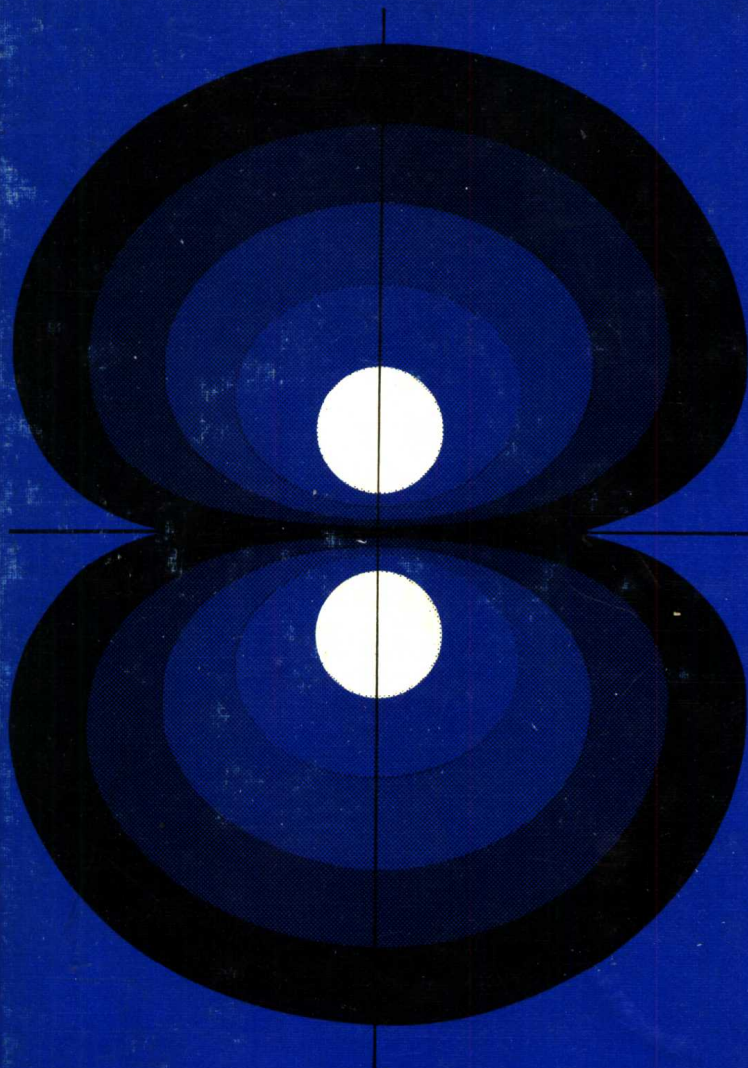


studies in physical and theoretical chemistry



32

**PHYSICAL CHEMISTRY OF THE
SOLID STATE: APPLICATIONS TO METALS
AND THEIR COMPOUNDS**

**Proceedings of the 37th International Meeting of the
Société de Chimie Physique, Paris, 19-23 September 1983**

**Edited by
P. Lacombe**

elsevier

056439



4990056439

studies in physical and theoretical chemistry 32

PHYSICAL CHEMISTRY OF THE SOLID STATE: APPLICATIONS TO METALS AND THEIR COMPOUNDS

Proceedings of the 37th International Meeting of the
Société de Chimie Physique,

jointly organised with

the Société chimique de France,
the Société française de Métallurgie,
and the Société française de Physique,

Paris, 19–23 September 1983

Edited by

P. LACOMBE

*Métallurgie physique, Université Paris-Sud,
91405 Orsay, France*

R. COLLONGUES

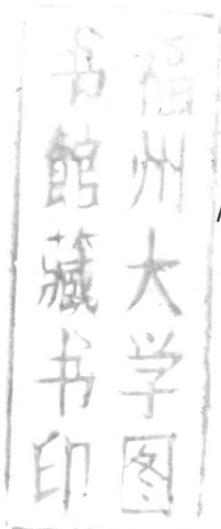
J. HANUS

J.C. JOUD

G. MAURIN

J. OUDAR

C. TROYANOWSKY



ELSEVIER

Amsterdam — Oxford — New York — Tokyo 1984

ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V.
1 Molenwerf
P.O. Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands

Distributors for the United States and Canada:

ELSEVIER SCIENCE PUBLISHING COMPANY INC.
52, Vanderbilt Avenue
New York, N.Y. 10017

Library of Congress Cataloging in Publication Data

Société de chimie physique. International Meeting (37th :
1983 : Paris, France)
Physical chemistry of the solid state.

(Studies in physical and theoretical chemistry ; 32)
English and French.
Includes index.

1. Solid state chemistry—Congresses. I. Lacombe, P.,
1911- . II. Société chimique de France. III. Société
française de métallurgie. IV. Société française de phy-
sique. V. Title. VI. Series: Studies in physical and
theoretical chemistry ; v. 32.
QD473.S6 1983 541'.421 84-8129
ISBN 0-444-42370-2 (U.S.)

ISBN 0-444-42370-2 (Vol. 32)
ISBN 0-444-41699-4 (Series)

© Elsevier Science Publishers B.V., 1984

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher, Elsevier Science Publishers B.V., P.O. Box 330, 1000 AH Amsterdam, The Netherlands

Printed in The Netherlands

FOREWORD

"Since I experienced coalitions I have much less admiration for Napoléon" Clémenceau is reported to have said during the First World War.

Physical Chemistry must have appeasing or unifying virtues as our Society has been involved in a large number of jointly organized conferences without ever experiencing any serious problem.

For our 37th International Meeting, "Physical Chemistry of the Solid State: Applications to Metals and their Compounds" we associated with the Société chimique de France, our partner in creating the very young Société française de Chimie, and also with the Société française de Métallurgie and the Société française de Physique. The choice of the theme naturally led us to such an association: depending on the way one looks at a metallic solid, or an oxide, sulphide, etc., one is a physicist, physical chemist, metallurgist, materials scientist, etc. This is another way of stating that we were dealing with one of those borderline domains where the distinction between different fields of science is meaningless, considering the variety of knowledge and techniques necessary for a reasonable command of the subject.

Specialists of powdered or bulk solids, of metals and alloys, of solid surfaces, of materials, therefore had a very good opportunity to meet and compare their experience and problems, to look for a common language, and sometimes find it. Applications-oriented metallurgists, and workers in the field of catalysis, had the opportunity to appreciate - perhaps discover - the impressive advances of theoretical physics which, starting from simple assumptions, is now able to account for adsorption phenomena, surface or catalytic properties of transition metals, etc.

The macroscopic properties of solids are now much better related to structures and phenomena at the atomic or molecular level; the abundant research on grain boundaries and segregation exploit all the resources of theory as well as of instrumentation, and daily bring a rich crop of new results relevant to metallurgy, to solid-state reactivity, to the control of properties of composites, etc. In short we found ourselves at the desired crossroads where the cross-fertilization, so often mentioned but so seldom achieved, was strikingly apparent between different but connected fields.

The four societies involved in setting up the programme took part in the work of the Committee, chaired by P. Lacombe with a youthful zeal, a variety of interests and a richness of knowledge which retirement has certainly not diminished. With him R. Collongues, J. Hanus, J.C. Joud, G. Maurin and J. Oudar have organized a meeting which, in all its aspects, proved fruitful. The four societies are grateful to them for the excellent and efficient work they did. But, as is normal, their gratitude is primarily due to those, from many countries, both from the industrial and academic world, who brought their latest results, their views on the latest developments, and their interests to lively discussions. For the Société de Chimie physique, this international conference of 1983 has been an opportunity to meet once more with many of the friendly colleagues who had enriched our meetings of recent years on metal clusters, solid surfaces and interfaces, adhesion, friction and lubrication. Our thanks go to all those who have thus contributed to these proceedings, which provide a synthesis and assessment of the latest development in this field. We hope the contents of these proceedings will be useful to many.

Clément Troyanowsky
Honorary secretary

AVANT-PROPOS

"Depuis que j'ai l'expérience des coalitions, j'admire moins Napoléon". Ainsi, paraît-il, s'exprimait Clémenceau durant la guerre de 1914-1918.

La chimie physique doit avoir des vertus apaisantes, ou unificatrices, car notre Société a pratiqué de nombreuses opérations conjointes, avec des groupements français ou étrangers, sans jamais rencontrer de problèmes.

Pour notre 37^e réunion internationale nos alliances ont été françaises : la Société Chimique de France, avec laquelle nous étions en train de constituer la nouvelle Société Française de Chimie, et aussi la Société Française de Métallurgie et la Société Française de Physique. Le thème retenu conduisait naturellement à cette association : selon la manière dont on regarde les solides métalliques, ou ceux qui peuvent conduire à des métaux, on est chimiste, physicien, métallurgiste, etc.... En fait on se trouve dans un de ces domaines frontières où distinguer entre les diverses disciplines n'a guère de sens, étant donné la diversité des connaissances et des techniques nécessaires à une maîtrise raisonnable du sujet.

Les spécialistes des solides divisés comme ceux des métaux, des surfaces comme des matériaux, ont eu ainsi une très bonne occasion de se rencontrer, de confronter leurs expériences et leurs problèmes, et de rechercher un langage commun. Les métallurgistes tournés vers les applications, tout comme les spécialistes de la catalyse, ont pu apprécier (parfois peut-être découvrir) les remarquables progrès de la physique théorique qui, à partir d'hypothèses simples, est aujourd'hui capable de bien rendre compte de phénomènes d'adsorption, de propriétés superficielles ou catalytiques des métaux de transition, etc... Les propriétés macroscopiques des solides sont de mieux en mieux reliées aux structures et aux phénomènes qui se manifestent aux niveaux atomique ou moléculaire. Les multiples travaux poursuivis sur les joints de grains et la ségrégation mettent en oeuvre toutes les ressources de l'instrumentation comme de la théorie, et ils fournissent quotidiennement une abondante moisson de connaissances nouvelles, touchant à la métallurgie comme à la réactivité des solides, comme au contrôle des propriétés de matériaux composites, comme.... bref nous nous sommes trouvés, comme nous l'avions souhaité, à un point de rencontre où était bien visible cette fertilisation croisée de divers domaines, dont on parle si souvent et que l'on réalise si rarement.

Les quatre sociétés associées pour construire ce bilan fructueux étaient représentées dans le Comité d'organisation, que P. Lacombe présidait avec une ardeur, une diversité d'intérêts et une richesse de connaissances que la retraite n'a en rien entamées. Avec lui R. Collongues, J. Hanus, J.C. Joud, G. Maurin, J. Oudar ont mis sur pied une rencontre qui, dans tous les domaines abordés, s'est révélée profitable. Les sociétés organisatrices leur sont reconnaissantes du bon travail qu'ils ont fait. Mais comme il est normal leur gratitude va encore plus à tous ceux, de tous pays, industriels et universitaires, qui ont apporté leurs plus récents résultats, leurs jugements d'ensemble sur les développements en cours, et leur ardeur à animer des discussions très vivantes. Cette réunion internationale de 1983 a été, pour la Société de Chimie physique, l'occasion de revoir en une intéressante synthèse beaucoup des collègues amicaux qui avaient enrichi nos réunions de ces dernières années sur les agrégats métalliques, sur les surfaces et interfaces solides, sur l'adhésion et la lubrification. Merci à tous ceux qui ont, ainsi, contribué à construire le présent livre dont le contenu sera, nous le pensons, utile à beaucoup.

Clément Troyanowsky
Secrétaire général

ACKNOWLEDGMENTS

The 37th International meeting of the Société de Chimie physique has received financial support from the following organizations and firm :

- Commissariat à l'énergie atomique (DMECN et DPC)
- Direction des recherches, études et techniques
- European Research Office, U.S. Army
- Office of Naval Research, London Branch Office, US Navy
- Kodak-Pathé

This support is gratefully acknowledged

List of participants

- ARMSTRONG R.W. - Office of U.S. Naval Research, 223, Old Marylebone Road
London NW1 5TH
- ATKINSON A. - Materials Development Division, AERE HARWELL, Building 552
DIDCOT, OXON OX11 0ra
- BAILLIN X. - CENG/ DMG/SRM/LECM, 85 X -38041 Grenoble Cedex
- BARAKAT Y. - Lab. de recherche sur l'Etude et la Prévention des défail-
lances d'origine mécanique et physico-chimique, U.T.C.
60.206 Compiègne
- BARRET P. - Lab. de recherche sur la réactivité, B.P. 136 - 21004 Dijon
- BEAUNIER L. - Physique des liquides et électrochimie, Univ. Paris VI,
Tour 22, 4, place Jussieu - 75230 Paris cedex 05
- BEHRET H. - Deutsche Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie
Varrentrapp Str. 40-42 - D-6000 Frankfurt 90
- BEN ABDERRAZIK - Lab. de Métallurgie Physique, Bât. 413 - 91405 Orsay
- BENIS A. - GRADE, 5, rue Las Cases - 75007 Paris
- BERNARDINI J. - Lab. Métallurgie, St Jérôme, rue H. Poincaré - 13397
Marseille cedex 13
- BERTRAND G.-Réactivité des solides, Univ. de Dijon, Fac. des Sciences
Mirande, B.P. 138 - 21004 Dijon Cedex
- BISCONDI M. - Métallurgie physique, ENSMSE, 158, Cours Fauriel - 42000
St Etienne
- BONNET R. - ENSEEG, Lab. de Therm. et Phys. Chimie Métallurgique, B.P. 75
38402 St Martin d'Hères
- BOUCHET D.(Ms) - Lab. de Métallurgie Physique, Bât. 413 - 91405 Orsay
- BOUCHET B. - Lab. de Mécanique et Physique des Matériaux, ENSMA,
86034 Poitiers cedex
- BOUDOT B. - Rhône Poulenc recherches, 12-14, rue des Gardinoux - 93308
Aubervilliers cedex
- BOUILLON F. - U.L.B., Chimie des solides, 50, av. F. Roosevelt,
B 1050 Bruxelles
- BUCHY F.- Thomson-CSF - Corbeville, 91400 Orsay
- CABANE F.(Mrs) - Lab. de métallurgie, Fac. des Sciences et Techniques
rue H. Poincaré - 13397 Marseille Cedex 13
- CABANE J.-Lab. de métallurgie, Fac. des Sciences et Techniques,
rue H. Poincaré - 13397 Marseille Cedex 13
- CHAMPEIX L. - CEN Cadarache/ DRNE/DIR, Bât. 707, B.P. 1 - 13115
St Paul lez Durance
- CASTINEIRA IONESCU, Univ. de Alcalá de Henares (Espagne)

- CAPLAIN R. - U.T.C. Génie Mécanique Matériaux, BP 233, 60206 Compiègne
- CHARBONNIER M. (Mrs) - Départ. Chimie appliquée et Génie Chimique
Univ. C. Bernard, 43, Bd du 11 Novembre -69622
Villeurbanne
- CHARBONNIER J.C. - I.R.S.F., 185, rue du Pt. Roosevelt - 78105
St Germain en Laye cedex
- CHASSAIGNE Y. - Kodak Pathé (C.I.D.S.T.), 30, rue des Vignerons
B.P. 60 - 94302 Vincennes cedex
- CHAZE A.M. (Mrs) - Lab. de recherche sur l'étude et la prévention
des défaillances d'origine mécanique et physico-
chimique - U.T.C. - 60206 Compiègne
- COLLIEX C. - Physique des solides, Bât. 510 - Univ. Paris Sud
91405 Orsay
- COLLONGUES R. - E.N.S.C.P., 11, rue Pierre et Marie Curie - 75005 Paris
- COLSON J.C. - Lab. de recherches sur la réactivité des solides
Fac. des Sciences Mirande, B.P. 138 - 21004 Dijon cedex
- COUSSEMANT F. - E.N.S.C.P., 11, rue Pierre et Marie Curie -75005 Paris
- DELAMARE F. - Ecole des Mines de Paris (CEMEF) Sophia-Antipolis -
06565 - Valbonne cedex
- DEPARIS D. - Sollac, 57191 Florange cedex
- DE ROSA B. - Réactivité des solides, Fac Mirande B.P. 138 -21004 Dijon
- DEVIN C. - Lab. de céramiques nouvelles, 123, av. A. Thomas -87060
Limoges
- DUFOUR L.C. - Réactivité des solides - Fac Mirande B.P. 138 -21004 Dijon
- DURET C. (Ms) - ONERA, 29, av. de la Division Leclerc - 92 Chatillon
- FIDELLE J.P. - C.E.A./D.A.M. Service Métallurgie B.P. 561 -
92542 Montrouge cedex
- FISCHER T.E. - Exxon Research and Engineering Comp. PO Box 45 / Linden
N.J. 07036 (U.S.A.)
- FRESNEL J.M. - Eltech Electrosearch S.A., 3, route de Troinex -
CH 12227 Carouge / Suisse
- GASPARD J.P. - Univ. de Liège. Inst. de physique - B-4000 SART TILMAN
- GOUMIRI L. - Commissariat aux énergies nouvelles, 2, Bd Franz Fanon
Alger (Algérie)
- GRABKE H.J. - Max Planck Inst. fur Eisenforschung - Max Planck Str. 1
D - Dusseldorf - RFA
- GRATIAS D. - CECM/CNRS 15, rue Georges Urbain, 94400 Vitry
- GREDAY I. T. - 11, rue E. Solvay - B. 4000 Liège
- GRELLIER A. - Lab. de Métallurgie - Acierie des Ancizes - 63770
les Ancizes

- GUIRALDENQ P. - E.C.L., Lab. Métallurgie Physique des matériaux
36, av. Guy de Collongue - 69130 Ecuilly
- HABER J. - Inst. of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy
of Sciences, Ul. Niezapominajek - 30-239 Krakow (Pologne)
- HANCOCK P. - Cranfield Inst. of Technology - Bedford (G.B.)
- HANUS J. - PIRMAT, 15, Quai Anatole France - 75007 Paris
- HENON J.P. - Ecole des Mines de Paris, Centre des matériaux, B.P. 87 -
91003 Evry Cedex
- HENRY G. - IRSID -St Germain en Laye Cedex 78105
- HONDROS E.D. - Materials Applications, N.P.L.- Teddington, Middlesex
TW11 OLW (G.B.)
- HUNTZ A.M. (Mrs) - Lab. de Métallurgie Physique, Bât. 413 -91405 Orsay
cedex
- JARRIGE J. - Lab. de céramiques nouvelles, UER des Sciences, 123,
av. A. Thomas - 87060 Limoges
- JEANDIN M. - FRAMATOME, Tour Fiat, cedex 16 - 92084 Paris la Defense
- JOUD J.C. - LTPCM, ENSEEG, Domaine Universitaire, B.P. 75-38402
St Martin d'Hères
- KHAN A. - Lab. de Magnétisme et de Structure Electronique des
Solides, 4, rue Blaise Pascal -67070 Strasbourg cedex
- KLUG J. - Depart. of Chemistry, Ben Gurion Univ.-Beer Sheva (Israel)
- LACOMBE P. - 10, rue des Blagis - 92 Bourg la Reine
- LAMY B - Inst. CARAC, Chemin des Grandes Pièces- CH 1024 Ecublens
- LARTIGUE S.(Ms) - Etablissement technique central de l'Armement
16bis av. P. de la Cote d'Or - 94114 Arcueil Cedex
- LESAGE B. - Lab. de Métallurgie physique, Bât. 413 -91405 Orsay cedex
- LARERE A. - Lab. de Métallurgie physique, Bât. 413 -91405 Orsay cedex
- LOUDJANI M. - Lab. de Métallurgie physique, Bât. 413 -91405 Orsay cedex
- MAESTRO P. - Rhone Poulenc recherches, 12,14 rue des Gardinoux
93308 Aubervilliers cedex
- MADSAC M. - Air Liquide, B.P. 126, Les Loges en Josas - 78350 Jouy en
Josas
- MARCUS P. - Physico chimie des surfaces, ENSCP, 11, rue P.et M. Curie
75005 Paris
- MARTIN J.L. - Inst. Génie Atomique, E.P.F.L. - PHB Ecublens,CH 1015
Lausanne
- MATHIEU S. (Mrs) - Centre d'Etudes et de Developpements USINOR, B.P. 2
60160 Montataire
- MAURIN G. - Physique des Liquides, 4, place Jussieu -Tour 22 -
75230 Paris cedex 05

- MAYNIER P. - Lab. du Creusot, Creusot Loire -71200 Le Creusot
- MIANNAY D. - CEA/DAM, Service Métallurgie, B.P. 561 -92542 Montrouge cedex
- MOLINARI C.- Centre de recherche de Tréfinmetaux, 141, rue Michel Carré- 95100 Argenteuil
- MONTY C. - Lab. physique des matériaux, 1, place A. Briand -Meudon-Bellevue, 92195 Meudon cedex
- MORNIROLI J.P. - Lab. de Génie métallurgique, Ecole des Mines, Parc Saurupt, - 54042 Nancy cedex
- MOULIN G. - Lab. de Métallurgie physique, Bât. 413 - 91405 Orsay cedex
- MURRY G. - O.T.U.A., 5, bis rue de Madrid - 75008 Paris
- MUSSOT M. - P.M.T.M., Univ. Paris Nord, Av. J.B. Clément - 93430 Villetaneuse
- NASLAIN R.- Lab. de Chimie du Solide, Univ. Bordeaux 1, 351, cours de la Libération - 33405 Talence cedex
- N'GUYEN Van Bach, Kerchemie, Mauerstr 14, 61 Darmstadt (RFA)
- NOMINE A.M. (Mrs) - CEA/DAM Service Métallurgie, B.P. 561- 92542 Montrouge cedex
- NOUAILLES J. - C.G.L. SNECMA, 291 rue d'Argenteuil - 92230 Genevilliers
- NOUET G. - Cristallographie chimie et physique du solide - ISMRA Univ. de Caen - 14032 Caen cedex
- OUДАР J. - Physico-chimie des surfaces -ENSCP, 11, rue P. et M. Curie- 75231 Paris cedex 05
- PAPON A.M. (Ms) - CENG/DMG/SRM/LECM 85 x -38041 Grenoble cedex
- PASCARD R. - CEA / CEN Saclay/ DMECN - 91191 Gif sur Yvette cedex
- PATTORET A. - CEA/CEN Saclay/ DPC/LTS - 91191 Gif sur Yvette cedex
- PENISSON J.M. - CEA/CEN/DRF-G/ Physique du solide-85 x - 38041 Grenoble cedex
- PETIT J. - Lab. de mécanique et physique des matériaux, ENSMA - 86034 Poitiers cedex
- PETIT J.C. - Sollac- 57191 Florange cedex
- PIALOUX A. - Lab. des composés non stoechiométriques, Bât. 462/ Univ. de Paris Sud - 91405 Orsay cedex
- PRIESTER L. (Mrs) - Lab. de métallurgie physique, Univ. Paris Sud - 91405 Orsay cedex
- RAVOT D. - Chimie métallurgique des Terres Rares, 1, place A. Briand- 92190 Meudon-Bellevue
- REGER M. - Centre des matériaux, Ecole des Mines, B.P. 87 -91003 Evry cedex

- REMY L. - Centre des matériaux, Ecole des Mines, B.P. 87 -
91003 Evry cedex
- REVCOLEVSKI A. - Chimie appliquée, Bât. 414, Univ. Paris Sud -
91405 Orsay
- REY C. (Mrs) - Lab. P.M.T.M./C.N.R.S., av. J.B. Clément -93430
Villetaneuse
- RIBOUD P. - IRSID - 57210 Maizières les Metz
- ROUSSELET J. (Mrs) - Lab. de Métallurgie Physique, Bât. 413 -
91405 Orsay cedex
- SAADI B. - Lab. P.M.T.M., av. J.B. Clément - 93430 Villetaneuse
- SHCHUKIN E.D. - Inst. of Physical chemistry of the USSR Academy of
Sciences, Institute of Physical chemistry, Leninski
prospekt 31, 117312 Moscou
- SILVENT A. - CEN/ SEA - SEAPC - 85 x-38041 Grenoble cedex
- SOUSTELLE M. - Chimie physique des processus industriels -
EMSE - 158 bis cours Fauriel - 42023 St Etienne cedex
- SPANJAARD D. - Physique des solides - Univ. Paris Sud - Bât. 510 -
91405 Orsay
- STEINBRUNN A. - Lab. recherche sur réactivité des solides - Fac.
Sciences Mirande - B.P. 138 - 21004 Dijon cedex
- TARENTO R.J. - Lab. de Physique des matériaux - 1, place A. Briand
92190 Meudon
- TAYLOR R.I. - AERE Harwell - Oxfordshire -(G.B.)
- TIXIER - ETCA, 16bis av. P. de la Côte d'or - 94114 Arcueil cedex
- TREHEUX D. - ECL, Lab. métallurgie physique matériaux, B.P. 163 -
69131 Ecully cedex
- TROYANOWSKY C. - Société de Chimie physique, 10, rue Vauquelin
75005 Paris
- VICENS J. - ISMRA - Equipe matériaux microstructure, Univ. de Caen -
14032 Caen cedex
- VIGNAUD C. - Physique des liquides et électrochimie, 4, pl. Jussieu
Tour 22 - 5ème étage - 75230 Paris cedex 05
- WACH J. - Lab. Maurice Letort - LARIGS. Lab.associé à l'Univ. Nancy 1
Route de Vandoeuvre - B.P. 104 - 54600 Villers les
Nancy.
- WEBER B. - Lab. d'études et de recherches en mécanique et énergétique
des surfaces / ENSEM, 2, rue de la Citadelle -
54000 Nancy
- WESTWOOD A.R.C. - Martin Marietta Lab. 1450 S. Rolling Road -
Baltimore MD, 21227 (USA)
- YU NING - Physique des liquides et électrochimie/Tour 22/
4, place Jussieu/ 75230 Paris cedex 05
- ZHAO J. - Lab. de métallurgie physique, Bât. 413/ 91405 Orsay cedex

CONTENTS

Foreword	XI
Avant-propos	XIII
Acknowledgements	XV
List of participants	XVII
 Adsorption phenomena and the interfacial strength of solids (E.D. Hondros)	 1
 Contribution to the study of environmental influence on fatigue crack growth (B. Bouchet, J.H. Kwon, A. Bignonnet, R. Namdar-Irani and J. Petit)	 19
 Thermodynamic and structural aspects of the chemisorption of sulphur on nickel-based alloys. Consequences on the reactivity (P. Marcus and J. Oudar)	 29
 Influence of preadsorbed oxygen on the reactivity of nickel oxide: a study of metal nucleation by hydrogen reduction (B. De Rosa and L.-C. Dufour) ..	 37
 Surface and environment effects in the elastic-plastic-fracture transi- tions in metal crystals (E.D. Shchukin, V.I. Savenko and L.A. Kochanova) .	 47
 Adsorption-sensitive flow and fracture of solids (A.R.C. Westwood and J.S. Ahearn)	 65
 Surface segregation in transition metal alloys. Theoretical aspects (J.P. Gaspard and Ph. Lambin)	 89
 The tribochemistry of oxidative wear (T.E. Fischer and M.D. Sexton)	 97
 Adsorption of simple elements on BCC transition metals (D. Spanjaard and M.C. Desjonqueres)	 109
 The role of surfaces in solid state oxide reactions (J. Haber)	 123
 Oxide grain boundaries and interfaces (A. Revcolevschi, F. Barbier and M. Dechamps)	 141

VI

Grain boundary and surface segregation in Cu-Bi and Cu-Bi-Sn systems (C. Molinari and J.C. Joud)	151
High spatial resolution chemical analysis with the STEM. Study of oxidized and carboxided scandium and lanthanum thin films (C. Colliex and M. Gasgnier)	165
Influence of the relation between intergranular defects and segregation on some properties of grain boundaries (S. Lartigue, D. Bouchet and L. Priester)	183
Grain boundaries in metals and alloys: contribution of segregation and diffusion (J. Cabané)	201
Application of the percolation concept to the grain boundary diffusion mechanism (P. Guiraldenq)	215
Intergranular diffusion and grain-boundary structure (M. Biscondi)	225
Segregations of phosphorus at the grain boundaries of polycrystalline tungsten. Relationships with the brittle-to-ductile transition temperature and the mode of fracture (T.-H. Loi, J.P. Morniroli and M. Gantois)	243
Subboundary properties and creep resistance (J.L. Martin and M. Morris) ..	253
Strain incompatibility and grain boundary sliding (P. Mussot, C. Rey and A. Zaoui)	263
Electron microscopy of grain boundaries (A. Thalal, D. Gratias and R. Portier)	271
Sulfur analysis on metal surface by means of nuclear reaction $^{32}\text{S}(\text{d},\text{p})^{33}\text{S}$ (D. David, R. Caplain and G. Béranger)	279
Comportement en corrosion sous contrainte dans l'oxygène gazeux d'un alliage U-7,5 Nb-2,5 Zr (D. Lepoutre, A.M. Nominé et D. Miannay)	283
Sulphur segregation and diffusion in some bicrystals (M. Pierantoni, B. Aufray and F. Cabané)	291

Influence de la coségrégation d'antimoine et de nickel sur la diffusion intergranulaire dans les alliages FeSbNi (P. Gas, S. Poize et J. Bernardini)	299
Effects of the grain boundary segregates P, S, C and N on the grain boundary self-diffusivity in α -iron (L. Stratmann, H. Keller, H. Hänsel and H.J. Grabke)	309
Relation between the structure of the grain boundaries and the electrical behaviour of polycrystalline silicon (A. Bary, J.L. Chermant and G. Nouet)	319
HREM of defect structures in metals and semiconductors (J. Desseaux-Thibault, J.M. Pénisson and A. Bourret)	327
Influence of the structure and of the impurity segregation on the electrochemical reactivity of grain boundaries in metals (L. Beaunier, M. Froment and C. Vignaud)	335
Energie du joint $\Sigma=9$ de Ge et énergie d'interaction impureté de transition - faute d'empilement d'un metal de transition (A.M. Papon, J.P. Simon et P. Guyot)	345
Diffusion of Fe59, Ni63 and Cr51 in a ferrite/austenite interface boundary (D. Juvé-Duc)	353
Surface segregations during annealing of low-carbon mild steel sheets (D. Deparis and H. Jacobs)	361
Thermal oxidation of stainless steels and aluminium alloys. Effects of the composition of the surface layers on the adhesion properties (F. Gaillard, M. Charbonnier, F. Comte, A. Roche, R. Bador and M. Romand)	373
Grain growth in annealed aluminium nitride ceramics (M. Billy, C. Devin, J. Jarrige and J. Mexmain)	381
Chemical diffusion in α alumina. Titanium and yttrium influence (B. Saadi, G. Petot-Ervas, P. Ochin, B. Lesage and A.M. Huntz)	389
Oriented eutectics $Al_2O_3 - ZrO_2 (Y_2O_3)$ obtained from directional solidification (D. Michel, L. Mazerolles, J.P. Dallas, M. Stucky and R. Portier)	397

VIII

Etude de structurations lors de l'oxidation de métaux et alliages par couplage interfacial de phénomènes chimiques, diffusifs ou mécaniques (J.M. Chaix, G. Bertrand and A. Sanfeld)	405
Interaction between oxidation and cyclic straining at high temperature (M. Reger, M. Francois and L. Remy)	413
Composition and conduction properties of titanium oxides electroformed in different electrolytes (Y. Barakat, D. David, G. Béranger and C. Coddet) .	421
T.E.M. analysis and influence of grain boundaries in high temperature deformation of pure tungsten carbide (J. Vicens, S. Lay, F. Osterstock, G. Nouet and J.L. Chermant)	429
Etude de la réduction carbothermique de la thorine sous pression atmosphérique d'azote par la diffraction des rayons X à haute température (A. Pialoux)	437
Binding energy of hydrogen atoms in transition metals (J. Khalifeh, G. Moraitis, M.A. Khan and C. Demangeat)	445
Effects of adsorbed carbon and sulfur on the carburization and graphitization of Fe, Ni and Fe-Ni alloys in CH ₄ -H ₂ atmospheres (H.J. Grabke, K. Ohla and E.M. Müller)	453
Self-diffusion of iron in iron sulphur alloys. Correlation with segregation precipitation and intergranular brittleness (D. Treheux)	469
Fiber-matrix interfacial phenomena in metal matrix composite materials: their effect on material processing and properties (R. Naslain, R. Pailler and P. Martineau)	481
Interfacial properties and macroscopic deformation in oriented two-phase materials (R. Bonnet, A. Ati, M. Dupeux, M. Ignat and G. Marcon)	501
Interpretation of refractoriness under load curves for refractory products (J.C. Petit and P.V. Riboud)	511
Diffusion and related phenomena in oxides (A. Atkinson)	519
Cationic impurity diffusion in NiO and CoO (C. Monty)	539