



**HAL**  
open science

# Relation entre la conductivité électrique, des lames métalliques minces et le libre parcours moyen des électrons dans le cas de l'argent et de l'or

Bui Dinh-Vuong

► **To cite this version:**

Bui Dinh-Vuong. Relation entre la conductivité électrique, des lames métalliques minces et le libre parcours moyen des électrons dans le cas de l'argent et de l'or. *Journal de Physique*, 1963, 24 (11), pp.1071-1072. 10.1051/jphys:0196300240110107100 . jpa-00205604

**HAL Id: jpa-00205604**

**<https://hal.science/jpa-00205604>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## LETTRE A LA RÉDACTION

### RELATION ENTRE LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE DES LAMES MÉTALLIQUES MINCES ET LE LIBRE PARCOURS MOYEN DES ÉLECTRONS DANS LE CAS DE L'ARGENT ET DE L'OR

Par BUI DINH-VUONG,

Laboratoire S. P. C. N. et Électrotechnique de la Faculté des Sciences de Bordeaux.

Il est bien connu que les métaux, lorsqu'ils sont en lames minces, présentent une résistivité plus élevée que celle qu'ils ont à l'état massif, et que plus une lame est mince, plus sa résistivité est grande. En effet, si l'on trace la courbe  $\rho' = f(\varepsilon)$ ,  $\rho'$  étant la résistivité et  $\varepsilon$  l'épaisseur équivalente<sup>(1)</sup> de la lame mince, on obtient une droite de faible pente négative lorsque  $\varepsilon$  est supérieure à une certaine valeur  $\varepsilon_0$  (lames continues), et, lorsque  $\varepsilon$  devient inférieure à  $\varepsilon_0$ , une droite de forte pente négative (lames lacunaires).

Fuchs [1], Chambers [2] et Sondheimer [3] ont élaboré une théorie liant la conductibilité électrique des lames minces au libre parcours moyen des électrons. Dans le cas des lames continues suffisamment minces pour que le libre parcours moyen des électrons,  $\lambda$ , soit grand devant l'épaisseur équivalente  $\varepsilon$ , Dingle [4] a montré que la fonction  $\log(\rho'/\rho - 1) = f(\log \varepsilon/\lambda)$ ,  $\rho$  étant la résistivité du métal à l'état massif, est pratiquement une droite dont la pente négative à une valeur finie.

Il est possible de réaliser des lames minces satisfaisant aux exigences de la théorie de Dingle, en déposant la couche métallique sur des supports maintenus à très basses températures [5]. Le même résultat peut être obtenu, à la température ordinaire, si la vitesse de projection est suffisamment élevée : Reynolds et Stilwell [6], utilisant des vitesses de l'ordre de 500 à 1 000 Å par seconde, ont vérifié expérimentalement la validité de la théorie de Dingle dans le cas de l'argent et du cuivre.

Nous avons montré [7], en partant des vitesses faibles et en les faisant croître, que les graphiques  $\log(\rho'/\rho - 1) = f(\log \varepsilon/\lambda)$  tendaient à prendre la même pente que celle de la droite théorique de Dingle, et se rapprochaient d'elle à mesure que la vitesse de projection augmentait.

Nous avons essayé, en utilisant des vitesses élevées, de retrouver les résultats de Reynolds et Stilwell dans le cas de l'argent, et d'appliquer la théorie de Dingle à la détermination expérimentale du libre parcours moyen des électrons de l'or.

**Réalisation des lames minces. Détails expérimentaux.** — Les supports utilisés étaient des lames de verre nettoyées d'abord par voie chimique (bain

d'acide nitrique concentré, rinçage abondant à l'eau distillée, puis à l'alcool absolu et séchage en étuve), puis par voie ionique. Une couche d'argent, très épaisse, déposée sous  $10^{-5}$  torr, constituait les électrodes. Un sillon était tracé dans cette couche, à la main ou au moyen d'un cache ; la lame mince à étudier était ensuite déposée sur ce sillon. La vaporisation était réalisée dans des creusets en tungstène ; le vide était poussé jusqu'à  $2 \times 10^{-6}$  torr. Pour mesurer  $m$ , masse par unité de surface, nous utilisons une lame témoin, pesée avant dépôt, puis après dépôt, ce dernier étant effectué en même temps que le dépôt sur la lame étudiée ; les pesées étaient effectuées à l'aide d'une balance sensible au 1/100 de mg.

Les valeurs des résistances étaient obtenues par un dispositif de mesure de faibles courants, sensible à  $10^{-12}$  ampère [8].

**Résultats.** — La figure 1 représente les résultats obtenus dans le cas de l'argent, en prenant  $\lambda = 570$  Å [9] et  $\rho = 1,62 \times 10^{-8}$  Ω-mètre [10]. A mesure que la vitesse de projection augmente les graphiques  $\log(\rho'/\rho - 1) = f(\log \varepsilon/\lambda)$  se rapprochent de la

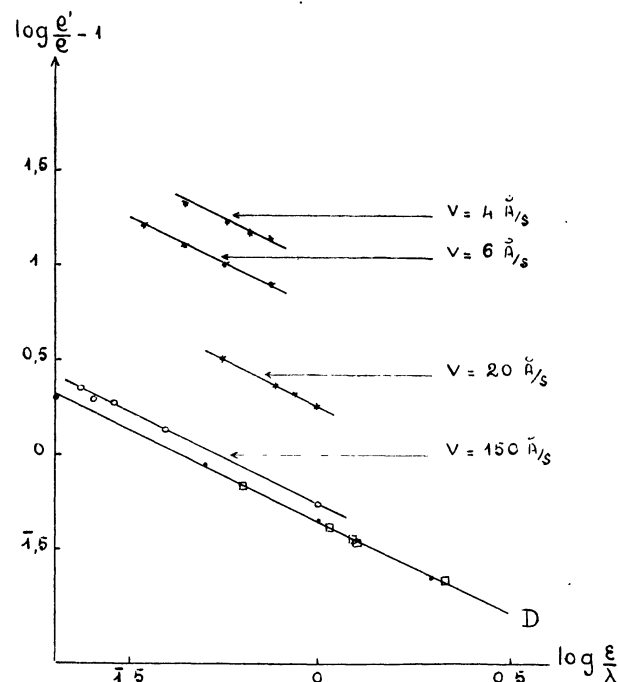


FIG. 1. — Graphiques  $\log \frac{\rho'}{\rho} - 1 = f\left(\log \frac{\varepsilon}{\lambda}\right)$ .

Lames d'argent.

● Points de la droite théorique de Dingle.

□ Points expérimentaux  $v = 600$  Å/s.

<sup>(1)</sup>  $\varepsilon = \frac{\text{masse par unité de surface}}{\text{densité du métal}} = \frac{d}{m}$ .

droite théorique de Dingle, dans le cas où la réflexion des électrons sur les plans limitant la couche est totalement élastique, et se superposent à elle, lorsque la vitesse est suffisamment élevée.

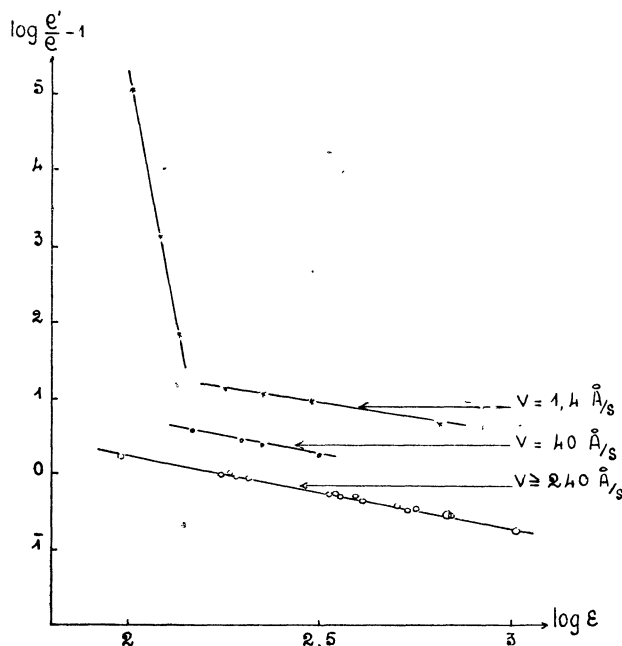


FIG. 2. — Graphiques  $\log \frac{\rho'}{\rho} - 1 = f(\log \epsilon)$ .  
Lames d'or.  $\epsilon$  en Å.

Dans le cas de l'or la figure 2, construite en prenant  $\rho = 2,4 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$  [10], montre que lorsque la vitesse de projection devient supérieure à une certaine limite, les graphiques  $\log(\rho'/\rho - 1) = f(\log \epsilon/\lambda)$  ne se rapprochent plus de l'axe des abscisses, mais se confondent en une seule droite. Alors, on peut estimer que les couches minces sont suffisamment continues pour satisfaire aux conditions de Dingle, et, ayant les valeurs expérimentales de  $\log(\rho'/\rho - 1)$ , on peut déduire de la droite théorique

$$\log(\rho'/\rho - 1) = f(\log \epsilon/\lambda),$$

toujours dans l'hypothèse d'une réflexion des électrons totalement élastique, les valeurs correspondantes de  $\log \epsilon/\lambda$ , c'est-à-dire  $\lambda$  lui-même puisque  $\epsilon$  est connu. Les valeurs de  $\lambda$  de l'or, ainsi obtenues, varient entre 390 Å et 460 Å, et concordent assez bien avec les valeurs calculées à partir de la théorie (440 Å) [9].

Lettre reçue le 28 mai 1963.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] FUCHS (K.), *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 1938, **34**, 100.
- [2] CHAMBERS (R. G.), *Proc. Roy. Soc.*, 1950, A **202**, 378 ; *Nature*, London, 1951, **165**, 239.
- [3] SONDEHEIMER (E. H.), *Adv. in Physics*, 1952, 1.
- [4] DINGLE, *Proc. Roy. Soc.*, London, 1950, **201**, 545.
- [5] ANDREW, *Proc. Phys. Soc.*, 1949, **62**, 77.
- [6] REYNOLDS et STILWELL, *Phys. Rev.*, 1952, **88**, 418.
- [7] BUI-DIN-VUONG, *Communic. Soc. Fr. Phys.*, *J. Physique Rad.*, 1962, **23**, 134.
- [8] GUIZONNIER, *Rev. Gén. Elec.*, 1953, **62**, 247.
- [9] KITTEL, *Introduction à la physique de l'état solide*, p. 237.
- [10] LANGE, *Handbook of chemistry*.