

La résistance électrique des supports et des sources
utilisés dans le comptage $4\pi\beta\text{-}\gamma$

par C. COLAS et A. RYTZ

Bureau International des Poids et Mesures

1. Introduction

L'efficacité de comptage d'un compteur proportionnel du type "pillbox" dépend du champ électrique au voisinage de la source. Tant que la source et son support forment une surface équipotentielle, le champ n'est pas perturbé. Cependant, la source est un dépôt de faible conductibilité sur un film isolant mince, recouvert d'une couche métallique sur un ou deux côtés. Ce film est tendu par-dessus le trou central d'une rondelle métallique qui repose, pendant le comptage, sur une partie du corps du compteur. Il est bien connu que certaines sources donnent lieu à des fluctuations du taux de comptage autres que celles expliquées par la statistique et la décroissance. On admet dans ce cas que, la résistance électrique entre la source proprement dite et le corps du compteur étant trop élevée, des charges restent trop longtemps sur la source et perturbent le champ. Comme on a intérêt à réduire le plus possible l'épaisseur du support, il importe de connaître cette épaisseur minimale et les conditions d'application pour assurer un fonctionnement sûr du compteur.

2. Dispositif expérimental

Nous avons entrepris une étude systématique de la résistance électrique entre la source et la rondelle dans des conditions pratiques. Ainsi, nous avons d'abord mesuré la résistance entre deux électrodes appuyées sur le film métallisé, en fonction de la masse surfacique de la couche conductrice. Dans une deuxième série d'expériences, la résistance entre un point au milieu du film et la rondelle fut mesurée en faisant varier la manière dont ce film était appliqué sur la rondelle. Enfin, on a déposé des "sources" (non-actives) sur des films métallisés, et mesuré la résistance entre deux points de ce dépôt.

Les sondes étaient des tiges en laiton de 4 mm de diamètre dont le bout hémisphérique était poli et doré. Une table ajustable en hauteur permettait de presser légèrement le film doré contre les deux sondes dont les axes étaient distants de 8 mm. La résistance était mesurée à l'aide d'un simple contrôleur ohmmètre (Metrix), ou d'un mégohmmètre (Brüel et Kjaër), ou encore d'un galvanomètre et d'une pile.

Nous avons remarqué qu'avec ce dispositif expérimental très simple, on peut obtenir des résultats utiles et bien reproductibles. Le nombre de films déchirés ne dépassait pas quelques pourcent. C'est pourquoi nous n'avons pas jugé nécessaire d'utiliser un appareil plus perfectionné (1). Nos résultats sont d'ailleurs en bon accord avec les expériences de Lowenthal et Smith (2).

3. Conductibilité des films métallisés

Les supports de sources utilisés dans ce groupe d'expériences étaient obtenus par le procédé habituel qui consiste à repêcher sur une rondelle d'acier inoxydable un film de VYNS d'environ $9 \mu\text{g cm}^{-2}$ étalé sur une surface d'eau. Les diamètres extérieur et intérieur des rondelles étaient de 40 et 16 mm, respectivement, l'épaisseur de 0,1 mm. Ces films étaient ensuite recouverts d'une couche d'or ou d'alliage Au-Pd (à 20% de Pd), par évaporation dans le vide. La masse surfacique de cette couche était calculée à partir de la masse de métal évaporé, en admettant une évaporation isotropique. Environ 1 000 films ont été mesurés, dont 300 plusieurs fois. Les résultats de ces mesures sont illustrés dans les figures 1 et 2. La figure 1 montre le logarithme de la résistance des films métallisés en fonction de la masse surfacique du métal. Pour chaque épaisseur, plusieurs séries d'environ 20 films chacune ont été mesurées. Après avoir calculé les moyennes \bar{R}_i des séries et leurs écarts-types σ_i , nous avons représenté ces mesures par un trait allant de $\log_{10} \min(\bar{R}_i - 2 \sigma_i)$ à $\log_{10} \max(\bar{R}_k + 2 \sigma_k)$, i et k étant les numéros des séries donnant ces résultats extrêmes. De la figure 1 nous retiendrons que pour l'or la plus forte variation intervient entre 10 et $15 \mu\text{g cm}^{-2}$ et pour Au-Pd entre 5 et $10 \mu\text{g cm}^{-2}$. Pour les films très minces, c'est l'or qui montre une résistance plus élevée, à masse surfacique égale, tandis que pour les films plus épais c'est la résistance de l'Au-Pd qui prévaut. On peut affirmer que les films d'or d'au moins $15 \mu\text{g cm}^{-2}$ sont toujours suffisamment conductibles; pour l'Au-Pd même $10 \mu\text{g cm}^{-2}$ sont suffisants. Cependant, cet alliage présente des inconvénients qui rendent cet avantage moins certain.

Quand on mesure la résistance d'un film fraîchement préparé à des intervalles de quelques jours, on peut observer une évolution lente qui dure une dizaine de jours. L'importance et le sens de cette évolution dépendent du métal et de sa masse surfacique, et d'autres paramètres comme par exemple la température du filament et la pression résiduelle lors de l'évaporation. Nos résultats, bien que cohérents pour les films d'une même série, manquent de reproductibilité et ne permettent pas de découvrir des détails plus fins. Cependant, on voit aisément dans la figure 2 que la résistance des films très minces croît avec le temps, tandis que celle des films plus épais va en diminuant. Les variations maximales semblent se produire pour les valeurs critiques de la masse surfacique indiquées plus haut.

4. Contact entre le film métallisé et la rondelle

Les détails expérimentaux et les résultats de ces mesures faites sur 225 films sont consignés dans la figure 3. A gauche sont indiquées les différentes manières de monter les films de VYNS sur la rondelle et d'appliquer la couche métallique. Il est à noter que dans E à H un film métallisé avait d'abord été préparé sur une rondelle à diamètre intérieur plus grand. Le bord intérieur des rondelles fait apparaître une bavure sur une face provenant de la fabrication. On notera que dans les cas B, C et D, où la couche métallique et le film se trouvent sur des faces opposées, la résistance est plus élevée pour l'or. Elle est très élevée aussi pour l'alliage Au-Pd quand la couche métallique se trouve sur le côté de la bavure. On aura donc avantage à ne pas utiliser B, C et D.

5. Résistance électrique des sources

Toutes les expériences décrites jusqu'ici ne concernaient que des supports. On peut prévoir que le dépôt d'une solution acide sur une couche métallique mince ne sera pas sans effet sur la résistance électrique. En outre, le dépôt séché sera en général peu conducteur et donnera lieu à des résistances considérables. Nous avons donc préparé des "sources" sans activité, mais de composition chimique identique à celle des sources de ^{60}Co habituelles. Les solutions contenaient $20\ \mu\text{g}$ de CoCl_2 par g d'acide dilué, HCl ou HNO_3 , 0,1 ou 1 mol dm^{-3} . On a également ajouté une ou deux gouttes de Ludox SM, dilué à 10^{-4} dans de l'eau distillée. Ces dépôts avaient, après séchage à l'air et à la température ambiante, une forme circulaire de 8 à 11 mm de diamètre. Les dépôts se trouvaient soit directement sur le film de VYNS, soit sur la couche métallique ($20\ \mu\text{g cm}^{-2}$ pour l'or et $15\ \mu\text{g cm}^{-2}$ pour l'alliage Au-Pd). Souvent, un deuxième film a été ajouté ("sandwich"). Quand la "source" se trouvait sur le côté métallisé, les sondes de l'ohmmètre étaient appuyées directement sur le dépôt. Avec les "sources" déposées sur le côté non métallisé les sondes étaient placées sur la couche métallique, car dans le cas contraire le film ne résistait pas à la puissance dissipée. Les différentes dispositions sont illustrées dans la figure 4 et les valeurs de résistances sont représentées graphiquement.

Vu le grand nombre de paramètres et les difficultés de maintenir des conditions reproductibles, on ne pouvait pas s'attendre à des résultats très précis. Toutefois, nous pouvons résumer ces observations comme suit:

- a) En général, les résistances rencontrées sont inférieures à $500\ \Omega$.
- b) L'alliage Au-Pd est moins attaqué par les acides que l'or.
- c) L'effet de l'acide, reconnaissable à une décoloration de la couche métallique, est plus fort, à acidité égale, avec de l'acide nitrique qu'avec de l'acide chlorhydrique. Il est évidemment d'autant plus fort que l'acide est plus concentré.
- d) Pour les sources en "sandwich", les valeurs de résistance observées sont toujours faibles.

6. Conclusions

Les expériences décrites dans les sections 3 à 5 sont loin d'être des mesures exactes de grandeurs bien définies. Cependant, on peut en tirer une série de conclusions utiles pour la préparation de sources radioactives minces destinées à être mesurées dans un compteur proportionnel du type "pillbox".

- a) Les couches métalliques de quelques dizaines de $\mu\text{g cm}^{-2}$ sur film mince isolant montrent un comportement de "couche mince". Pour que ces couches aient une conductibilité électrique suffisante, il faut que leur masse surfacique soit au moins 10 ou 15 $\mu\text{g cm}^{-2}$, pour l'alliage Au-Pd ou pour l'or, respectivement.
- b) Cette épaisseur garantit en même temps une résistance qui n'augmente pas avec le temps.
- c) La couche métallique doit être appliquée de manière à ce que le film se trouve entre le support (rondelle) et la couche conductrice. Quand on peut se permettre d'appliquer deux couches (séparées), on diminue le risque de mauvais contact avec la rondelle.
- d) La surface d'un dépôt sec obtenu par évaporation d'une goutte de solution acide est en bon contact électrique avec la rondelle quand le dépôt est sur le côté non métallisé ou quand on a un film métallisé des deux côtés. Evidemment, il faudra en même temps observer a) et c).

(Février 1971)

Références

- (1) KRUIDHOF (E.W.) and MORÉT^{*}(H.): Measurement of the electrical resistance of metal layers evaporated on non-conducting foils. J. Sci. Instr. 39, 132 (1962).
- (2) LOWENTHAL (G.C.) and SMITH (A.M.): Use of Au-20% Pd for metallizing thin source supports for 4π proportional gas flow counters. Nuclear Instr. Methods 30, 363 (1964).

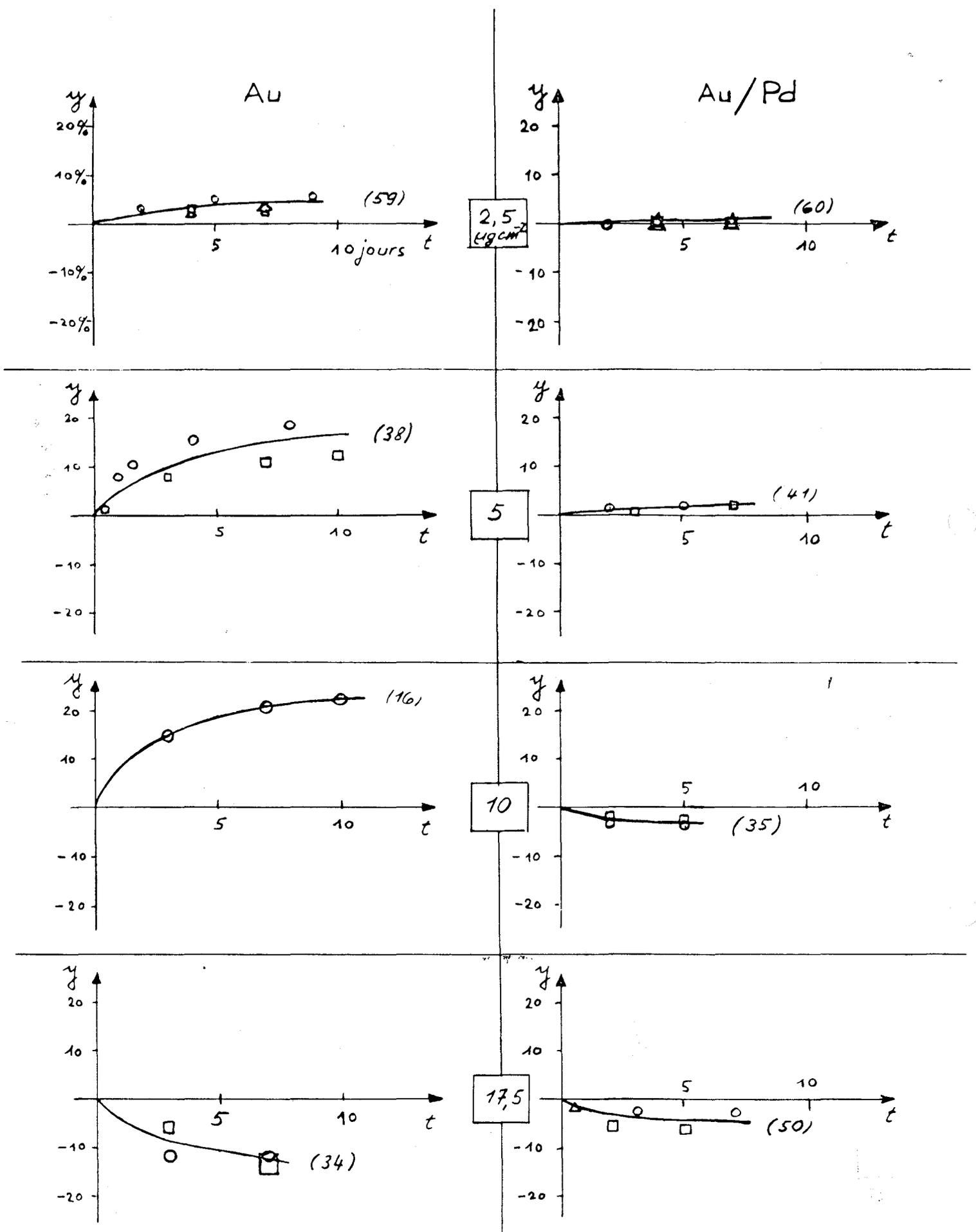


Fig. 2 - Variations des résistances en fonction du temps, pour diverses valeurs de la masse surfacique. Entre parenthèses: nombre de films.

Les signes ○, □, △, indiquent les moyennes de série avec leur incertitude.

Signification de l'ordonnée: $y = \frac{\log \bar{R}(t) - \log R_0}{\log R_0}$.

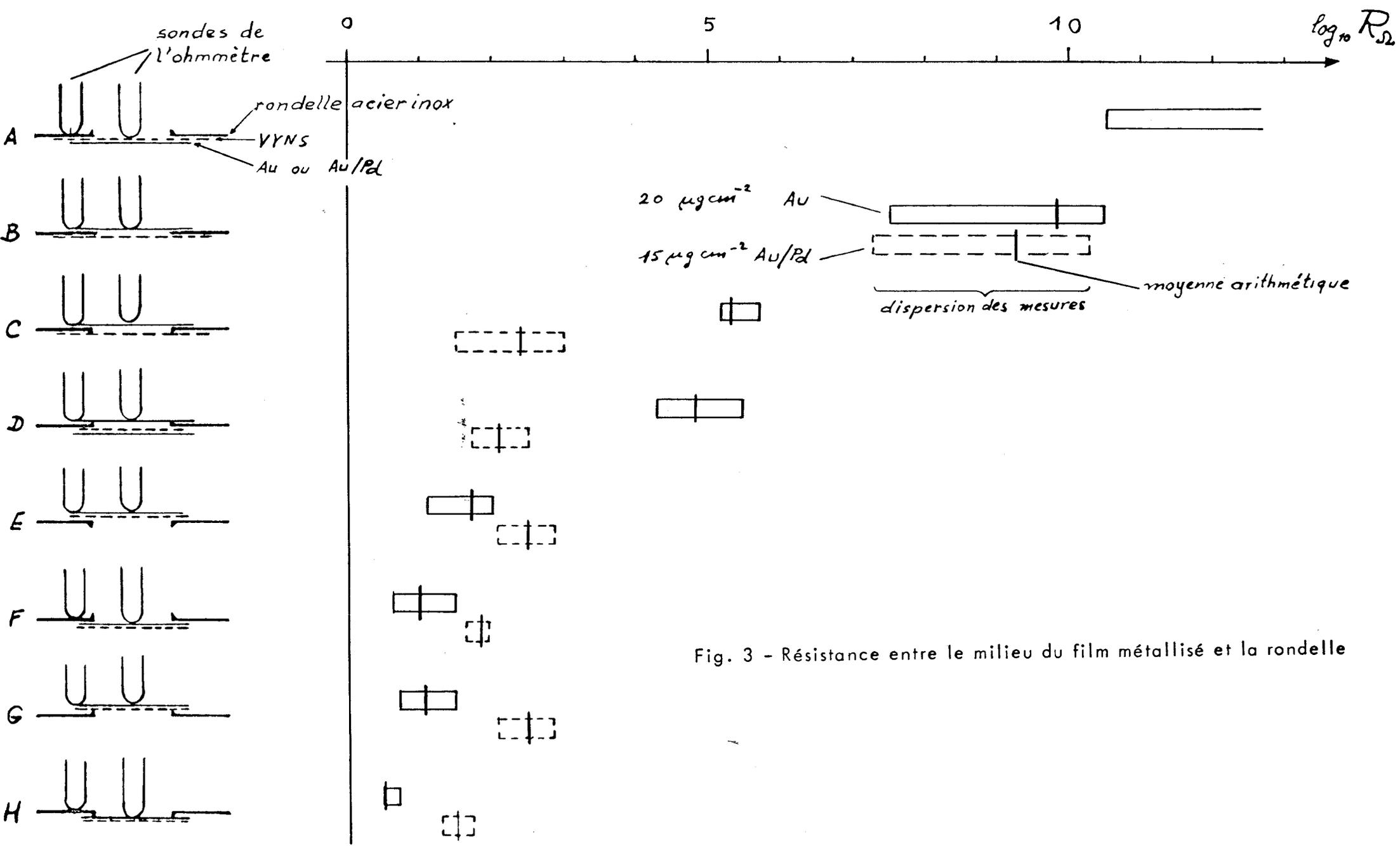


Fig. 3 - Résistance entre le milieu du film métallisé et la rondelle

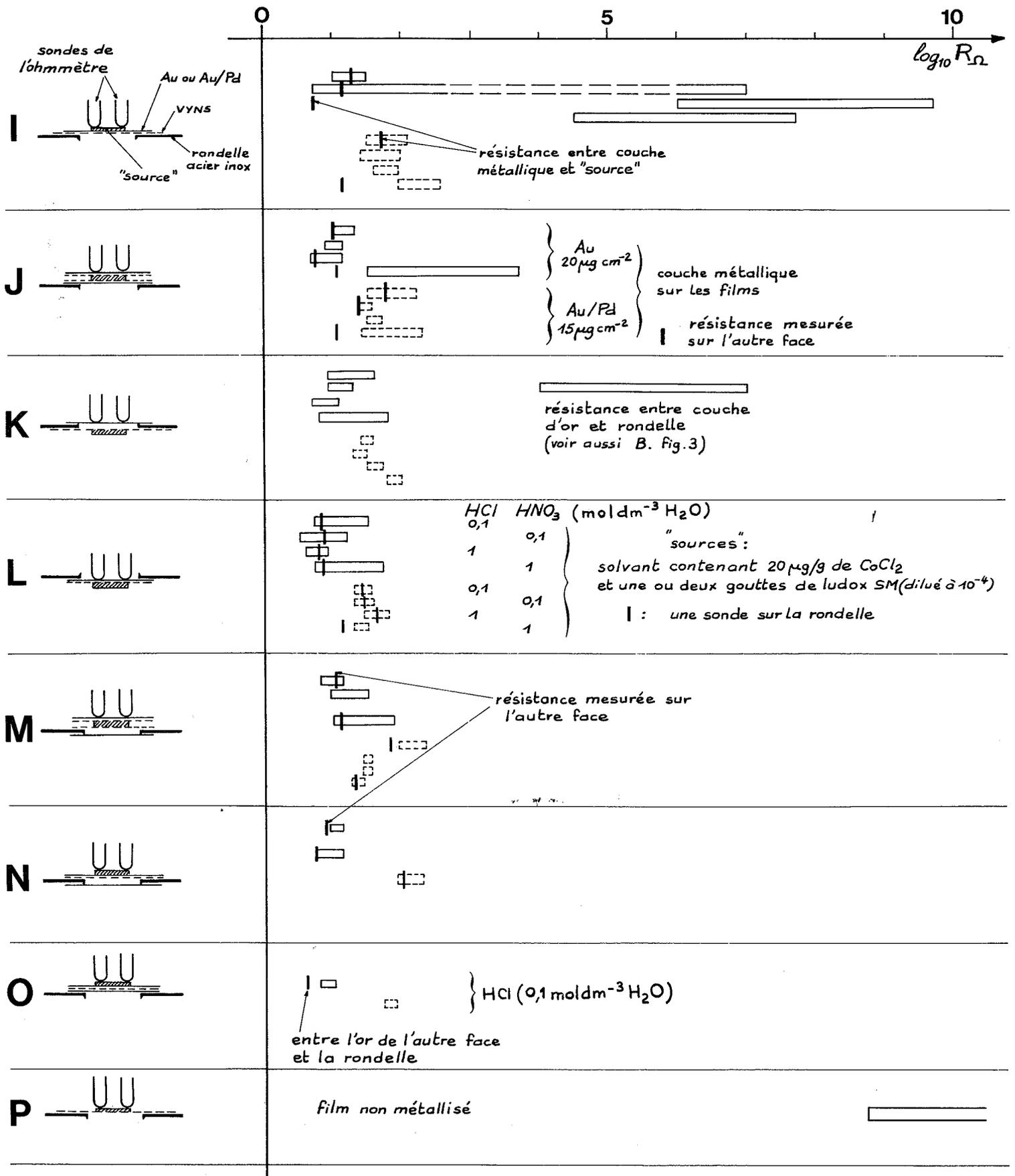


Fig. 4 Résistance mesurée sur des films métallisés supportant des "sources"