



## GROUPE DE RECHERCHE 2998

# ARCHES

## Adsorption, Réactivité et Contrôle de l' Hydrogène En interaction avec des Surfaces

**Directeurs : Marc CHATELET<sup>1</sup>, Jean-Louis LEMAIRE<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces, UMR 7647, CNRS-Ecole Polytechnique, Route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex  
Email : marc.chatelet@polytechnique.fr

<sup>2</sup> LERMA-LAMAp, UMR 8112, C.N.R.S. Université de Cergy-Pontoise, 95031 Cergy-Pontoise Cedex  
Email : jean-louis.lemaire@obspm.fr

Webmaître : [Stéphan DIANA](#)

### COMPTE RENDU DES 4 ANS D'ACTIVITE

#### **I) - Genèse**

Le GDR ARCHES a été créé en avril 2006, suite au colloque interdisciplinaire sur le thème de l'interaction de l'hydrogène atomique et/ou moléculaire et de ses isotopes avec des surfaces, qui s'était tenu le 13 et 14 juin 2005, à l'observatoire de Paris, suite à l'initiative de Marc Châtelet et de Jean Louis Lemaire, tous deux travaillant sur l'interaction hydrogène/surface mais dans des domaines disciplinaires différents.

Ce colloque a réuni une cinquantaine de personnes venant d'une dizaine de laboratoires français universitaires, CNRS et CEA. Une vingtaine d'exposés oraux ainsi qu'une dizaine d'affiches ont été présentés et largement discutés sur les quatre grands thèmes suivants :

- origine de l'hydrogène interstellaire ;
- la fusion magnétique : rôle des parois en présence de l'hydrogène et de ses isotopes ;
- le rôle de l'hydrogène dans la croissance de couches minces de semi conducteurs ;
- l'interaction de l'hydrogène avec des surfaces métalliques.

Au cours de ce colloque, il est apparu des **intérêts scientifiques communs** entre ces différentes communautés qui se rencontraient pour la première fois sur ce thème : il s'est avéré que des échanges interdisciplinaires de savoir-faire tant théorique qu'expérimental développé indépendamment jusqu'à présent, dans le cadre de collaborations, de séminaires, d'écoles devraient pouvoir faire évoluer favorablement ces recherches. De même les surfaces étudiées sous des conditions thermodynamiques parfois très différentes doivent être échangées entre laboratoires.

Ainsi, l'une des conclusions principales de ce colloque a été de proposer la formation d'un groupement de recherche, GDR, qui donnerait les moyens à ce souhait de collaborations interdisciplinaires croisées.

**Le projet de GDR a été évalué très favorablement par 6 sections du comité national de la recherche relevant de 4 départements du CNRS (MPPU,ST2I,SC, INSU) et le GDR ARCHES 2998 a été créé officiellement en avril 2006.**

## **II - Rappel des objectifs du GDR**

Les enjeux scientifiques, technologiques et industriels d'ITER pour la fusion contrôlée donnent lieu à une intensification des études sur le comportement et la tenue des matériaux devant constituer les parois et divertors des tokamaks. Des problèmes de sûreté importants sont en jeu, les interactions du combustible (D ou T sous forme d'un plasma chaud) avec les parois donnant lieu à la formation de poussières et à la rétention de tritium. Au centre de ces préoccupations, il y a la nécessité de comprendre les effets des interactions entre les ions  $H^+$ ,  $D^+$ ,  $T^+$ , ayant des énergies de 10 à 100 eV, et/ou les atomes H, D, T (produits par transfert de charge), avec des surfaces carbonées ou des surfaces formées à partir de composés à base de carbone et/ou de tungstène représentant ces parois.

Par ailleurs, autour des questions relatives à l'abondance de l'hydrogène moléculaire dans le milieu interstellaire, le nombre croissant de données sur : les raies des molécules  $H_2$ , les raies des matériaux constituant les grains de poussière, le retour prochain de la mission Stardust début 2006, donnent lieu à un besoin croissant de connaissances sur les interactions entre l'hydrogène, sous forme atomique et moléculaire, et divers matériaux représentatifs des grains (matière carbonée, silicates, glaces), pour une vaste plage de températures (10K – 500K). En effet, la recombinaison des atomes H (incluant ses isotopes) en molécules  $H_2$  dans le milieu interstellaire est supposée se produire à la surface des grains (catalyse hétérogène). La composition, la structure et la morphologie des grains jouent un rôle déterminant dans les mécanismes de formation de  $H_2$ . L'état ro-vibrationnel de l'hydrogène moléculaire naissant lors de sa formation sur un grain, a des implications très importantes sur les apports, conversion, transferts et accommodation d'énergie dans le milieu interstellaire et sur la physico-chimie de ce milieu.

L'étude des mécanismes impliqués dans l'interaction de l'hydrogène atomique avec les surfaces de silicium a des intérêts théoriques et expérimentaux. Par exemple, il est connu que l'hydrogène atomique joue un rôle important dans la fabrication de couches minces de silicium pour les applications électroniques et photovoltaïques. Vitesse et type de croissance des couches, durée de vie et efficacité des dispositifs sont directement influencés par la présence de l'atome d'hydrogène dans les plasmas de dépôt. Pour optimiser les conditions de croissance des couches minces, il est nécessaire de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu. En particulier, la réaction d'abstraction, où un atome d'hydrogène de la phase gazeuse se recombine avec un atome d'hydrogène adsorbé sur la surface de silicium, est d'un intérêt crucial puisque cette réaction permet de libérer une liaison pendante, offrant ainsi un site pour adsorber un radical  $SiH_x$  et faire croître la couche.

La présence d'hydrogène lors de l'élaboration des couches minces par exemple de silicium (amorphe, microcristallin, polymorphe ou nanocristallin) ou de diamant est inévitable. Les propriétés électroniques de ces matériaux dépendent fortement des conditions de dépôt, température du substrat, pression des gaz dans la chambre de dépôt, puissance électrique,.... Ceci ouvre de large fenêtres sur la compréhension des phénomènes associés à la présence de l'hydrogène dans les plasmas de dépôt, tels que son interaction avec la surface, la passivation des défauts, la formation de complexes avec les dopants.... L'hydrogène

intrinsèque comme l'hydrogène extrinsèque peut se piéger sur les défauts structuraux du diamant, les impuretés et les dopants, et modifier ainsi les propriétés électroniques du matériau (semi-conducteur à large bande interdite). Les dopants (ex : bore) peuvent être ainsi passivés, et former des complexes avec l'hydrogène. Une autre des propriétés spécifiques du diamant est que sa surface produit une couche p<sup>+</sup> lorsqu'elle est hydrogénée, stable jusqu'à 800°C, dont la nature est encore mal connue. Enfin, lorsqu'il s'agit de couches de diamant microcristallin, on peut incorporer des concentrations importantes d'hydrogène pendant le dépôt (jusqu'à 10<sup>20</sup> cm<sup>-3</sup>). Sa localisation est alors mal connue.

### **III – Fonctionnement**

#### **III . a – Comité Scientifique**

Le GDR s'est doté d'un comité scientifique qui s'est réuni une à 2 fois par an au cours de ces 4 années.

Sa composition était la suivante :

Allouche Alain (LPIIM, Marseille)  
Angot Thierry (LPIIM, Marseille)  
Bonnin Xavier (LIMHP, Villetanneuse)  
Châtelet Marc (LPICM, Palaiseau)  
Crespos Cédric (LPCM, Bordeaux)  
Lemaire Jean Louis (LERMA, Cergy)  
Lemoine Didier (IRSAMC, Toulouse)  
Roubin Pascale (LPIIM, Marseille)  
Sizun Murielle (LCAM, Orsay)  
Tillet-Billy Dominique (LCAM, Orsay)

Suite à l'ouverture du GDR aux plasmas froids, un acteur de ce domaine a été accueilli dans le comité :

Clergereaux Richard (Laplace, Toulouse)

#### **III . b - Laboratoires et chercheurs participants**

##### **au départ**

##### **MPPU**

##### **- Marseille : LPIIM- UMR 6633**

- T. Angot, J.-M. Layet, E. Salançon

Etude expérimentale de la réactivité de surfaces de graphite

- C. Martin, P. Roubin, S. Coussan

Caractérisation des dépôts de carbone prélevés dans les tokamaks

##### **- Paris VI: INSP- UMR 7588**

- Y. Borensztein, O. Pluchery, N. Witkowski

Etude expérimentale de l'adsorption d'hydrogène sur Si(100) sous ultra-vide et de la formation de couches organiques sur Si(100) hydrogéné

##### **- Orsay : LPPM-UPR 3366**

- G. Comtet, A. Mayne, D. Riedel, G.Dujardin

Nanomanipulation d'hydrogène sur des surfaces de semi-conducteurs avec Rayonnement Synchrotron et Microscope à Effet Tunnel

##### **- Orsay : LCAM-UMR 8625**

- F. Aguillon, D. Teillet-Billy, C. Kubach, N. Rougeau, V. Sidis, M. Sizun

Modélisation et dynamique des interactions d'atomes H avec des surfaces (surface de graphite, glace)

- P. Roncin et H.Khemliche

Mesures des potentiels d'interactions entre des atomes de H ou des molécules H<sub>2</sub> et des surfaces monocristallines

- **Orsay : LPS- UMR 8502**

- M. Bernheim

Caractérisation expérimentale des processus de désorption sous l'impact d'électrons lents: éjection résonante d'ions H- et D-, influence de la température du substrat.

- **Palaiseau: LPICM-UMR 7647**

- M. Châtelet, L. Philippe, R. Bisson

Recombinaison de l'hydrogène atomique sur des surfaces de semi-conducteurs : silicium cristallin et amorphe (expériences de diffusion résolues angulairement)

-H. Vach, Q. Brulin

Croissance et cristallisation des nanoparticules de silicium par capture de produits de décomposition de silane et d'hydrogène (calculs de dynamique moléculaire)

- **Toulouse : LCAR- UMR 5589**

-D. Lemoine, N. Lorente, B. Lepetit

Etude quantique de la dynamique d'adsorption et de réactions d'atomes d'hydrogène sur une surface solide

- **Meudon : LPSC-UMR 8635,**

-E. Rzepka, J.Barjon, D. Ballutaud

Hydrogène dans le diamant

- **Le Havre : LMPG,**

-I. Schneider, S. Morisset

### **SPI**

- **Marseille : LPIIM- UMR 6633**

-équipe plasma

- **Nantes : IMN- UMR 6502**

-G. Cartry

Gravure de matériau en plasma hydrogéné

- **Villetaneuse : LIMHP- UPR 1311**

-K. Hassouni, X. Bonnin, G. Lombardi, F.Bénédic

Plasma de bords dans le cadre du projet ITER

- **Palaiseau : LPICM-UMR 7647**

-P. Roca, F. Kail

Mécanismes de transport de l'hydrogène dans les couches minces à base de silicium

- **Palaiseau : LPTP-UMR 7648**

- M. Bacal

### **INSU**

- **Cergy : LERMA-LAMap UMR 8112**

- J. L.Lemaire, J. H. Fillion, F. Dulieu, H. Momeni, L. Amiaud, V. Cobut

Expérience FORMOLISM: Formation de molécules dans le milieu interstellaire

- **Toulouse : CESR-UMR 5187**

-C. Joblin, A. Simon

Expérience PIRENEA : Rôle des macromolécules et des très petits grains carbonés dans la formation de H<sub>2</sub>

## **Chimie**

### **- Paris : LETMEX-FRE 2209**

-Y. Ellinger, F. Pauzat

Etude théorique de la physisorption de H<sub>2</sub> sur PAH

### **- Bordeaux : LPCM-UMR 5803**

- C. Crespos, P. Larregaray, A. Salin, J.C. Rayez

Approches théoriques de la dynamique des réactions élémentaires à l'interface gaz/solide

### **- Marseille : LPI2M- UMR 6633**

-A. Allouche, Y. Ferro, F. Marinelli

Modélisation quantique de l'interaction molécules - surface de graphite et molécules – surfaces de glace

### **- Lyon : ENS- UMR 5182**

-W. Dong

Chimisorption et réactions sur métaux de transition

### **Ayant rejoint le GDR en cours d'exercice :**

- Laplace, Toulouse – R. Clergereaux, F. Gaboriau

- CERI , Orléans – M.F. Barthe, P. Desgardin, Th. Sauvage

- CRMD, Orléans – F. Béguin

- Institut Néel, Groupe « Intermétalliques-Interstitiels-Conversion de l'Energie », Grenoble, S.Miraglia, D.Fruchart

- LPSC, Grenoble – J. Pelletier, S. Béchu, A. Bes

- ICMMO, Orsay – P. Millet

- LIST, CEA, Gif – J.C . Arnault

- Obs, UJF, Grenoble – C. Ceccarelli

- LPMIA, Nancy – T. Bieber

- IM2NP, Marseille – F. Bocquet, J.M. Themlin

- LP3, Marseille – A. Vatry, Ph. Delaporte

- UNITAM, Besançon – C. Girardet, C.Ramseyer

- ICMPE, Thiais – F. Cuevas

- PHLAM, Villeneuve d'Ascq – S. Briquez, S.Woittequand

- EPFL, Lausanne – R. Bisson

### **III . c . Un site web a été créé :**

(<http://www.u-cergy.fr/GDR-ARCHES/>)

## **IV -ACTIVITE**

### **IV . 1 . Collaborations au sein du GDR**

Depuis sa création en avril 2006, des collaborations entre équipes des laboratoires participants ont vu le jour, d'autres existaient déjà mais se sont réorientées vers les thèmes du GDR. Sauf dans quelques rares cas, ces collaborations ne se sont pas encore concrétisées par des articles communs car elles sont encore relativement récentes. Nous citons ici les collaborations effectives qui ont conduit à la mise en commun de moyens et à des visites fréquentes entre laboratoires.

- **Source d'ions négatifs sans césium (2006-2007)**

(LCAR, Toulouse (**D. Lemoine**), LPTP, Palaiseau (M. **Bacal**), CRPMN-LPSC, Grenoble (**J. Pelletier**))

- **Rôle des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans la formation de H<sub>2</sub> dans les régions de photodissociation (2006)**

(CESR, Toulouse (**C. Joblin**), LPPM, Orsay (P. **Parneix**))

- **Dynamique réactionnelle de H<sub>2</sub> sur métaux de transition : détermination des champs de force réactionnels (2006-2007)**

(LC, UMR 5182, Lyon (**W. Dong**), LCPCM, UMR 5803, Bordeaux (**C. Crespos**))

- **Structure et texture des composites carbone-carbone utilisés dans les parois des tokamaks (2006)**

(PIIM, Marseille ( **P. Roubin, C. Martin, M. Richou**), CRPP et le LCTS, Bordeaux (**P. Delhaès, G. Vignoles**))

- **Interactions hydrogène-silicium : influence de l'état de surface (2006-2007)**

PIIM, Marseille (**T. Angot**), LPICM, Palaiseau (M. **Châtelet, L. Philippe**), EPFL, Lausanne (**R. Bisson**)

- **Aspects quantiques de la chimisorption d'Hydrogène sur des surfaces graphitiques (2006-2007)**

(LCAM, Orsay (**D. Billy, N. Rougeau**), PIIM, Marseille (**Y. Ferro**))

- **Etude de l'adsorption de H<sub>2</sub> et de ses isotopes sur des glaces d'eau par spectroscopie IRTF (2006)**

(LERMA, Paris + Cergy (**JL Lemaire, F Dulieu, A Momeni, E Matar**))

PIIM, Marseille (**P. Roubin, P. Theulé, S. Coussan, C. Martin, Th. Chiavassa, F. Forget**))

- **Mécanismes microscopiques de génération d'ions négatifs sur surface de graphite en plasma d'hydrogène (2007)**

LCAM (**Ph. Roncin, H. Khemliche**) / LPTP (**M. Bacal**) / LPIIM (**M. Carrère, G. Cartry, J.M. Layet**)

- **Interaction de l'hydrogène sous forme ionisée avec des surfaces d'intérêt astrophysique (2007)**

LCT (**F. Pauzat, J-Ph. Piquemal, C. Minot, Y. Ellinger**) / Besançon (**O. Mousis**)

- **Métaux et alliages sous haute pression et sous hydrogène (2007)**

Institut Néel (**S. Miraglia, D. Fruchart**) / CERI (**Marie-France Barthe, Pierre Desgardin, Thierry Sauvage**)

Non réalisée :

- **Collisions près de la surface dans les plasmas de Carbone-Hydrogène (2007)**

LIMHP (K. Hassouni, X. Bonnin, G. Lombardi, A. Michau) / LMGP (I. F. Schneider)

#### IV. 2 .Colloques

- en 2007 :

- i) la **première réunion plénière du GDR** a été organisée en mai 2007, à Nouan le Fuzelier (41). Elle a réuni une quarantaine de participants dont de nouveaux membres. Quelques scientifiques européens ont été invités (Hollande, Danemark, Italie, Slovénie). Le programme se trouve en annexe A.
  - ii) Le GDR s'est ouvert au domaine des plasmas froids.
- **en 2008**
- i) Organisation d'une **école thématique** du 8 au 13 juin à Alénia (66) « Plasmas d'hydrogène, Physique des surfaces & Interactions hydrogène/surface ». Elle a réuni une cinquantaine de participants. Les cours ont été mis sur le site web : <http://www.u-cergy.fr/GDR-ARCHES/>  
Le programme se trouve en annexe B.
  - ii) Organisation à Marseille (27-28/10/08) d'un **workshop sur l'interaction de l'hydrogène avec des surfaces de carbone** qui a réuni une cinquantaine de participants. Le programme se trouve en annexe C.
- **en 2009**
- Organisation de la **deuxième réunion plénière du GDR** du 4 au 7 mai 2009 à La Londe les Maures (83) ; elle a réuni une cinquantaine de participants dont de nouveaux membres ; d'autres scientifiques européens ont été invités (Grande Bretagne, Hollande, Danemark, Italie, Slovénie, Suisse) et USA (3). Nous avons eu une ouverture vers la biologie avec le GDR BioH2 de Marc Rousset. Le programme se trouve en annexe D.

#### IV.3. Impact scientifique :

**a** - Un certain nombre de **publications** (liste ci-dessous) est issu des contacts et/ou des collaborations établis dans le cadre des diverses réunions du GDR ARCHES.

De même des projets de contrats dont **des contrats ANR** ont vu jour suite aux rencontres initiées par le GDR ARCHES et certains ont déjà été acceptés :

- **ANR ITER-NIS** (Negative Ion source) 2009-2011

IRFM-Cadarache, LAPLACE, LPGP-Orsay, PIIM, LCAR, LCAM, LPSC

- **ANR-CAMITER** - 06-BLAN-0008-01 "Carbone et autres matériaux pour ITER -CAMITER" PIIM, IRFM-Cadarache, Max-Planck für Plasma Physik, Garching

- **ANR IRHONI** – 07-BLAN -(Interaction et réactivité des atomes H, O et N sur des surfaces simulant les grains interstellaires à très basses températures) – LERMA-LCAM - PIIM

#### **b** - ouverture du GDR aux plasmas froids

Lors d'un procédé de dépôt assisté par plasma froid, de nombreux mécanismes entre le plasma et la surface peuvent se produire. Par exemple, dans le cas d'un dépôt à partir de précurseurs carbonés, une compétition entre le collage des espèces hydrocarbonées et l'érosion induite par l'hydrogène formé dans la décharge de la couche en cours de croissance peut se produire selon les paramètres du procédé (température des surfaces, densité d'hydrogène atomique, d'ions hydrogène, etc...). Il est apparu alors intéressant de faire intervenir des collègues de la communauté plasmas froids dans le GDR Arches. Des présentations concernant l'effet de l'hydrogène atomique sur des couches de carbone amorphe hydrogéné, la compétition érosion - dépôt en procédé de dépôt ou la formation de poudres à partir de la compétition érosion - dépôt montrent l'intérêt de la communauté plasmas froids sur le GDR Arches.

### **c- Liens du GDR avec la communauté scientifique**

- Le GDR ARCHES a participé aux réunions de réflexion et de préparation du GDR ACTHYF (Fédération des ACTeurs de la communauté HYdrogène en France, Journées d'Automne - 25 & 26 Octobre 2007, Domaine de Bierville et 11 & 12 décembre 2008, Domaine de Bierville)
- présentation du GDR ARCHES aux Journées « Films Minces-Energies » co-organisée par la MRCT du CNRS, le réseau « Plasmas Froids » et le programme interdisciplinaire Energie du CNRS, 21-22 octobre 2008, Paris.
- Le GDR BIOH2 (Marc Rousset) a participé à la réunion plénière de 2009 du GDR ARCHES

## **V. CONCLUSION ET AVENIR**

En 4 ans, l'effectif du GDR est passé d'une soixantaine de personne permanente à plus de 100 personnes, d'une vingtaine de laboratoire à une trentaine. Le GDR est donc en plein dynamisme : il a initié des collaborations pluridisciplinaires (astrophysique – ITER – chimie - physique) tout en s'ouvrant au domaine des plasmas froids et il vient de s'ouvrir aujourd'hui à la biologie.

Lors de la dernière réunion plénière du GDR ARCHES en mai 2009, l'ensemble des participants, enthousiasmés par le rôle interdisciplinaire qu'a joué le GDR ARCHES (annexe E), a souhaité que cette action interdisciplinaire dans le domaine de l'interaction hydrogène surface se poursuivre. Un certain nombre de sujets ont été évoqués comme par exemple la brisure de la symétrie ortho – para et le rôle du spin de l'hydrogène dans la recombinaison de l'hydrogène sur les grains interstellaires. Une prolongation voire un renouvellement ont fortement été encouragés.

Malheureusement, l'échéance pour le dépôt de dossier de renouvellement du 10 septembre 2009, ne nous a pas permis de déposer un dossier complet. **Nous souhaitons néanmoins prolonger l'activité de ce GDR ARCHES dans les toutes prochaines années.**

**Nous sollicitons en conséquence une prolongation du GDR ARCHES de deux ans.**

## **VI. ANNEXES A, B, C, D, E**

## ANNEXE A

### REUNION PLENIERE DU GDR 2998

#### ARCHES

du 20 mai à 20h30 au 23 mai 2007 à 13h

#### **Dimanche 20 mai :**

A partir de 18h30 accueil

20h30 : dîner

#### **Lundi 21 mai**

9h : présentation de la réunion

9h15 / 10h15 - A. Kleyn – Leiden – Pays Bas : *Hydrogen surface interaction over many orders of magnitude in flux and power*

10h15 / 10h30 pause

10h30 / 11h15 - S. Miraglia – Grenoble- *Conventional and alternative routes for hydrogen insertion in metallic species*

11h15/12h15 - C. Crespos – Bordeaux - *dynamique de l'adsorption dissociative de H<sub>2</sub> sur des surfaces métalliques*

- G. Ledru – Eindhoven – Pays Bas - *Etude expérimentale de l'érosion d'une surface de carbone exposée à un plasma Ar/H<sub>2</sub> par spectroscopie d'émission, spectrométrie de masse et ellipsométrie*

12h30 / 14h pause déjeuner

14h / 15h - V. Pirronello – Catane – Italie : *Hydrogen in astrophysics and laboratory astrophysics.*

15h/16h30 - C. Joblin- Toulouse- *H<sub>2</sub>/nanograins carbones en astrophysique : aspects observationnels, expérimentaux et theoriques*

- D. Teillet-Billy – Orsay - *Double adsorption de H sur une surface modèle de graphite et ses implications pour la dynamique de formation de H<sub>2</sub> (mécanisme Eley-Rideal, dynamique classique)*

- S. Baouche- Aarhus- Danemark – *Dynamique de la recombinaison de l'hydrogène sur des surfaces de graphite.*

16h 30 / 17h pause

17h / 18h - L. Hornekaer- Aarhus – Danemark : *H/graphite STM experiments*

18h /19h - Ph. Roncin – Orsay - *La diffraction d'atomes et de molécules*

*d'hydrogène rapides pour sonder la surface et la réactivité des surfaces*

- S. Béchu – Grenoble - *H production by plasma-surface interaction*

- S. Woittequand - Lille- *Photodissociation de HCl sur la glace*

**(annulé)**

9h/19h30 présentation des posters

19h30 / 21h dîner

21h/ ... posters (4)

#### **Mardi 22 mai**

9h / 10h - D. Schram – Eindhoven – Pays Bas : *Strong ro-vibrational excitation in high flux expanding plasmas; influence of volume and surface processes*

10h / 10h30 - C.Thomas – Marseille - *Réactivité de l'hydrogène sur une surface de graphite*

10h30 / 10h45 pause

10h45 / 11h30 - I. Cadez- Ljubljana- Slovénie : *Studies of hydrogen interaction with fusion relevant material*

11h30/ 12h -R. Clergereaux – Toulouse- *Plasmas froids à confinement magnétique pour compréhension des plasmas de bords*  
12h/ 12h30 - M. Bacal- Palaiseau - : *Les molécules  $H_2(v'')$  formées en surface dans les sources d'ions négatifs*  
12h30 / 14h pause déjeuner  
14h / 14h30 Posters (3)  
14h30 / 15h - A. Debelle – Orléans - *Interaction de l'hélium, du deutérium et du tritium avec les défauts induits par irradiation dans le tungstène*  
15h/ 16h30 présentation des collaborations en cours (7)  
16h30 / 17h pause  
17h / 18h présentation des collaborations (suite) et présentation de projets  
18h /19h30 tables rondes (TR)  
Comptes rendus des TR  
19h30 / 21h dîner  
21h / ... réunion du bureau / posters

**Mercredi 23 mai**

9h / 10h - F. Beguin – Orléans : *Stockage électrochimique de l'hydrogène dans les carbones*  
10h / 10h15 pause  
10h15 / 11h - F. Cuevas – Thiais- : *Stockage chimique d'hydrogène dans les solides*  
11h / 11h20 Conclusions de la réunion  
11h30 / 12h30 pause déjeuner  
Fin de la réunion

## ANNEXE B

### **ECOLE DU GDR ARCHES**

#### *Plasmas d'hydrogène, Physique des surfaces et Interactions hydrogène/surface*

8 au 13 juin 2008 - Alénia (66)

#### **Programme**

##### **Plasmas d'hydrogène (5h)**

- [Michèle Glass-Maujean](#) (Paris)  
L'atome et la molécule d'hydrogène (1h30)
- [Ana Lacoste](#) (Grenoble)  
Introduction aux plasmas froids / Plasmas d'hydrogène (1h15)
- [Jacques Pelletier](#) (Grenoble)  
Influence des parois sur la production d'espèces dans les plasmas / Cas des plasmas d'hydrogène (0h45)
- [Yannick Marandet](#) (Marseille)  
Plasmas chauds d'hydrogène / Fusion par confinement magnétique (1h30)

##### **Méthodes expérimentales et théoriques de la physique des surfaces (8h30)**

- [Yves Garreau](#) (Paris)  
Structures de surfaces (1h30)
- [Amina Taleb](#) (Orsay)  
Structure électronique des surfaces et interfaces : la spectroscopie de photoémission (1h30)
- [Thierry Angot](#) (Marseille)  
Méthodes expérimentales de la Physique des Surfaces : structure vibrationnelle (1h30)
- [Jean-Louis Lemaire](#) (Paris)  
Surfaces amorphes et milieux poreux (1h)
- [Paolo Giannozzi](#) (Udine, Italie)  
Approche quantique de l'adsorption (2 x 1h30)

##### **Réactivité des interactions hydrogène / surface (6h30)**

- [Jean-Louis Lemaire](#) (Paris)  
Caractérisation expérimentale des processus gaz/surface (1h)
- [Pascal Larrégaray](#) (Bordeaux)  
Modélisation classique des processus gaz/surface (1h30)
- [Didier Lemoine](#) (Toulouse)  
Modélisation quantique des processus gaz/surface (1h30)
- [Andrei Borisov](#) (Orsay)  
Modélisation et caractérisation des transferts de charge (1h30)
- [Manoj Warrier](#) (Gandhinagar, Inde)
  - [Simulating surface interaction processes on plasma facing surfaces \(1h\)](#)
  - [Modeling plasma surface interaction processes in plasma facing surfaces](#) (article)

##### **Applications (4h)**

- [Cecilia Ceccarelli](#) (Grenoble)  
Environnements chauds en Astrophysique / Deutération (1h)
- [Stéphanie Cazaux](#) (Groningen)  
Environnements froids en Astrophysique / Deutération (1h)
- [Aomar Hadjadj](#) (Reims)  
Etude in situ du transport de l'hydrogène dans des couches minces de a-Si:H (1h)

- [Yannick Marandet](#) (Marseille)  
Interaction plasma-paroi dans les machines de fusion par confinement magnétique (1h)

## **ANNEXE C**

### **- ARCHES workshop - October 2008, 27 - 28<sup>th</sup> - - Elementary mechanisms of hydrogen / carbon-surface interactions - - Program -**

#### **October, Monday 27th**

10:00 - 10:50 Welcoming coffee

10:50 - 11:00 Welcoming remarks

*Review 1* chair: *M. Châtelet*

11:00 - 12:00 L. Hornekaer

Adsorption / desorption / recombination (experimental methods)

12:00 - 13:30 Lunch

*Review 2* chair: *M. Châtelet*

13:30 - 14:30 K. Hassouni

Erosion / deposition / growth in plasma processes

*Astrophysics* chair: *J.-L. Lemaire*

14:30 - 15:00 V. Mennella

Role of H / C interactions in the evolution of hydrogenated carbon grains in the ISM  
V. Mennella

15:00 - 15:30 C. Joblin

Hydrogen / carbon interactions: the case of PAHs

15:30 - 16:00 Break

*Plasma processes* chair: *G. Cartry*

16:00 - 16:30 C. Hopf

Chemical sputtering of C with atomic H, synergetic effects

16:30 - 17:00 R. Clergereaux

Atomic H effect on erosion / deposition mechanisms

17:00 - 18:30 Discussions and posters

20:00 Dinner in Le Vieux Port (La Nautique)

#### **October, Tuesday 28th**

*Simulations* chair: *D. Teillet-Billy*

09:00 - 09:30 C. Girardet

Can KMC simulations and rate equations provide interpretation of desorption of H/gr.

09:30 - 10:00 M. Sizun

Classical simulations of H / graphite interactions

10:00 - 10:30 Break

10:30 - 11:00 S. Cazaux

H<sub>2</sub> formation on graphitic and amorphous-carbon grains in the ISM

11:00 - 12:00 Discussions and posters

12:00 - 13:30 Lunch

*Negative ion formation chair: W. Jacob*

13:30 - 14:30 H. Khemliche & M. Carrère

Electron capture on a graphite surface

14:30 - 15:00 S. Béchu

Vibrationnally excited H<sub>2</sub> formation on graphite surface

15:00 - 15:45 Discussions and conclusions

## ANNEXE D

### REUNION PLENIERE DU GDR ARCHES

4-7 MAI 2009

Résidence Odalys L'île d'or - LA LONDE LES MAURES

### PROGRAMME

#### 4 MAI

14h45 Accueil

#### 1°) INTERACTION HYDROGÈNE-MILIEU BIOLOGIE

Chair : Angot Thierry

15h- 15h45

- *mécanisme catalytique des enzymes impliquées dans la réduction de H<sup>+</sup> et l'oxydation de H<sub>2</sub>.*

**Rousset Marc** (BIP - Marseille – Fr) (GDR BioH<sub>2</sub>)

15h45- 16h

- présentation du GDR BioH<sub>2</sub>

**Rousset Marc** (BIP - Marseille – Fr)

#### 2 INTERACTION HYDROGÈNE-SURFACE EN ASTROPHYSIQUE

Chair : Pauzat Françoise

16H20 – 17H10

- *Hydrogen/Surfaces connection: from Observations to Laboratory and Models*

**Lemaire Jean Louis** (LERMA/ LAMAp - Cergy- Fr)

17h10 – 18h

- *Formation of molecular hydrogen on analogues of interstellar dust grains*

**Vidali Gianfranco** (Syracuse University - Syracuse - USA)

18h – 18h50

- *Modelisation of the formation of molecular Hydrogen on carbonaceous interstellar grains*

**Bachelier Damien** (LCAM - Orsay -Fr)

19h30 – 21h : dîner

Chair : Sidis Victor

21h – 21h 20

- *Laboratory Evidence for the Non-Detection of Excited Nascent H<sub>2</sub> in Dark Clouds*

**Congiu Emanuele** (LERMA/ LAMAp - Cergy -Fr)

21h20 – 21h40

- *Sticking of molecular hydrogen on icy grains: Gas temperature dependence*

**Matar Elie** (LERMA/ LAMAp - Cergy -Fr)

21h40 – 22h

- *Experimental evidence for water formation via ozone hydrogenation dust grains*

**Mokrane Hakima** (LERMA/ LAMAp - Cergy -Fr)

#### 5 MAI

#### 3°) PLASMA D'HYDROGÈNE

Chair : Cadez Iztok

9h – 9h50

- *Interaction of hydrogen plasmas with surfaces : physics, chemistry, and processes  
(Interaction des plasmas d'hydrogène avec les surfaces : physique, chimie et procédés)*

**Jacques Pelletier** (LPSC - Grenoble- Fr)

9h50 – 10h40

- *Plasma wall interactions in ITER and the deuterium tritium inventory problem*

**Grosman André** (CEA-Cadarache - Fr)

11h – 11h50

- *The role of negative ions on the density of excited hydrogen atoms in a hydrogen plasma jet*

**Engeln Richard** (Eindhoven Univ Technol – Eindhoven -NL)

Chair : Roubin Pascale

**16h – 16h50**

- *R&D autour des Injecteurs de Neutres à base d'Ions Négatifs pour ITER.*  
**Simonin Alain** (CEA - Cadarache- Fr)

**16h 50 – 17h20**

- *Thoughts on negative hydrogen ion extraction*  
**Bacal Marthe** (LPP - Palaiseau – Fr)

**17h40 – 18h10**

- *Hydrogen - graphite interaction: Experimental evidences of H atoms temperature influence*  
**Aréou Etienne** (PIIM – Marseille – Fr)

**18h10 – 18h50 : discussion sur le futur du GDR ARCHES**

**21h : POSTERS**

6 MAI

**4°) H, H<sub>2</sub> ET ISOTOPES / SURFACES SEMI CONDUCTRICES ET MÉTALLIQUES**

Chair : Roncin Philippe

**9h – 9h50**

- *Hydrogen/Deuterium at Wide Band-Gap Semiconductor Surfaces: Amazing Physics and Nano-Chemistry*  
**Soukiassian Patrick** (Orsay – Fr)

**9h50 – 10h40**

- *Formation and dissociation mechanisms of H (D)-dopant complexes in mid and wide band gap semiconductor*  
**Chevallier Jacques** (GEMaC – Meudon - Fr)

**11h – 11h50**

- *Theory of the dynamics of H chemisorption and physisorption on graphite*  
**Jackson Bret** (UMASS - Amherst - USA)

Chair : Lemoine Didier

**16h – 16h50**

- *XH<sub>4</sub> molecules dissociation on Si, Ni and Pt single crystal surfaces : survival of excited vibrational modes and transition state structure imitation*  
**Bisson Régis** (EPFL- Lausanne - CH)

**16h 50 – 17h40**

- *Methane dissociation on Ni(111) and Pt(111): The effects of lattice motion and relaxation on reactivity*  
**Nave Sven** (UMASS - Amherst - USA)

**18h – 18h50**

- *First principles theory for a prototype molecule-surface reactive scattering problem*  
**Kroes Geert-Jan** (University Leyden-NL)

**21h : rapports de collaborations**

7 MAI

**5°) INTERACTION HYDROGÈNE-SURFACE DANS LE STOCKAGE DE L'HYDROGÈNE**

Chair : Lemaire Jean Louis

**9h – 9h50**

- *interactions métal-hydrogène pour applications de stockage et de purification : aspects thermodynamiques et cinétiques*  
**Millet Pierre** (ICMMO - Orsay-Fr)

**9h50 – 10h40**

- *Insights from density functional theory simulations on the electronic and thermodynamic properties of novel light-metal amidoborane compounds*  
**B. Kerkeni** (UCL-London-UK)

**11h – 11h30**

- *Sticking and recombination of spin-polarised hydrogen atoms on 3K ice*

**Govers Thomas** (Laboratoire Aecono Consulting-Paris – Fr)

**11h30 – 12h00**

- *Sticking of H atom on graphite surface*

**Morisset Sabine** (PIIM – Marseille – Fr)

**13h – Fin de la réunion**

---

## **ANNEXE E**

Lettres de témoignage :

- datée du 10/09/09 :

Dear Marc and Jean Louis,

I find that GDR ARCHES has been most beneficial and stimulating for promoting cross linking of research in hydrogen-surface interaction in different fields and that it is the perfect platform for mutual communication. It has also been certainly valuable school for young researchers and also for stimulating some international collaboration. I would be happy if I could have contributed more to its success but being still active in fusion relevant hydrogen surface interaction I am prepared to collaborate stronger in the case GDR continues.

Therefore I do strongly support the continuation of GDR ARCHES and would be glad to hear good news on this.

With best regards,

Dr. Iztok Cadez / Association EURATOM-MHEST (Slovenian Fusion Association)

/Department for Low and Medium Energy Physics (F2) / Jozef Stefan Institute / Jamova cesta 39 / SI 1000 Ljubljana / Slovenia

- datée du 09/09/2009

L'hydrogène est considéré aujourd'hui comme un vecteur énergétique potentiellement attractif et comme un moyen de stockage des énergies intermittentes (solaire, éolien, etc.). La levée des nombreux verrous technologiques restants (notamment dans le domaine du stockage ou de la pile à combustible) passe par une meilleure compréhension de la réactivité de l'hydrogène sur des surfaces.

A cet égard la structuration du GDR ARCHES apparaissait très intéressante aux acteurs de la science des matériaux puisqu'elle permettait un échange fructueux entre théoriciens (modélisation de la dissociation de l'hydrogène sur terre ou dans le milieu interstellaire) et physico-chimistes de l'état solide. Le caractère interdisciplinaire du GDR ARCHES a offert par ailleurs une plateforme d'échanges scientifiques très profitable pour notre groupe qui a pu ainsi nouer des contacts fructueux avec la communauté des plasmas très intéressée par l'aspect matériaux ainsi qu'avec l'équipe de M.F Barthe au CEMHTI (ex CERI) d'Orléans.

En conclusion, nous sommes très favorables à la poursuite de ce GDR interdisciplinaire.

Salvatore MIRAGLIA

Group "Intermétalliques & Interstitiels - Conversion de l'Energie"

Dept Matière Condensée, Matériaux, Fonctions - INSTITUT NEEL CNRS

25, rue des Martyrs, F-38042 Grenoble Cedex 9, France

## **Publications des membres du GDR relatives à l'interaction hydrogène/surface**

### [Production of H- Ions by Surface Mechanisms in Cs-free Multi-dipolar Microwave Plasma](#)

Author(s): Bechu, S; Lemoine, D; Bacal, M, et al.

Conference Information: **1st International Symposium on Negative Ions, Beams and Sources**, Date: **SEP 09-12, 2008 Aix en Provence FRANCE**

Source: **NEGATIVE IONS, BEAMS AND SOURCES** Volume: **1097** Pages: **74-83** Published: **2009**

### [Investigation of H- production by surface interaction of the plasma generated in "Camembert III" reactor via distributed electron cyclotron resonance at 2.45 GHz](#)

Author(s): Bechu, S; Bes, A; Lemoine, D ; Pelletier J ; Bacal M.

Conference Information: **12th International Conference on Ion Sources**, Date: **AUG 26-31, 2007 Jeju Isl SOUTH KOREA**

Source: **REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS** Volume: **79** Issue: **2** Article Number: **02A505** Published: **2008**

### [Analysis of carbon deposited layer growth processes in Tore Supra](#)

Author(s): Roubin, P; Pegourie, B; Smirnov, R, et al.

Conference Information: **18th International Conference on Plasma-Surface Interactions in Controlled Fusion Devices**, Date: **MAY 26-30, 2008 Toledo SPAIN**

Source: **JOURNAL OF NUCLEAR MATERIALS** Volume: **390-91** Pages: **49-52** Published: **2009**

### [Fuel retention in impurity seeded long discharges in Tore Supra](#)

Author(s): Tsitrone, E; Bucalossi, J; Brezinsek, S, et al.

Conference Information: **18th International Conference on Plasma-Surface Interactions in Controlled Fusion Devices**, Date: **MAY 26-30, 2008 Toledo SPAIN**

Source: **JOURNAL OF NUCLEAR MATERIALS** Volume: **390-91** Pages: **618-621** Published: **2009**

### [Kinetic Monte-Carlo modeling of hydrogen retention and re-emission from Tore Supra deposits](#)

Author(s): Rai, A; Schneider, R; Warrier, M, et al.

Conference Information: **13th International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-13)**, Date: **DEC 10-14, 2007 Nice FRANCE**

Source: **JOURNAL OF NUCLEAR MATERIALS** Volume: **386** Pages: **41-44** Published: **2009**

### [Angular distributions of H-induced HD and D-2 desorptions from the Si\(100\) surfaces - Comment](#)

Author(s): Bisson, R; Philippe, L; Chatelet, M, et al.

Source: **JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS** Volume: **128** Issue: **1** Article Number: **017101** Published: **2008**

### [Angle-resolved study of hydrogen abstraction on Si\(100\) and Si\(111\): Evidence for non-activated pathways](#)

Author(s): Bisson, R; Philippe, L; Chatelet, M

Source: **SURFACE SCIENCE** Volume: **600** Issue: **19** Pages: **4454-4463** Published: **OCT 1 2006**

### [Dihydride dimer structures on the Si\(100\):H surface studied by low-temperature scanning tunneling microscopy](#)

Author(s): Bellec, A; Riedel, D; Dujardin, G, et al.

Source: **PHYSICAL REVIEW B** Volume: **78** Issue: **16** Article Number: **165302** Published: **2008**

### [Isotopic effects in the sticking of H and D atoms on the \(0001\) graphite surface](#)

Author(s): Morisset, S; Ferro, Y; Allouche, A

Source: **CHEMICAL PHYSICS LETTERS** Volume: **477** Issue: **1-3** Pages: **225-229** Published: **2009**

### [Stability and magnetism of hydrogen dimers on graphene](#)

Author(s): Ferro, Y; Teillet-Billy, D; Rougeau, N, et al.

Source: **PHYSICAL REVIEW B** Volume: **78** Issue: **8** Article Number: **085417** Published: **2008**

### [Model for thermal desorption of hydrogen atoms from a graphite surface based on kinetic Monte Carlo simulations](#)

Author(s): Dumont, F; Picaud, F; Ramseyer, C ; Girardet C ; Frro Y ; Allouche A.

Source: **PHYSICAL REVIEW B** Volume: **77** Issue: **23** Article Number: **233401** Published: **2008**

[Interactions of H with tungsten carbide surfaces: An ab initio study](#)

Author(s): Marinelli, F; Jelea, A; Allouche, A

Source: **SURFACE SCIENCE** Volume: **601** Issue: **2** Pages: **578-587** Published: **JAN 15 2007**

[Measurement of the adsorption energy difference between ortho- and para-D2 on an amorphous ice surface.](#)

Author(s): Amiaud, L; Momeni, A; Dulieu, F, et al.

Source: **Phys Rev Lett** Volume: **100** Issue: **5** Pages: **056101** Published: **2008 Feb**

[Interaction of atomic and molecular deuterium with a nonporous amorphous water ice surface between 8 and 30 K.](#)

Author(s): Amiaud, L; Dulieu, F; Fillion, J-H, et al.

Source: **J Chem Phys** Volume: **127** Issue: **14** Pages: **144709** Published: **2007 Oct 14**

[Sequestration of noble gases by H-3\(+\) in protoplanetary disks and outer solar system composition](#)

Author(s): Mousis, O; Pauzat, F; Ellinger, Y, et al.

Source: **ASTROPHYSICAL JOURNAL** Volume: **673** Issue: **1** Pages: **637-646** Published: **2008**

[H-3+ as a trap for noble gases-3: Multiple trapping of neon, argon, and krypton in XnH3+ \(n=1-3\)](#)

Author(s): Pauzat, F; Ellinger, Y; Pilme, J, et al.

Source: **JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS** Volume: **130** Issue: **17** Article Number: **174313** Published: **2009**

[Unrestricted study of the Eley-Rideal formation of H-2 on graphene using a new multidimensional graphene-H-H potential: role of the substrate](#)

Author(s): Bachellerie, D; Sizun, M; Aguilon, F, et al.

Source: **PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS** Volume: **11** Issue: **15** Pages: **2715-2729** Published: **2009**

[Theory of grazing incidence diffraction of fast atoms and molecules from surfaces](#)

Author(s): Manson, JR; Khemliche, H; Roncin, P

Source: **PHYSICAL REVIEW B** Volume: **78** Issue: **15** Article Number: **155408** Published: **2008**

[H- production on a graphite surface in a hydrogen plasma](#)

Author(s): Schiesko, L; Carrere, M; Cartry, G, et al.

Source: **PLASMA SOURCES SCIENCE & TECHNOLOGY** Volume: **17** Issue: **3** Article Number: **035023** Published: **2008**

[Is the LEPS potential accurate enough to investigate the dissociation of diatomic molecules on surfaces?](#)

Author(s): Martin-Gondre, L; Crespos, C; Larregaray, P, et al.

Source: **CHEMICAL PHYSICS LETTERS** Volume: **471** Issue: **1-3** Pages: **136-142** Published: **2009**

[Investigations on electrical properties of a-C : H thin films deposited in a Microwave Multipolar Plasma reactor excited at Distributed Electron Cyclotron Resonance](#)

Author(s): Kihel, M; Clergereaux, R; Escaich, D, et al.

Conference Information: **18th European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, Nitrides and Silicon Carbide**, Date: **SEP 09-14, 2007 Berlin GERMANY**

Source: **DIAMOND AND RELATED MATERIALS** Volume: **17** Issue: **7-10** Pages: **1710-1715** Published: **2008**

[Carbon dust formation in a cold plasma from cathode sputtering](#)

Author(s): Arnas, C; Mouberti, A; Hassouni, K, et al.

Conference Information: **18th International Conference on Plasma-Surface Interactions in Controlled Fusion Devices**, Date: **MAY 26-30, 2008 Toledo SPAIN**

Source: **JOURNAL OF NUCLEAR MATERIALS** Volume: **390-91** Pages: **140-143** Published: **2009**

[Nanostructure of carbon dust generated in plasmas of different parameters](#)

Author(s): Arnas, C; Mouberti, A; Hassouni, K, et al.

Conference Information: **5th Interantional Conference on Physics of Dusty Plasmas**, Date: **MAY 18-23, 2008**

**Ponta Delgada PORTUGAL**

Source: **MULTIFACETS OF DUSTY PLASMA** Volume: **1041** Pages: **33-36** Published: **2008**

[Vibrations and thermodynamics of clusters of polycyclic aromatic hydrocarbon molecules: The role of internal modes](#)

Author(s): Rapacioli, M; Calvo, F; Joblin, C ; Parneix P ; Spiegelman F

Source: **JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY A** Volume: **111** Issue: **16** Pages: **2999-3009** Published: **APR 26 2007**

[Formation and destruction of polycyclic aromatic hydrocarbon clusters in the interstellar medium](#)

Author(s): Rapacioli, M; Calvo, F; Joblin, C ; Parneix P ; Toubanc D ; Spiegelman F

Source: **ASTRONOMY & ASTROPHYSICS** Volume: **460** Pages: **519-531** Published: **2006**

[Investigation of D\(H\) abstraction by means of high resolution electron energy loss spectroscopy](#)

Author(s): Thomas, C; Angot, T; Layet, JM

Source: **SURFACE SCIENCE** Volume: **602** Issue: **13** Pages: **2311-2314** Published: **2008**

[Structural characterization and some hydrogen absorption properties of \(Mg<sub>x</sub>Ca<sub>1-x</sub>\)Ni<sub>2.6</sub>: A new phase in the Mg-Ca-Ni system](#)

Author(s): Miraglia, S; Girard, G; Fruchart, D, et al.

Source: **JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS** Volume: **478** Issue: **1-2** Pages: **L33-L36** Published: **2009**

[Hydrogen-induced structural transformation in TiV<sub>0.8</sub>Cr<sub>1.2</sub> studied by in situ neutron diffraction](#)

Author(s): Miraglia, S; Fruchart, D; Skryabina, N, et al.

Conference Information: **15th International Conference on Solid Compounds of Transition Elements**, Date: **JUL 15-20, 2006 Jagiellonian Univ, Inst Phys Cracow POLAND**

Source: **JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS** Volume: **442** Issue: **1-2** Pages: **49-54** Published: **2007**

[Comparative study of H<sub>2</sub> adsorption on W\(100\)-c\(2x2\) Cu and W\(100\): Surface alloying effects](#)

Author(s): Martinez, AE; Dong, W; Busnengo, HF

Conference Information: **13th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS 13)**, Date: **NOV 06-10, 2006 San Carlos de Bariloche ARGENTINA**

Source: **APPLIED SURFACE SCIENCE** Volume: **254** Issue: **1** Pages: **82-86** Published: **2007**