour éliminer les poussières. Les coques, qui présentent la forme indiquée par la fig. 3, sont ouvertes aux deux extrémités, l'une d'elles se terminant par un tube de quelques centimètres.

### 3. Nettoyage des enveloppes.

Ainsi que l'a indiqué MAZE, l'importance du nettoyage des enveloppes de verre neuves ne doit pas être exagérée. Nous avons construit d'excellentes séries de compteurs, en ayant rincé les en-

veloppes une seule fois à l'eau distillée. Il est prudent cependant d'utiliser un agent de nettoyage plus énergique, tel que le mélange chromique, dans lequel les compteurs séjourneront quelques heures. Cette mesure s'avère indispensable s'il s'agit d'enveloppes provenant de compteurs usagés ou encore en vue d'un argentage ultérieur.

Le nettoyage à l'acide chromique doit être suivi d'un rinçage abondant à l'eau courante, puis à l'eau distillée. Les enveloppes sont alors séchées, si possible dans une étuve, à l'abri des poussières.

#### *4. Argentage de la zone de contact avec l'amarre.*

L'argentage est précédé d'un paraffinage du tube terminal de l'enveloppe, opération destinée à délimiter l'une des frontières de la partie argentée. La solution d'argentage est alors aspirée dans les coques fixées verticalement, jusqu'à la hauteur désirée. La durée du dépôt est d'environ 10 minutes après lesquelles la solution est éliminée et les enveloppes rincées à l'eau bouillante qui entraîne la paraffine, puis à l'eau distillée. Les enveloppes argentées sont à nouveau séchées avant de recevoir les anodes.

La solution d'argentage<sup>2)</sup> est constituée par le mélange, au dernier moment, de volumes égaux des deux solutions suivantes :

- a) 10 cm<sup>3</sup> d'une solution d' $\text{AgNO}_3$  à 10%,  
30 cm<sup>3</sup> d'eau distillée,  
 $\text{NH}_4\text{OH}$  jusqu'à redissolution presque complète du précipité,  
25 cm<sup>3</sup> d'une solution de KOH à 10%,  
 $\text{NH}_4\text{OH}$  jusqu'à redissolution presque complète du précipité.  
Filtrer la solution.
- b) Solution réductrice comprenant:  
10 cm<sup>3</sup> d'une solution de glucose à 5%,  
12 cm<sup>3</sup> d'une solution de sucre de canne à 10%,  
43 cm<sup>3</sup> d'eau distillée.

#### *5. Montage de l'anode.*

Les anodes sont introduites dans les enveloppes et scellées tout en exerçant une traction qui les tend suivant l'axe de la coque. Une gorge destinée à faciliter le scellement des compteurs après remplissage est pratiquée à l'endroit convenable du tube terminal.

### 6. Dégazage.

Les enveloppes sont soudées à la rampe à vide par le tube terminal resté ouvert, vidées à une pression de  $10^{-4}$  mm de Hg, puis chauffées pour assurer le dégazage des parois. A défaut d'un four spécialement destiné à cet usage le dégazage peut être effectué par le chauffage au chalumeau de chacun des compteurs pendant 10 minutes, jusqu'à légère coloration orange de la flamme initialement bleue. Le pompage doit être maintenu durant le dégazage.

Un compteur mal dégazé est rapidement mis hors d'usage par un taux de comptage élevé à une température supérieure à 30° C.

### 7. Remplissage.

Le remplissage par introduction successive dans les compteurs de l'alcool éthylique et de l'argon est à déconseiller, la proportion des gaz variant de l'un à l'autre selon leur position sur la rampe. Il est préférable de préparer le mélange des gaz en proportion convenable (1 volume d'alcool éthylique pour 9 volumes d'argon) dans un récipient suffisamment volumineux pour permettre le remplissage des compteurs à la pression de 10 cm de Hg environ.

Nous avons utilisé avec succès l'argon technique pour soudure, d'une pureté de 99,8% et l'alcool éthylique absolu, vendu dans le commerce en ampoules scellées.

### 8. Dernières opérations.

Les compteurs remplis peuvent être scellés et du même coup détachés de la rampe. Leur surface extérieure est soigneusement nettoyée et les extrémités déséchées au chalumeau sont plongées dans

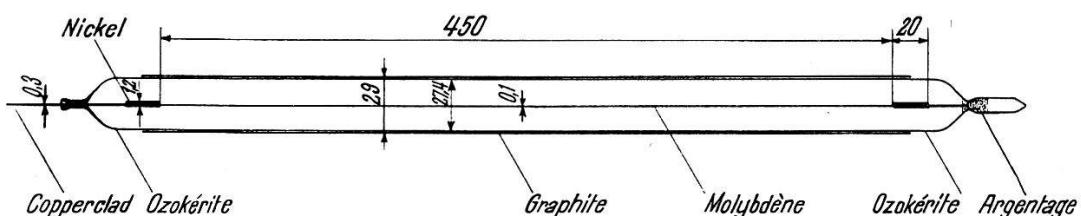


Fig. 4.

Type de compteur Maze à cathode externe.

l'ozokérite en fusion. La cathode est constituée par l'application d'une couche conductrice de graphite sous forme «d'alcool DAG». Les compteurs préparés selon ce procédé (fig. 4) sont utilisables sans délai.

### III. Caractéristiques des compteurs.

#### 1. Courbes de comptage et durée de vie.

Les mesures de palier données ci-dessous ont été faites sur 5 compteurs non sélectionnés, avec une échelle de 64 précédée d'un préamplificateur. La résistance anodique  $R$  (fig. 5) a été successivement

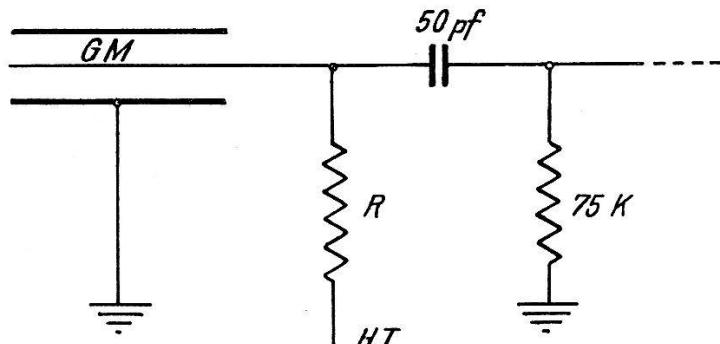


Fig. 5.

choisie de 1 M et 20 M puis remplacée par un circuit coupeur électronique (fig. 6).

Les résultats obtenus à l'effet zéro et à un taux de comptage d'environ 7000 imp/min. sont résumés dans le tableau 1.

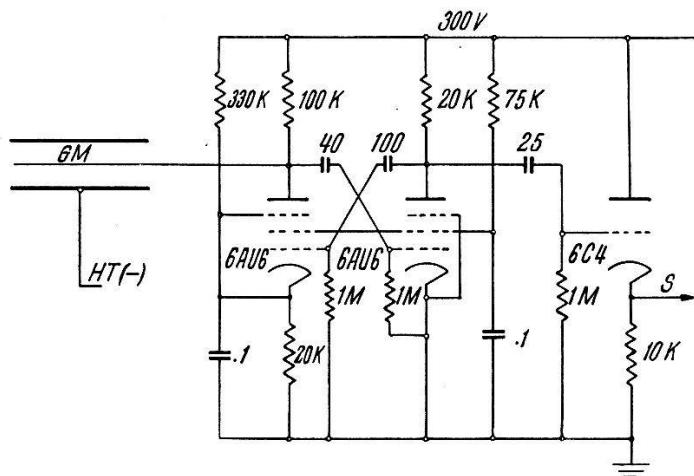


Fig. 6.

Deux causes peuvent expliquer la réduction de pente qui, pour une résistance anodique de 1 M, caractérise l'élévation du taux de comptage.

La première réside dans l'existence d'impulsions parasites dont la proportion diminue lorsque le taux de comptage augmente. La présence de ces impulsions parasites est confirmée par l'amélioration de la pente, qu'entraîne l'usage d'une résistance anodique élevée ou d'un dispositif coupeur électronique.

La seconde cause, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, est à rechercher dans la présence de la coque de verre sur le chemin des ions. Les compteurs en sont affectés aussi bien pour une résistance anodique de 1 M que de 20 M. S'il ne semble pas en être ainsi dans ce dernier cas, c'est que le temps d'inefficacité dû à l'impulsion négative du potentiel d'anode est alors plus grand que le temps mort du compteur et diminue avec la surtension, ce qui a pour conséquence d'accroître la pente lors d'un taux de comptage élevé.

Tableau 1.

Circuit	Imp/min.	Température	Pente	Longueur du palier
$R = 1 \text{ M}$	300	20° C	$3,1\% \pm 0,2$	250 V
$R = 1 \text{ M}$	7000	20° C	$2,2\% \pm 0,1$	250 V
$R = 20 \text{ M}$	300	20° C	$1,6\% \pm 0,2$	300 V
$R = 20 \text{ M}$	7000	20° C	$1,8\% \pm 0,1$	300 V
$R = 20 \text{ M}$	7000	40° C	$2 \% \pm 0,1$	300 V
$R = 20 \text{ M}$	300	55° C	$1,5\% \pm 0,2$	300 V
coupeur	300	20° C	$2,2\% \pm 0,2$	150 V
coupeur	7000	20° C	$2 \% \pm 0,1$	150 V

La longueur du palier obtenu avec le dispositif coupeur électrique est liée à l'amplitude de l'impulsion négative de coupure.

La vie des compteurs dépend dans une large mesure de la surtension de fonctionnement et du circuit d'alimentation (valeur de

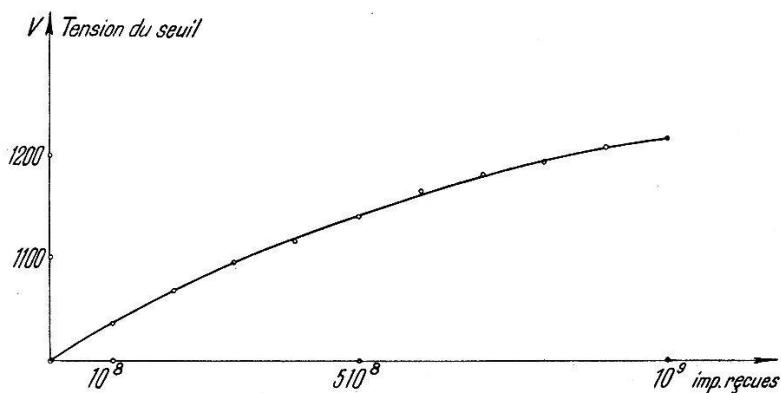


Fig. 7.  
Elévation du seuil avec l'usure du compteur.

la résistance anodique ou dispositif coupeur électrique). L'usure se manifeste par une élévation du seuil, la partie supérieure du palier n'étant que peu affectée. Il en résulte une réduction de la longueur de celui-ci. La figure 7 donne la courbe d'élévation du seuil en fonc-

tion du nombre d'impulsions reçues, pour des compteurs travaillant avec une résistance anodique de 1 M et une surtension maintenue à 100 V. Dans ces conditions le palier proprement dit disparaît après  $10^9$  impulsions environ. Le renouvellement du gaz d'un compteur usé n'entraîne pas sa régénération. Il est nécessaire pour cela de nettoyer à nouveau l'enveloppe à l'acide chromique. La même constatation a été faite par D. BLANC pour des compteurs d'un type semblable, contenant du méthane au lieu d'alcool.

## 2. Influence du taux de comptage sur la caractéristique.

Ainsi que R. MAZE<sup>3)</sup> l'indique dans le premier mémoire sur ce sujet, un compteur à parois de verre et cathode externe se différencie des autres compteurs habituels par la présence, du côté de la cathode, d'une résistance élevée due à l'enveloppe de verre. La paroi interne de la coque se charge lors du fonctionnement du compteur et il y a lieu de faire intervenir en plus de la résistance une capacité en parallèle avec celle-ci. Nous avons mesuré ces grandeurs comme l'a fait MAZE en remplissant le tube d'une solution électrolytique conductrice de l'électricité. Nos valeurs s'accordent avec celles de cet auteur. Pour un compteur de 45 cm de longueur et de 2,8 cm de diamètre :

$$\text{Capacité } C = 3500\text{--}4000 \text{ pF}$$

$$\text{Résistance transversale } R = 50 \text{ mégohms à } 20^\circ \text{ C}$$

ce qui correspond à une constante de temps de 0,2 sec. dont il peut être nécessaire de tenir compte dans l'utilisation et l'interprétation des résultats expérimentaux.

Pour un taux de comptage  $n$  de plusieurs dizaines d'impulsions : sec., on peut assimiler l'écoulement des charges au travers de l'enveloppe de verre à un courant continu  $i$ , d'où la relation suivante entre la tension  $V_a$  appliquée au compteur et la tension effective  $V_e$  existant entre la paroi interne de la coque et le fil axial :

$$V_e = V_a - Ri. \quad (\text{I})$$

Nous avons mesuré le courant de décharge en plaçant un galvanomètre entre la cathode et la terre. La modulation du courant, due aux impulsions successives, est soigneusement filtrée. La mesure précise du courant peut se faire pour un taux de comptage supérieur

à 1500 impulsions/min. Les résultats obtenus sont indiqués par la fig. 8. On voit que le courant de décharge à taux constant est appro-

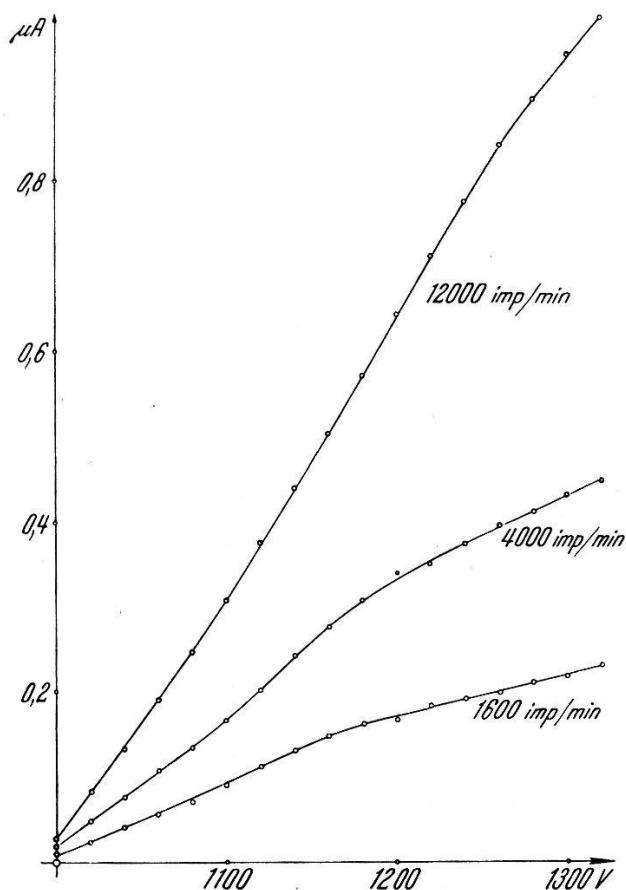


Fig. 8.  
Courant de décharge d'un compteur de 30 cm.

ximativement proportionnel à la surtension, sur la plus grande partie du palier.

$$i = u (V_a - V_0) \quad (\text{II})$$

$V_0$  = seuil de la région de GEIGER;

$u$  = coefficient de proportionnalité pour la première partie de la courbe.

On retrouve le point anguleux observé par d'autres, FENTON et FULLER<sup>4</sup>). La tension de ce point anguleux s'élève avec le taux de comptage.

de (I) et (II)

$$V_e = V_a (1 - uR) + uR V_0$$

$$V_e = A V_a + B$$

La fonction  $n(V_e)$  correspond aux indications que fournirait un compteur à cathode interne, toutes choses restant égales par ailleurs. Le paramètre «A» tend vers 1 et  $B$  vers 0 pour un taux de comptage

très faible (effet zéro) ou une faible résistance de la coque de verre (température élevée). Dans ces deux cas, le compteur se comporte du point de vue électrique comme un compteur à cathode interne. Dans les autres cas, « $A$ » est inférieur à l'unité. Il résulte de la relation d'affinité qui lie  $V_a$  et  $V_e$  que la longueur du palier augmente avec le taux de comptage tandis que la pente diminue.

Il est bien des cas pour lesquels cette déformation est sans importance et ne nécessite aucune correction. Il n'en est plus de même si la mesure doit s'effectuer à plusieurs taux de comptage très différents, comme cela se présente lors de la détermination d'une période d'un élément radioactif à décroissance rapide. La valeur de  $V_e$  varie du début à la fin de la mesure.

Les résultats ne seront valables que si le palier est assez long et de pente très faible. Dans tous les autres cas il est nécessaire de corriger les valeurs trouvées à l'aide des relations ci-dessus pour ramener chaque résultat à celui que l'on aurait obtenu pour une tension  $V_e$  constante. Cette correction bien que facile est fastidieuse et ne peut qu'agrandir la marge d'erreur.

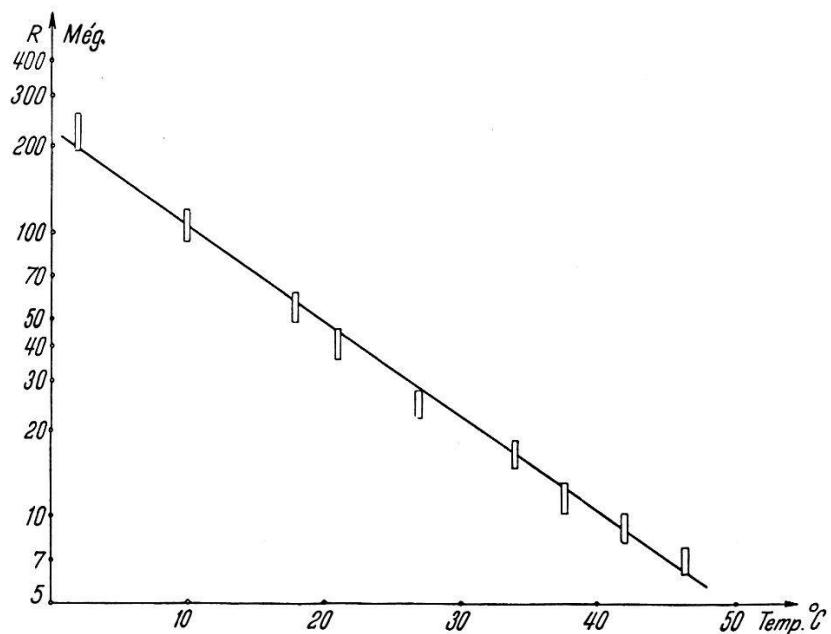


Fig. 9.  
Résistance transversale de la coque.

### 3. Effet de température.

L'influence de la température peut se décomposer en un effet systématique dû à la variation de résistance de la coque (fig. 9) qui ne se manifeste que pour un taux de comptage élevé et en un effet comprenant les autres causes possibles.

Le comportement des compteurs aux basses températures a été étudié en les plaçant dans une enceinte frigorifique dont la température est réglable à  $\pm 1^\circ$  C.

Les paliers mesurés pour l'effet zéro ne sont pas affectés jusqu'à la température minimum de 5° C, comme l'ont observé d'autres expérimentateurs. Au-dessous de cette température la détérioration du compteur n'est pas instantanée et résulte d'une photosensibilisation du compteur, probablement due à une adsorption massive des molécules d'alcool. Les compteurs détériorés par l'abaissement de la température se restaurent spontanément à la température de 20° C, mais il leur faut plusieurs jours pour retrouver leurs caractéristiques initiales, tandis qu'il suffit de quelques heures si les compteurs sont placés dans une étuve à 50° C.

Seul l'effet systématique dû à la variation de résistance électrique de l'enveloppe a été observé à chaud (tableau 1).

### **Conclusion.**

Construits ainsi que nous l'indiquons, les compteurs à cathode externe du type MAZE sont à même de répondre aux exigences qui nous sont imposées dans notre étude du rayonnement cosmique. Le rendement de fabrication est voisin de 100% et les caractéristiques sont bien définies dans un domaine thermique de 5° à 50° C pour les compteurs à argon-alcool. Les précautions prises pour définir convenablement la géométrie électrostatique, permettent d'obtenir une pente assez faible pour ne pas justifier l'usage de gaz halogènes dont l'emploi entraîne de sérieuses complications. Un dispositif coupeur électronique ou, si le temps mort n'est pas critique, une résistance anodique élevée, peuvent réduire la pente et allonger le palier. Les faibles variations de pente résultant des changements de température ou du taux de comptage, s'expliquent toutes par la résistance électrique de la coque de verre et par l'effet d'impulsions parasites secondaires.

La vie des compteurs dépend de la surtension et de leur géométrie. Les compteurs de  $45 \times 2,8$  cm, travaillant à une surtension constante de 100 V, accusent en  $3 \cdot 10^8$  impulsions, une réduction du palier de 100 V par élévation du seuil. C'est l'altération à laquelle on peut s'attendre lors de mesures sur la radiation cosmique, effectuées en permanence pendant un an à l'altitude du Jungfraujoch (3500 m).

Ce travail a été effectué grâce à l'appui financier de la Commission suisse d'études pour l'énergie atomique à laquelle nous adressons nos remerciements.

Laboratoire de Recherches Nucléaires.  
Ecole Polytechnique.  
Université de Lausanne.

#### Références.

- <sup>1)</sup> D. BLANC et M. SCHÉRER, Comptes Rendus, **228**, p. 2018 (juillet 1949).  
D. BLANC, J. Phys. Rad. **10**, 411 (1949).
- <sup>2)</sup> BOVEY et UNGER, J. Sc. Inst. **28**, 68 (1950). – J. S. STRONG et coll., Procedures in Experimental Physics, p. 152 et suiv. (1939). Prentic-Hall, New-York.
- <sup>3)</sup> R. MAZE, J. Phys. Rad. **7**, 164 (1946).
- <sup>4)</sup> A. G. FENTON et E. W. FULLER, Proc. Phys. Soc. A **62**, 32 (1949).