

présentée à

L' E.N.S.M.A.

pour obtenir

LE GRADE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE

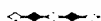
DE POITIERS

(Diplôme National, arrêté du 5 juillet 1984)

SPECIALITE : SCIENCES DES MATERIAUX

par

Ismaïl SAISSI



ETUDE PAR FROTTEMENT INTERIEUR DE L'ORDRE AUTO-INDUIT

DANS LES ALLIAGES Au-Ni



~ Jury ~

M J. de FOUQUET,	Professeur à l'Université de Poitiers	Président
MM.W. BENOIT,	Professeur à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse	
J.C. DESOYER,	Professeur à l'Université de Poitiers	Examineurs
M. HALBWACKS,	Professeur à l'Université de Chambéry	
J. HILLAIRET,	Ingénieur au Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble	
A. RIVIERE,	Maître de Conférences à l'Université de Poitiers	
J. WOIRGARD,	Directeur de Recherches au CNRS, ENSMA	

Les études portant sur les effets anélastiques associés à la présence des défauts ponctuels dans les alliages métalliques fait l'objet d'un nombre croissant de travaux, notamment en ce qui concerne la relaxation de Zener. Les progrès accomplis dans les techniques expérimentales et l'analyse des résultats ont permis dans de nombreux cas, d'élucider les mécanismes élémentaires intrinsèques et de préciser les interactions des défauts ponctuels avec d'autres types de défauts, dislocations par exemple.

La relaxation de Zener constitue en particulier un outil privilégié pour l'étude de l'établissement de l'ordre, à courte ou grande distance, dans les alliages et pour l'étude de la mobilité atomique, à basse température. D'autre part, le formalisme établi pour l'interprétation des résultats concernant la mise en ordre directionnel sous contrainte, a pu être appliqué avec succès aux mesures résistométriques.

Les mesures de frottement intérieur anisothermes classiques se sont cependant révélées peu adaptées à ce type d'étude car le degré d'ordre des alliages est sensible à divers paramètres : état microstructural initial, sursaturation éventuelle en lacunes etc..., susceptibles d'évoluer en cours d'essai.

C'est la raison pour laquelle nous avons utilisé dans cette étude la méthode de mesure isotherme au frottement intérieur, mise au point au Laboratoire, qui permet de mieux contrôler l'évolution de ces divers paramètres et, compte tenu des très basses fréquences utilisables, d'étendre l'étude de la relaxation au voisinage des températures de transition où la mobilité atomique est faible.

Le travail porte sur l'étude de l'ordre directionnel dans l'alliage concentré Au-Ni qui présente une mobilité atomique élevée aux températures moyennes et un effet Zener très important. Deux teneurs : Au - 30 % at.Ni et Au-40 % at.Ni ont été utilisées.

Dans l'alliage le moins concentré la confrontation de nos résultats de frottement intérieur et de ceux obtenus par diffusion de traceurs indique que le processus de mise en ordre s'effectue par autodiffusion lacunaire du Nickel et réorientation de dipôles Ni-Ni. L'intensité de relaxation très élevée (~ 1) suit une loi de type Curie-Weiss avec une température critique

estimée à 459 K. Cette température critique apparaît insensible à l'état structural de l'échantillon contrairement à l'intensité de relaxation qui n'atteint la valeur limite qu'après des recuits prolongés (au moins 10 j) à haute température (> 1000 K). Les fréquences d'attaque sont également sensibles à l'état structural et à la vitesse de refroidissement (trempe énergétique ou refroidissement de 3 K/mn).

Une déformation spontanée au voisinage de la température critique, déjà rapportée dans cet alliage /1/, a également été mise en évidence, déformation traduisant les fortes interactions s'exerçant entre atomes de Nickel.

Sur la teneur plus élevée (40 % at.Ni) on observe une chute importante de l'amortissement associée à une baisse de la température critique (435 K) par rapport à la teneur plus faible.

Pour interpréter ces résultats on est amené à supposer l'existence de microdomaines ordonnés, dans lesquels les dipôles Ni-Ni tendent à s'orienter parallèlement, analogues aux domaines de Weiss dans les matériaux ferromagnétiques, ce qui a conduit à qualifier de "ferro-élastique" la chute de l'amortissement à teneur élevée en Nickel peut s'expliquer par une croissance de ces domaines et l'apparition d'un ordre à grande distance.

La position de pic de Zener étant sensible à la concentration en lacunes, il nous a été possible de suivre la cinétique d'élimination des lacunes excédentaires obtenues après trempe ou refroidissement rapide. Aux températures élevées cette cinétique est du premier ordre, mais elle présente deux stades au voisinage de la température critique. Les densités de puits déduites de ces cinétiques sont comparables à celles obtenues par résistivité sur le même alliage.

Nous avons tenté d'appliquer la théorie de Landau (relative aux transitions de second ordre) à l'étude de la transition au voisinage de la température critique. Cette théorie permet de rendre compte qualitativement de certains résultats mais les difficultés expérimentales rencontrées au voisinage de la température critique, interdisent toute approche quantitative.

/1/ - M. Hallowacks. Communication privée.

UNIVERSITE DE POITIERS

Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique

Rue Guillaume VII 86034 POITIERS CEDEX

Tél. (49) 88.32.17

ATTESTATION

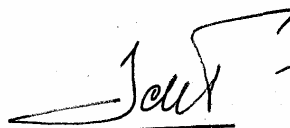
sur l'activité de M. Ismaïl SAISSI
Etudiant de Doctorat au Laboratoire
de Mécanique et de Physique des Matériaux de
l'ENSMA de 1982 à 1986.

Inscrit en D.E.A. en octobre 1981-82 M. SAISSI est entré au laboratoire en Mars 1982 afin d'y effectuer son stage de D.E.A.. Il a obtenu le Diplôme d'Etudes Approfondies de Sciences des Matériaux le 6 Octobre 1982 avec la mention "Bien".

De 1982 à 1986 il a effectué des travaux de recherche fondamentaux sur les effets d'ordre induit dans les alliages Au-Ni. Ces travaux l'ont conduit à sa thèse de Doctorat soutenue le 21 Novembre 1986. Le grade de Docteur de l'Université lui a été décerné avec la mention "Très honorable", et les félicitations du Jury pour la qualité de son travail. Au cours de ces quatre années, M. SAISSI a réalisé des expériences très délicates de Physique des Solides, appris à maîtriser de nombreuses techniques ; sur le plan théorique il a su faire une analyse approfondie des résultats qu'il a obtenus. Il a aussi fait preuve de capacités pédagogiques incontestables, tant au niveau des compétences que sur le plan de l'expression.

M. SAISSI me paraît pleinement apte à assurer des fonctions d'enseignant au niveau de l'enseignement supérieur.

Fait à POITIERS, le 5 Décembre 1986



J. de FOUQUET
Professeur de Physique des Matériaux
Directeur de l'ENSMA
Directeur du Laboratoire - UA 863

UNIVERSITE DE POITIERS

Poitiers le 23 avril 1986

**Ecole Nationale Supérieure
de Mécanique et d'Aérotechnique
E.N.S.M.A.**

Rue Guillaume VII. 86034 POITIERS CEDEX

*Laboratoire de Mécanique et de Physique
des Matériaux - U.A. au C.N.R.S. n° 863
Tél. : 49.88.32.17.*

J. WOIRGARD
Directeur de Recherche au CNRS

Monsieur SAISSI Ismaïl a séjourné dans notre laboratoire de 1982 à 1986 afin de préparer sa thèse de Doctorat portant sur l'Etude par Frottement Intérieur Isotherme de l'Ordre Directionnel dans des Alliages d'Or et de Nickel. Monsieur SAISSI, qui possède de solides connaissances en physique de base, a fait preuve de réelles qualités de chercheur, parvenant à mener à bien une étude difficile tout en assurant un enseignement à temps partiel dans des établissements de la région.

Au cours de son travail de recherche, Monsieur SAISSI dont le dynamisme mérite d'être souligné, a eu l'occasion d'acquérir une expérience en micro-informatique, micro-électronique et techniques d'acquisition et de traitement de signal. Il s'est également initié à un certain nombre de techniques de recherche comme le frottement intérieur, la microscopie électronique et l'utilisation des rayons X.

Je souhaiterais vivement que Monsieur SAISSI Ismaïl puisse dans le cadre de ses fonctions au Maroc, poursuivre ses travaux de recherche en collaboration avec notre laboratoire.

E.N.S.M.A.
Laboratoire de Mécanique et
de Physique des Matériaux
20, rue Guillaume-VII
F-86034 POITIERS CEDEX
Tél. : (49) 88.32.17

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

CENTRE D'ÉTUDES NUCLÉAIRES DE GRENOBLE

AVENUE DES MARTYRS - 38 - GRENOBLE

ADRESSER LA CORRESPONDANCE :
85 X
38041 GRENOBLE CEDEX
TÉLEX : ENERGAT GRENO N° 320.325

TÉL 76.88.44.00

J. HILLAIRET
C. E. A. - C. E. N. - GRENOBLE
D. R. F. - G / Service de Physique
Groupe Métallurgie Physique
85 X
38041 GRENOBLE CEDEX France

REFFÉRENCE À RAFFÉLER :
G/

VOTRE RÉF.

VOTRE LETTRE DU

GRENOBLE, LE

Mon cher Weirgard,

Tu trouveras ci-joint mon billet SNCF utilisé
pour aller à Poitiers - Pourras-tu le transmettre
au Secrétariat (qui a déjà mon ordre de mission
sans frais et si imprimé dûment rempli réclame
pour le service de comptabilité).

J'ai pris beaucoup d'intérêt au travail
de Salsari. Je trouve remarquable de qualité et
de précision toute la partie ordre orientational
rituelle loin de la transition ferroélastique. Sur
le domaine prétransitionnel, je vois qu'il faut aller
plus avant en contrôlant bien les aspects sur-
saturations de défaut - Nos axes essayer de
faire du traçage au voisinage de T_c , après une
étude préalable plus poussée (en proximité) des
cinétiques d'évolution structurale. J'ai vu M.
Hallwachs et nous sommes convenus également
de pousser notre unionité en direction de cet
état ferroordonné - en réalisant une approche
par microscopie électronique

Très cordialement
Hillairt