

Groupe de Recherches sur l'Energétique
des Milieux Ionisés – GREMI
UMR 7344 CNRS - Université d'Orléans
14 Rue d'Issoudun BP 6744
45067 ORLEANS Cedex 2

Institut INSIS
Section 10
FR776 EPEE

CV

Pascal Brault
Directeur de Recherche au CNRS

Orléans, 15 Septembre 2016

CURRICULUM VITAE

Nom : M. BRAULT Pascal

Date et lieu de Naissance : né le 15 février 1961 à LE BLANC (36)

Nationalité : Française

Situation de famille : marié, 2 enfants

Adresse personnelle : 2 allée du sentier 45560 St Denis en Val

Téléphone : 06 31 49 87 90

Situation professionnelle : Directeur de Recherche 1^o Classe CNRS au 1^o octobre 2014 (Recruté au CNRS comme Chargé de Recherche en mars 1988)

Directeur de la FR776 EPEE 'Energie, Propulsion, Espace, Environnement depuis le 01/01/2006

Délégué Scientifique au CNRS en charge de l'Energie.

Adresse professionnelle :

Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés, UMR7344 et FR 776

Polytech'Orléans Université d'Orléans BP 6744, 45067 ORLEANS Cedex 2

Tel : 02 38 41 71 25 Fax 02 38 41 71 54 e-mail Pascal.Brault@univ-orleans.fr

Langues étrangères : Anglais et Allemand, écrites et parlées



Titres universitaires :

Habilitation à diriger des Recherches (Orléans 20 mars 1992)

Interactions Plasma -Surface : Gravure du silicium par plasmas fluorés. Physico-chimie et modifications structurales en surface.

Jury : B. Dubreuil (Président), J. P. Gauyacq (Rapporteur), M. Stutzmann (Rapporteur), P. Ranson (Rapporteur), J. P. Toennies, H. Estrade-Szwarckopf, R. Vetter, C. Leborgne, O. Vallée

Doctorat en Sciences de l'Université d'Orléans (Orléans, 12 juin 1987, Dir. de thèse : Prof. O. Vallée)

Modèles semiclassiques en théorie des collisions : applications l'étude du couplage radial, aux collisions réactives induites par un champ de rayonnement et à l'élargissement des raies de Rydberg solaires.

(Préparé à l'Observatoire de Paris-Meudon au Département Atomes et Molécules en Astrophysique)

Jury : J. Chapelle (Président), B. Dubreuil (Rapporteur), N. Tran Minh (Rapporteur), G. Chambaud, N. Feautrier, G. Grynberg, O. Vallée, R. Vetter

DEA Physique des Gaz et Plasmas (Orléans, 1984)

Maîtrise de Physique (Orléans, 1983)

Licence de Physique (Orléans, 1982)

DEUG A (Orléans, 1981)

Baccalauréat série C (Orléans, 1979)

Séjour de longue durée à l'étranger : Boursier Fondation Alexander von Humboldt

Mise à disposition auprès de l'Institut Max-Planck « Mécanique des fluides »
(Département des interactions moléculaires, Prof. J. P. Toennies, Göttingen)
Juillet 1992 -Août 1993

Lauréat du Prix Tremplin Recherche 2008 (Sénat 12 février 2008)

http://www.senat.fr/colloques/tremplin_recherche_3/tremplin_recherche_35.html

Lauréat du trophée de la recherche Publique »Energie Environnement Climat 2015 de l'ADEME

Formations : Intelligence Economique (IHEDN septembre 2009)

Sécurité économique et protection du patrimoine (IHEDN janvier 2010)

- **Activités de recherches**

- Spécialiste des traitements et dépôts de couches minces par plasma. Les applications concernent les matériaux pour l'énergie (piles à combustible, batterie, ...), les revêtements pour le packaging, en particulier dans le domaine de la cosmétique.
- Modélisation de la croissance des dépôts plasma par dynamique moléculaire parallèle. Je suis co-auteur de 131 articles dans des revues internationales à comité de lecture, plus de plus de 200 communications à des conférences nationales ou internationales dont 42 sur invitation. Je suis co-inventeur de 7 brevets, 3 faisant l'objet d'extensions internationales dont une publication aux US et une Europe.

- **Résumé des activités de recherches**

Après m'être consacré au cours de ma thèse de Doctorat (1984 -1987), à des problèmes de Physique Atomique et Moléculaire théorique (Collisions atome(ion)-atome(ion) et atome-molécule, dynamique réactionnelle), j'ai été recruté en 1988 au CNRS comme chargé de recherche, afin de mener au laboratoire GREMI (Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés, UMR6606) un programme d'étude des interactions Plasma-Surface. L'objectif était d'introduire au laboratoire des études de surfaces traitées par plasmas fluorés. De 1988 à 1992, j'ai donc acquis et introduit les méthodologies et techniques d'analyses de surface dans l'équipe plasma basse pression dont je suis maintenant le responsable. Cet apport a porté sur la compréhension des mécanismes élémentaires de la gravure du silicium par plasmas fluorés en collaboration avec France-Telecom (Grenoble) et avec les centres d'analyses d'Orléans (XPS, RBS, NRA) sur les technologies 0.35 μm des circuits intégrés. De plus, j'ai développé un diagnostic in-situ de surface : la spectroscopie Raman qui a permis d'observer la diffusion du fluor dans le silicium lors de la gravure. En collaboration avec France-Telecom, j'ai lancé un programme d'étude de la rugosité induite lors de la gravure et de ses conséquences sur la miniaturisation des circuits intégrés. Ceci a conduit à introduire, en collaboration avec le GPEC (Marseille) les concepts issus de la physique statistique (lois d'échelle, fractals) pour décrire correctement cette rugosité.

Afin de parfaire mes connaissances sur la réactivité des surfaces, j'ai effectué un séjour d'un an (1992-1993) à Göttingen (Institut Max Planck, sous la direction du Prof. J. P. Toennies) avec une bourse Alexander von Humboldt. J'ai fait un travail expérimental (interactions faisceau moléculaire-surface) et théorique (dynamique moléculaire) sur les étapes initiales de l'oxydation des métaux (Al(111) et Rh(111)).

Au retour de ce séjour, les réorientations au sein du laboratoire m'ont conduit à prendre en charge l'étude des plasmas basse pression pour une application nouvelle : l'élaboration de surfaces à propriétés catalytiques. Ce travail s'est inséré dès son démarrage dans deux programmes CNRS : « Catalyse et Catalyseurs pour l'industrie et l'environnement » : avec l'Institut de Recherche sur la Catalyse (IRC Villeurbanne, C. Mirodatos et J. C. Bertolini) et « Ultimatech » (dont j'étais le coordinateur): avec le Centre de Recherches sur la Matière Divisée (CRMD Orléans, C. Andreazza, P. Andreazza, H. Estrade, B. Rousseau).

Ce travail a permis de mettre en évidence de nouveaux modes de croissance liés aux effets des ions du plasma. En particulier, nous avons observés des lois de croissance différentes des lois obtenues par évaporation sous vide. En augmentant le rapport flux d'ions sur flux d'atomes métalliques nous avons mis en évidence, pour le palladium, une transition entre croissance en agrégats vers la croissance d'un film continu de faible épaisseur (<100 Å). Ceci a permis d'orienter le travail vers des activités plus en prise avec les préoccupations du département SPI : la synthèse des matériaux de coeur de piles à combustible en collaboration avec l'Institut Européen des Membranes à Montpellier et l'IC2MP (maintenant IC2MP) de Poitiers dans le cadre du programme Energie (GAT 3.). Une ACI – Energie, Conception Durable – « PLASMAPAC » nous a été accordée en Juillet 2004(→ 2007) : il s'agissait avec l'IEM Montpellier, l'IC2MP et le LET de Poitiers de réaliser et tester des piles PEMFC et DMFC par voie plasma. En 2008, nous avons obtenu le financement d'un projet du Programme Interdisciplinaire Energie du CNRS « AMELi-0Pt » (2008-2011) coordonnée par l'IC2MP. Ce travail se poursuit dans le cadre du PIE CNRS avec l'obtention d'un financement PIE AMEPlas en juin 2010 concernant le dépôt direct d'électrodes sur

membranes, que je coordonne, en collaboration avec l'IC2MP. Ce travail fait l'objet d'une collaboration avec le groupe Space Plasma, Power and Propulsion group (SP3), RSPHysSE Australian National University dans le cadre d'un GDR-I « Plasmas » (2005-2010). De plus, j'ai été le responsable d'un programme de recherche et développement en collaboration avec l'IEM Montpellier, une PME MHS Equipment (ex-Aprim Vide) et la communauté de l'agglomération du Drouais (maître d'ouvrage via son dispositif Innovation : MID Dreux Innovation) destiné à valider les procédés plasma de pulvérisation et PECVD pour la fabrication de piles à combustible par voie tout plasma (2006 → 2008). Le budget était de 2.2 M€, financé par la CadD, l'Etat, l'Europe (FSE) et la Région Centre, comprenant l'acquisition de deux réacteurs plasma par le GREMI et l'IEM et leur fonctionnement, ainsi que le prototype industriel. Ce prototype industriel combinant ces deux techniques est maintenant installé dans locaux de MID Dreux Innovation et doit valider les transferts de technologie à une échelle pré-industrielle. Le volet personnel comprenait 1 ingénieur et 1 technicien chez MHS-Equipment (2 ans), 1 postdoc au GREMI (2 ans + 1 an) et un post doc (1 an) et 1 thèse (3 ans) à l'IEM. Une bourse (MHS Equipment, puis PIE, puis MID Dreux Innovation) et un Ingénieur Valorisation CNRS depuis novembre 2008 ont permis de continuer.

Ce travail débouche sur un projet ANR EMERGENCE « AMADEUS » accepté en 2010. En 2011, nous sommes partenaire du projet d'EQUIPEX EXCELAME porté par le CEA Le Ripault, avec également l'IC2MP, l'ICGM et le LGPP, qui n'a malheureusement pas abouti. Des performances de piles à combustible compétitives au niveau international ont été obtenues et publiées en 2009, avec cette technique soit en termes de puissances rapportées à la masse de platine situées entre 3 et 20 kW_{gPt}⁻¹. Cette dernière valeur est une première mondiale qui a récemment été publiée. Ce travail est reconnu dans la communauté internationale comme le meilleur résultat du moment (S. Martin et al, International Journal of Hydrogen Energy 35 (2010) 10446 : « *At present, the highest utilization of platinum at ultra-low loadings has been achieved with electrodes prepared by sputtering methods [10: Electrochemistry Communications 11, 859 – 861 (2009)]* »).

En 2011, un pas supplémentaire a été fait ; nous avons obtenu une performance de 250 kW_{gPt}⁻¹, en alliant 1 μg_{Pt}cm⁻² de platine à du palladium à la cathode et avec uniquement du palladium à l'anode. Ceci ouvre une sérieuse perspective pour les applications transports. Concernant les dépôts directs d'électrodes sur membranes électrolytes, je suis le coordinateur d'un nouveau projet PIE 2010-2013 : AMEPlas qui concerne le dépôt direct d'électrodes sur membrane par pulvérisation plasma ainsi que de l'ANR EMERGENCE « AMADEUS » avec l'IC2MP, le CEA Le Ripault et FIST SA en tant que structure de valorisation du projet. Les résultats conduisent à des performances de 500 mWcm⁻² avec des charges en Pt de 10 μg_{Pt}cm⁻².

La reconnaissance internationale obtenue sur ce sujet, me conduit à coordonner le projet Européen SMARTCat (01/06/2013 – 31/05/2017) dans le cadre de la JTI FCH-JU. Le consortium est composé du CNRS (GREMI + IC2MP), du CEA Le Ripault, de SINTEF (NO), Danish Technical University (DK) et mxpolymers (NL, SME).

Nous nous intéressons également aux piles SOFC en couches minces pour compléter la palette de possibilités offertes par la pulvérisation plasma pour l'innovation scientifique et technique du domaine. Le potentiel de la méthode n'est plus à démontrer et les compétences acquises dans la maîtrise du plasma et des couches minces permettent là aussi de pouvoir faire des avancées significatives : les performances à 850°C sont maintenant de 400 mWcm⁻². Ce qui correspond aux performances des piles actuellement commercialisées.

Depuis 4 ans, en support des expériences, j'ai sensiblement augmenté mon implication dans des travaux de modélisation et de simulation avec de nouveaux partenaires : le MAPMO-UMR6628 Orléans et l'IJLRA-UMR7190 Paris VI (Ch. Josserand). Ces travaux concernent l'évolution de la morphologie de surface des couches minces déposées par plasma et les processus de diffusion dans les couches minces poreuses également assistés par plasma avec une approche équations aux dérivées partielles. L'étude des étapes élémentaires de la croissance de couches minces est menée avec des simulations par dynamique moléculaire

classique. Ceci est renforcé par l'implication dans le projet ANR « PlasBorDDiAM » pour lequel nous devons mener des simulations de la croissance de diamant fortement dopé au bore, et ce en restant au plus près des expériences de CVD plasma microonde. Le consortium est composé du LSPM (Villetaneuse, coordinateur), du LIMSI (Orsay), du EM2C (Chatenay-Malabry) et du GREMI (Orléans).

Ces activités deviennent maintenant bien reconnues : j'ai écrit un article invité pour le Journal of Physics D, « L. Xie, P. Brault, J.-M. Bauchire, A.-L. Thomann, L. Bedra, Molecular Dynamics simulations of clusters and thin film growth in the context of plasma sputtering deposition, J. Phys D 47 (2014) 224004 » pour le numéro spécial « Fundamentals of plasma-surface interactions » et un article de revue sur invitation qui est publié dans Catalysis Today « P. Brault and E. Neyts, Molecular dynamics simulations of supported metal nanocatalyst formation by plasma sputtering, Cat.Today 256 (2015) 3-12.

- **Responsabilités scientifiques :**

- Coordinateur du projet européen SMARTCat de la JTI Fuel Cell and Hydrogen (2013-2017) avec CEA, SINTEF (NO), DTU (DK), mxpolymers (NL, SME)
- Coordinateur du projet ANR EMERGENCE « AMADEUS » (2011-2013)
- Coordinateur du projet AMEPlas 2010-2013 du Programme Interdisciplinaire Energie du CNRS,
- Durant les 4 dernières années en cours, j'ai enseigné environ 15h (Agrégats et réactivité, matériaux pour l'Energie), en master Physique et Sciences Pour l'Ingénieur dont j'ai été le co-responsable jusqu'en 2012, 20h en master mathématiques (EDP et interfaces) et 16h en 4eme Année de Polytech (Analyse et simulations numériques).
- Actuellement, j'encadre 1 thèse au sein du GREMI, sur un total de 13 soutenues.
- Responsable au GREMI de Axe I Procédés plasma et laser - croissance de couches minces et nanomatériaux (environ 30 personnes au total) de 01/2012 à 02/2015.
- Responsable au GREMI d'une équipe de 10 chercheurs (3 permanents CNRS, 1 assistant-ingénieur, ainsi que des post-doctorants et doctorants), jusqu'en 2011
- Associate Editor of "Frontiers in Physics : Plasma Physics" <http://journal.frontiersin.org/journal/physics/section/plasma-physics#>
- Membre du comité scientifique des conférences internationales « Innovations on Thin Films Processing and Characterisation » et « International Symposium on Plasmas for Catalysis and Energy Materials ».
- Expert pour les programmes de l'ANR et Hubert Curien PHC,
- Vice-Président du Comité d'Evaluation Scientifique 2014 du Défi 2 Energie de l'ANR
- Président du Comité d'Evaluation Scientifique 2015-2017 du Défi 2 Energie de l'ANR
- Expert pour le Belgian Science Policy (expertise et suivi d'un projet de réseau Interuniversity Attraction Poles),
- Referee pour de nombreuses revues internationales à comité de lecture,
- Membre du panel d'expert pour le FP7,
- Responsable d'un projet de recherche Région Centre sur les SOFC (Solid Oxid Fuel Cell) avec le CEA,
- En 2007-2008, responsable du volet Région Centre du projet INTERREG IIC "International Cooperation Platform for Sustainability" (ICOPS),
-

- **Responsabilités administratives**

- Délégué Scientifique au CNRS en charge de l'Energie
- Directeur de la FR776 EPEE –Energétique, Propulsion, Espace, Environnement depuis 2006
- Directeur de l'ITP Energie & Matériaux de l'Université d'Orléans (2013-2015)
- Je représente le CNRS au Groupe de Travail « Stratégie » de l'Alliance ANCRE, qui est composé d'un représentant de chaque membre fondateur (ie CNRS, CEA, IFPEN et CPU) : rédaction de la contribution ANCRE à la SNR et aux plans d'action de 2014, 2015 de l'ANR.

- Co-Animateur du Groupe Programmatique 10 de l'Alliance ANCRE, « Stockages et réseaux de l'Energie »jusque 2016,
- Co-animateur du GT Vecteurs, Stockages et réseaux de la cellule Energie du CNRS
- Responsable du Projet CPER « Pôle de Compétences et de Recherches sur les Energies du futur » 2007-2013 (budget à gérer : 4.3Meuros de subventions (Etat CNRS, région Centre, FEDER)
- Membre du conseil d'administration de l'Université d'Orléans ainsi que du bureau de la présidence de l'Université d'Orléans (2008-2012),
- Membre du Conseil d'Administration du PRES Centre Val de Loire Université
- Expert du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche pour le Crédit Impôt Recherche
- Membre du Comité d'Orientation Stratégique la plateforme ALHYANCE (partenariat d'institut de recherche dont le CEA Le Ripault, d'industriels et de collectivités) : membre du conseil scientifique et du comité d'orientation stratégique.
- Co-responsable du Master Physique et Sciences Pour l'Ingénieur (PSPI) 2008-2011
- Membre du comité national de la recherche scientifique de 2000 à 2004

10 publications significatives (sur 131)

1. P. Brault, A. Caillard, A. L. Thomann, J. Mathias, C. Charles, R. W. Boswell, S. Escibano, J. Durand, T. Sauvage, *Plasma sputtering deposition of platinum into porous fuel cell electrodes*, J. Phys. D 37 (2004) 3419–3423
2. P. Brault, Ch. Jossierand, J.-M. Bauchire, A. Caillard, Ch. Charles, R. W. Boswell, *Anomalous diffusion mediated by atom deposition into a porous substrate*, Phys. Rev. Lett. 102 (2009) 045901
3. M. Cavarroc, A. Ennadjou, M. Mougnot, P. Brault, R. Escalier, Y. Tessier, J. Durand, S. Roualdès, T. Sauvage, C. Coutanceau, *Performance of plasma sputtered Fuel Cell electrodes with ultra-low Pt loadings*, Electrochemistry Communications 11, 859 – 861 (2009)
4. D. B. Graves, P. Brault, *Molecular dynamics for low temperature plasma-surface interaction studies*, J. Phys. D 42 (2009) 194011, (Topical Review, 27 pages)
5. P. Brault (Review Article), *Plasma deposition of catalytic thin films: Experiments, Applications, Molecular modeling*, Surf. Coat. Technol. 205 (2011) S15-S23
6. X. N. Guo, P. Brault, G. Zhi, A. Caillard, G. Jin, XY. Guo, *Structural Evolution of Plasma Sputtered Core-shell Nanoparticles for Catalytic Combustion of Methane*, J. Phys. Chem. C 115 (2011) 24164-24171
7. M. Mougnot, A. Caillard, P. Brault, S. Baranton, C. Coutanceau, *High Performance Plasma Sputtered PdPt Fuel Cell Electrodes with Ultra Low Loading*, International Journal of Hydrogen Energy 36 (2011) 8429-8434
8. L. Xie, P. Brault, J.-M. Bauchire, A.-L. Thomann, L. Bedra (article invité), *Molecular Dynamics simulations of clusters and thin film growth in the context of plasma sputtering deposition*, J. Phys D 47 (2014) 224004
9. L. Xie, P. Brault, C. Coutanceau, A. Caillard, J. Berndt, E. Neyts, *Efficient amorphous platinum catalyst cluster growth on porous carbon: A combined Molecular Dynamics and experimental study*, Appl. Cat. B, 62 (2014) 21 – 26
10. P. Brault, E. Neyts, *Molecular dynamics simulations of supported metal nanocatalyst formation by plasma sputtering*, Catalysis Today 256 (2015) 3-12

See for details :

<http://www.univ-orleans.fr/gremi/pascal-brault>

<http://Pascal.Brault.pagesperso-orange.fr>

http://www.researchgate.net/profile/Pascal_Brault

<https://fr.linkedin.com/in/pascal-brault-45b3b093>

<http://www.researcherid.com/rid/A-7027-2009>

http://scholar.google.fr/citations?user=Jzng5nEAAA&hl=frhttps://www.researchgate.net/profile/Pascal_Brault

