

RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE D'UN ALLIAGE Au Cu

Par M. C. ANQUETIL,

Centre d'Études Nucléaires de Saclay, France

Résumé. — Nous étudions un alliage présentant aux rayons X une structure à antiphases périodiques et déterminons la variation de la résistivité électrique en fonction de la température entre 20 et 500 °C. Les températures de transition déterminées par rayons X coïncident avec celles observées ici. L'apparition de chaque nouvelle phase se manifeste par d'importantes variations de résistivité, et par de très faibles vitesses de mise à l'équilibre.

Abstract. — An alloy presenting a periodic antiphase structure is studied, and its electrical resistivity is determined over a temperature range from 20 to 500 °C. The transition temperatures observed either from X-rays or resistivity measurements are in good agreement. At each transition temperature one notes important variations of resistivity and noticeable slowing down of the rate of reaching equilibrium.

Les alliages Au Cu se caractérisent par une miscibilité totale à haute température et, dans ce domaine de composition, par une mise en ordre aux basses températures. La mise en ordre se fait en deux stades réversibles [1], [2] : il y a d'abord apparition d'une structure à antiphases périodiques, puis transformation de l'antiphase périodique (Au Cu II) en structure ordonnée « normale » (Au Cu I). Les deux transitions sont diphasiques et on observe successivement en température décroissante un mélange Au Cu II + désordre, une phase homogène Au Cu II, un domaine à deux phases Au Cu II + Au Cu I, et enfin un domaine homogène Au Cu I.

De Au Cu II on ne connaît que la structure,

encore qu'imparfaitement. En particulier il ne semble pas que les propriétés physiques des deux phases I et II aient été comparées. Nous avons essayé de préciser la cinétique de la transformation I-II en utilisant une des propriétés les plus sensibles à la structure atomique, la résistivité électrique.

L'échantillon est un fil de 5/10 mm fourni par les T. L. H. Sa composition, déterminée aux rayons X, est 52 at. % Au.

Le montage utilisé pour la mesure des résistances a été décrit ailleurs [3]. Les températures sont connues à mieux que ± 1 °C, ce qui permet la détermination de ρ à 1,5 % près.

Pour éviter tout effet de diffusion (les mesures

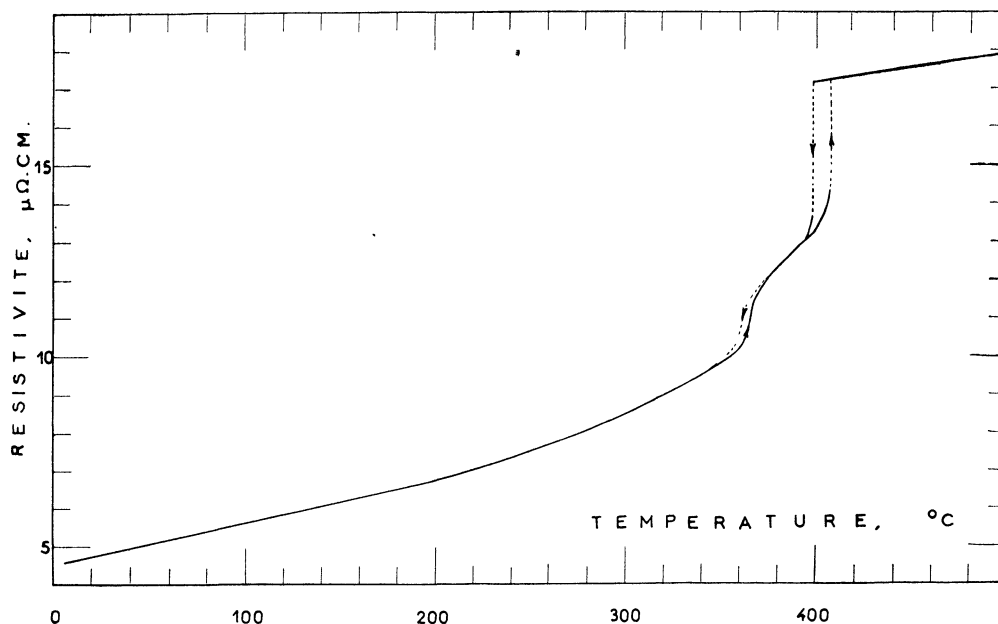


FIG. 1. — Variation de la résistivité en fonction de la température.

se prolongeant sur plusieurs mois) les prises de potentiel sont faites de fil de même composition que l'échantillon et soudées électriquement sur celui-ci. Les mesures sont effectuées sous argon à pression réduite.

La figure 1 donne les variations de la résistivité

électrique en fonction de la température. La courbe a été décrite en températures croissantes et décroissantes, par paliers isothermes jusqu'à l'obtention d'une valeur stable sur chacun d'eux. La figure 2 représente les résistivités ramenées à 0 °C, après élimination du coefficient de température.

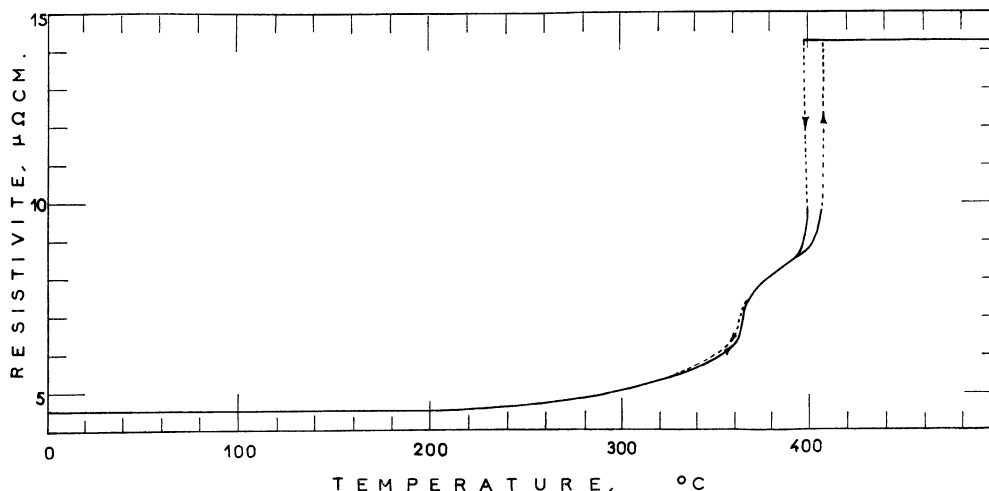


FIG. 2. — Variation de la résistivité, ramenée à 0 °C, en fonction de la température.

La forme de ces courbes rappelle les résultats publiés par Sidorov en 1941 [4] et Nyström en 1951 [5].

Il existe trois domaines de températures où l'on peut estimer que l'équilibre thermodynamique a été atteint. Par contre de 408 à 398 °C, et de 370° à 350 °C la résistivité en températures décroissantes présente une nette hystérésis. La comparaison avec les résultats aux rayons X (Jéhanno, à paraître), montre que la réversibilité n'est atteinte que dans les domaines monophasiques, où probablement n'interviennent que le coefficient de résistivité et la variation d'ordre à grande distance.

La figure 3 présente la variation du temps de relaxation en fonction de la température. On définit comme temps de relaxation la durée du recuit isotherme nécessaire pour obtenir une variation de $(\rho_t - \rho_\infty)/(\rho_0 - \rho_\infty) = 1/3$.

Le temps de relaxation présente un maximum à chaque point de transition ; il augmente à nouveau aux basses températures, ce qui reflète simplement le ralentissement des phénomènes de diffusion thermique. Ceci est comparable aux observations faites sur Au Cu₃ [3]. Entre la montée et la descente, les deux courbes sont qualitativement comparables, mais la mise en ordre s'effectue en un temps plus long que la mise en désordre ; de plus elle peut être précédée d'un « temps d'incubation » pouvant aller jusqu'à 60 heures, effet que l'on ne remarque pas dans l'autre sens. Ce temps d'incubation, d'autant plus long que la température est plus élevée, peut masquer la température réelle de transition à la mise en ordre : l'hystérésis cons-

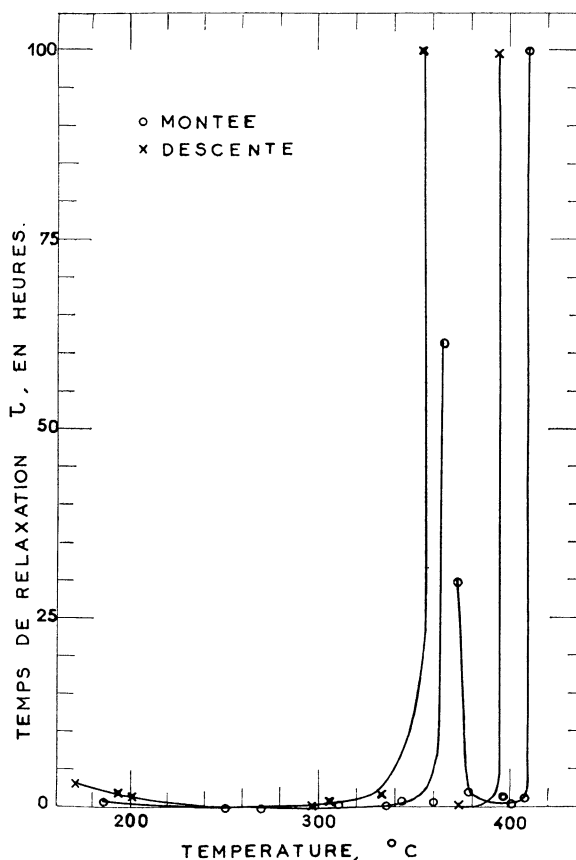


FIG. 3. — Variation des temps de relaxation en fonction de la température.

tatée aux deux changements de phase pourrait être liée à ce phénomène. La courbe d'équilibre se situe probablement, pour les deux domaines à deux phases, entre les deux déterminations, plutôt plus près de celle obtenue par températures croissantes.

Les cinétiques isothermes ne relèvent pas d'une loi simple, comme on pouvait l'espérer. En dehors de celle à 395°, qui, après un « temps d'incubation » de 60 heures, prend une forme exponentielle (fig. 4), on observe généralement une variation quasi-linéaire de la résistance, suivie d'une saturation brutale en un temps très bref.

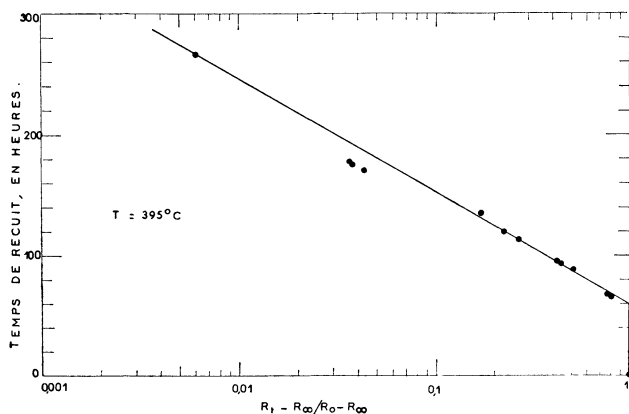


FIG. 4. — Variation relative de la résistance en fonction du temps de recuit isotherme.

Toutefois, si l'on considère la transition isotherme Au Cu I-Au Cu II, il n'en reste pas moins qu'elle est marquée par une variation très importante de résistivité. On serait tenté de l'attribuer : 1) soit à une discontinuité du degré d'ordre entre la structure antiphases périodiques et la structure ordonnée ; 2) soit à des irrégularités dans les structures d'antiphases périodiques, dont on sait

que la période n'est jamais un nombre entier de mailles cristallographiques.

Il ne faut pas oublier qu'au cours de cette transition les compositions des deux phases en présence évoluent constamment du fait de la non stoechiométrie. On pourrait, à partir de cette courbe (supposée d'équilibre), déterminer le diagramme d'équilibre, si on connaissait l'évolution de la résistivité des antiphases pures en fonction de leur composition.

Si la notion d'ordre à grande distance garde un sens pour une structure à antiphases périodiques, et si l'on suppose que la variation relative de la résistivité est encore proportionnelle à $-S^2$, on constate que l'antiphase périodique correspondrait à une valeur de S comprise entre 0,7 et 0,8.

Conclusion. — La variation de la résistivité électrique en fonction de la température accuse nettement la présence d'antiphases. Les températures de transition trouvées pour la composition étudiée coïncident avec celles de Jéhanno déterminées par rayons X.

Dans les domaines monophasiques l'équilibre thermodynamique est facilement atteint. Par contre le passage des frontières du diagramme d'état se caractérise par une augmentation considérable des temps de mise à l'équilibre.

A ces températures de transition, situées aux environs de 308 °C et 364 °C, la résistivité présente une importante variation : elle passe de 17,2 à 14 $\mu\Omega$ cm pour la première température et de 11,5 à 10 pour la deuxième, ce qui correspondrait à une variation de 0,7 et de 0,1 du paramètre d'ordre.

Remerciement. — Je remercie M. Péro, qui a eu l'idée de cette étude, pour ses judicieuses remarques concernant l'interprétation des phénomènes.

Manuscrit reçu le 26 juillet 1962.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] JOHANSSON et LINDE, *Ann. Fysik*, 1936, **5**, 1.
 [2] PIANELLI, Thèse Paris, 1960.
 [3] ANQUETIL (M. C.), *J. Physique Rad.*, 1962, **23**, 113.

- [4] SIDOROV, *Z. techn. Fiz.*, 1941, **11**, 711.
 [5] NYSTROM, *Arkiv Fysik*, 1951, **2**, 151.