

**ACTIVITÉS
(2002-2003)
et
PLANIFICATION**

Avril 2003

TABLE DES MATIÈRES

PAGES

NATURE ET OBJECTIFS DE PLASMA-QUÉBEC	1
BILAN GÉNÉRAL DE 15 MOIS DE REGROUPEMENT	2
PROGRAMMATION SCIENTIFIQUE DES PARTENAIRES	4
Partenaires universitaires.....	4
Partenaires institutionnels et industriels	7
QUELQUES FAITS SAILLANTS EN 2002 – 2003	9
Évènements.....	9
Recherche et développement	10
LISTE DES PROJETS EN COURS	19
COLLABORATIONS	22
Collaborations intra-réseau.....	22
Collaborations avec d'autres universités et instituts	22
Collaborations industrielles	24
ACTIVITÉS PRÉVUES ET RÉALISATIONS ANTICIPÉES.....	25
ANNEXE I - Formation : étudiants, stagiaires, et diplômes décernés.....	27
ANNEXE II - Colloques, séminaires, conférences et visiteurs.....	33
ANNEXE III - Brevets et publications.....	35
ANNEXE IV - Subventions et contrats en cours.....	41
ANNEXE V - Utilisations des fonds de Plasma-Québec.....	45

PLASMA-QUÉBEC ACTIVITÉS (2002-2003) ET PLANIFICATION

NATURE ET OBJECTIFS DE PLASMA-QUÉBEC

Plasma-Québec constitue un "réseau stratégique" en science et applications avancées des plasmas soutenu par le fonds *Sciences de la nature et technologies (NATEQ)* du Ministère de l'éducation du Québec. Ce réseau a été créé en 2002 mais il se base sur une expertise québécoise remontant aux années 1960. Déjà, avant la création de ce réseau, le Québec regroupait la plus grosse part des chercheurs et des ressources dans ce domaine au Canada. Le réseau vise à renforcer et à exploiter ces forces par des moyens tels que la communication, les échanges et le partage des infrastructures. Le réseau est centré sur quatre universités (auxquelles l'essentiel du financement est destiné) mais il comprend aussi huit partenaires gouvernementaux ou industriels – et il est ouvert à d'autres.

Pour expliciter les objectifs de Plasma-Québec il suffit de simplement citer les objectifs que nous nous sommes engagés à poursuivre lors de la demande de subvention :

- DÉVELOPPER LES APPLICATIONS DES PLASMAS EN FAVORISANT LES COLLABORATIONS MULTIDISCIPLINAIRES;
- MAINTENIR UN MILIEU STIMULANT DE FORMATION DE PERSONNEL QUALIFIÉ DANS TOUTE LA GAMME DES CONNAISSANCES ET DES APPLICATIONS LIÉES AUX PLASMAS;
- AGIR COMME GUICHET UNIQUE DE SAVOIR-FAIRE AFIN D'ACCROÎTRE ET DE GÉNÉRALISER LA COLLABORATION UNIVERSITÉ-INDUSTRIE, ET AINSI CONTRIBUER À L'ESSOR ÉCONOMIQUE DU QUÉBEC;
- FAVORISER LE MAILLAGE ENTRE SCIENCE, INGÉNIERIE, INDUSTRIE ET FORMATION.

Plasma-Québec ne finance pas directement les projets de recherche, seulement les échanges, le rayonnement et le transfert, et la mise en commun des infrastructures. (À ce titre, sa contribution est tout de même de l'ordre de 10% du total des fonds de fonctionnement des chercheurs à l'exclusion de leurs salaires). On ne peut donc pas accoler une réalisation particulière au financement de Plasma-Québec et, pour cette raison, ce rapport couvre l'ensemble des activités des chercheurs, qui ont toutes profité d'une façon ou d'une autre de ces fonds.

Ce rapport couvre la période de janvier 2002 à mars 2003.

BILAN GÉNÉRAL DE 15 MOIS DE REGROUPEMENT

Bien que le financement n'ait finalement débuté qu'en juin 2002, les rencontres et la concertation se sont amorcées dès l'annonce de l'octroi de la subvention en janvier 2002. Le Comité de direction représentant les quatre universités et formé de F. Gitzhofer, J.-L. Meunier, M. Moisan et B. Terreault (président) s'est réuni en janvier pour jeter les bases du regroupement et organiser les premières activités, par exemple une rencontre générale des chercheurs en avril. Les participants à cette réunion ont pu y réaliser la variété étonnante d'investigations et de développements qui sont menés chez les partenaires. Ce fût une occasion de rapprochement à deux points de vue au moins : d'une part entre une science des plasmas très novatrice aux applications encore incertaines et une ingénierie solidement branchée sur le milieu industriel, et d'autre part entre physiciens et chimistes. Le rédacteur de ces lignes peut témoigner qu'il y a découvert nombre d'applications des plasmas qu'il ne soupçonnait même pas.

Cette rencontre et les contacts qui ont suivi ont déjà suscité quatre collaborations entre deux, trois ou même les quatre universités. La constatation que nous avons des besoins communs a aussi poussé trois d'entre nous à présenter en 2003 à la FCI et au MEQ¹ une demande commune d'infrastructure pour la production de plasma et la caractérisation de matériaux. De plus, les substantielles infrastructures déjà existantes ont été améliorées grâce aux fonds attribués.

Dès la première année, la présence de Plasma-Québec s'est fait sentir à plusieurs niveaux. Trois chercheurs bien connus ont accepté de faire partie de notre Comité aviseur international. Il s'agit de François Amiranoff, directeur adjoint du LULI (Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses) de l'École Polytechnique (France), de Christopher C. Bernd, professeur au département de science et ingénierie des matériaux et doyen associé, State University of New York at Stony Brook, et de Jacques Pelletier, professeur à l'Institut Polytechnique de Grenoble et directeur de la plate-forme technologique Plasma Recherche Innovation. Nous avons aussi rejoint des organisations internationales existantes ou embryonnaires dédiées aux plasmas.

Par ailleurs, grâce à notre initiative, nous avons eu quatre conférences par invitation au congrès de l'Association canadienne des physiciens et nous avons été présents à une vingtaine d'autres conférences en grande majorité internationales. Nous avons à notre tour invité une dizaine de conférenciers ou de visiteurs connus internationalement, soit dans une de nos institutions, soit pour le colloque "Science et ingénierie des plasmas" tenu à l'occasion du congrès de l'ACFAS-2003.

Au niveau des communications nous avons mis beaucoup d'effort à réaliser sans tarder un dépliant d'information et surtout un site sur la Toile (www.plasmaquebec.ca). Quatre nouveaux partenaires industriels sont venus rejoindre les quatre partenaires déjà présents (deux institutionnels et deux industriels), et une nouvelle collaboration industrielle a été démarrée.

En ce qui concerne la formation, on peut noter que le cours "Interaction des particules et des plasmas avec les matériaux" a été donné, pour la première fois, à des étudiants de l'Université de Montréal en plus de ceux de l'INRS. Par ailleurs, une réflexion sur le remaniement des cours avancés en procédés

¹ Équipements financés à hauteur de 40% par la FCI (Fondation canadienne pour l'innovation), 40 % par le MEQ (Ministère de l'éducation du Québec) et 20% par l'INRS et des partenaires industriels.

plasma a été amorcée aux universités de Sherbrooke et McGill. A notre avis, cependant, le fait le plus important est que les étudiants des quatre universités ont pu se rencontrer et rencontrer nos partenaires lors d'un colloque sur le transfert technologique (décembre 2002), et lors du colloque à l'ACFAS.

Pour résumer, nous considérons que Plasma-Québec a été lancé et rodé, et possède maintenant la plupart des atouts pour remplir son mandat. Il convient à présent d'énoncer notre principale priorité pour l'année à venir. Elle consistera à renforcer l'aspect "guichet unique" de Plasma-Québec auprès de l'Industrie. En plus de maintenir le contact avec tous les clients présents et passés, il importera avant tout d'identifier les industries québécoises qui, sans utiliser les plasmas aujourd'hui, sont susceptibles de devenir d'éventuels utilisateurs, que ce soit dans le but d'améliorer leurs produits, d'accroître leur productivité, ou de développer de nouveaux marchés. Une action précise est déjà amorcée dans ce sens avec le Ministère du développement économique.

PROGRAMMATION SCIENTIFIQUE DES PARTENAIRES

PARTENAIRES UNIVERSITAIRES

INRS – Groupe de recherche sur les plasmas créés par laser

Ce groupe utilise les lasers à impulsions brèves (10^{-8} – 10^{-16} s), soit pour synthétiser ou analyser des matériaux, soit pour développer de nouvelles méthodes d'imagerie. Dans le premier volet, on utilise des lasers intenses pour créer des plasmas qui deviennent sources de matière pour le dépôt de couches minces ou la formation de nanomatériaux. Le plasma créé par laser peut également servir de source de photons pour analyser la composition des matériaux avec une très haute sensibilité. Dans le deuxième volet, on utilise la gamme de longueurs d'onde allant des ultrasons (GHz) pour la caractérisation des matériaux aux rayons-x durs (dizaines de keV) pour la radiographie appliquée au cancer du sein et à la microtomographie animale. Le programme repose sur une synergie entre expériences et simulations numériques qui permet de guider le développement de nouveaux outils et ainsi préparer les transferts de technologie. En plus des lasers nanosecondes, le programme bénéficie(ra) de deux lasers femtoseconde. Le premier, le plus puissant au Canada, est le Ti:Saphir 10TW qui délivre une énergie de 600 mJ en 60 fs à un taux de répétition de 10 Hz et qui est utilisé par divers groupes pour les recherches multidisciplinaires en interaction laser-matière.

La deuxième infrastructure, en cours d'élaboration et complètement opérationnelle en 2005, sera une installation internationale nommée Advanced Laser Light Source (ALLS), un "arc-en-ciel" femtoseconde et cohérent permettant d'explorer de nouveaux concepts d'imagerie dynamique et de manipuler la matière sur l'échelle de temps des réactions chimiques. Elle permettra la mise en place de sources de lumière ayant des durées de 100 attoseconde. Les applications envisagées auront un impact fondamental en chimie, en biologie structurale et en bio-photonique.

Les chercheurs

[Mohammed Chaker](#). – Analyse par spectroscopie laser-plasma.

[My Ali El Khakani](#). – Dépôt par laser pulsé.

[Tudor W. Johnston](#). – Théorie et simulation : champs forts et effets relativistes.

[Jean-Claude Kieffer](#). – Utilisation des sources de lumière ultra-brèves pour les applications biomédicales et pour l'imagerie dynamique.

[François Martin](#). – Utilisation de lasers femtoseconde pour la caractérisation de matériaux et pour la détection de polluants atmosphériques.

[Jean-Pierre Matte](#). – Simulation numérique des plasmas avec des codes cinétiques.

[Henri Pépin](#). – Sources laser ultra-brèves pour l'étude de la dynamique moléculaire.

INRS – Groupe de recherche sur les procédés plasma

Ce groupe mène des études fondamentales sur les plasmas froids d'intérêt industriel et développe des procédés utilisant ces plasmas dans des applications diversifiées. Ces dernières comprennent les matériaux pour la microélectronique et la photonique (diélectriques, ferroélectriques, optoélectroniques, oxydes semiconducteurs, silicium sur isolant, silicium photoluminescent), le traitement de surface (tribologie, hydrophobie/philie, fonctionalisation), les microcapteurs, la nanotechnologie (nanocristaux, nanotubes, nanolithographie et clivage ionique), et enfin les prothèses

vasculaires. Les procédés étudiés et utilisés sont le dépôt chimique en phase vapeur assistée par plasma haute fréquence, le dépôt par pulvérisation cathodique, et l'implantation d'ions par faisceau d'ions ou par immersion dans un plasma ECR.

Ayant obtenu, par le biais de la FCI et du MEQ d'une part, et du VRQ et du MRST² d'autre part, d'importantes infrastructures dont : un faisceau d'électrons pour la lithographie, une salle blanche de classe 100 avec installations de micro/nanofabrication (gravure, dépôt, implantation ionique, etc.), et des instruments de caractérisation avancés, nous envisageons principalement des développements en nanotechnologie et en électronique et photonique dans les années à venir – une orientation qui est par ailleurs favorisée par la récente fusion des centres *Énergie et Matériaux* et *Télécommunications* de l'INRS.

Les chercheurs

Mohammed Chaker. – Gravure par plasma, matériaux et dispositifs microélectroniques et photoniques, capteurs.

My Ali El Khakani. – Dépôt par plasma, matériaux microélectroniques et photoniques, capteurs, nanotubes.

Royston W. Paynter. – Traitement et analyse de surface, applications biomédicales.

Guy G. Ross. – Implantation et analyse par faisceau d'ions, hydrophobie/philie, matériaux et dispositifs microélectroniques et photoniques.

Barry L. Stansfield. – Sources de plasma, nanotubes, implantation par immersion, prothèses vasculaires.

Bernard Terreault. – Implantation par immersion et par faisceau, tribologie, matériaux microélectroniques, nanotechnologie.

Université de Montréal – Groupe de physique des plasmas

Ce groupe mène des activités de recherche visant la conception, la modélisation et les applications de sources de plasma. Citons quelques exemples. La stérilisation par plasma est un nouveau sujet de recherche où la post-décharge d'un plasma sert à stériliser des objets utilisés en milieu hospitalier. La gravure nanométrique des matériaux ferroélectriques vise à utiliser des plasmas de haute densité (produits en régime de très basse pression) pour comprendre et optimiser la gravure de matériaux dont les propriétés peuvent être mises à profit dans des applications en photonique et en télécommunications à haute fréquence. La spectroscopie de plasma induits par laser consiste à faire interagir un laser avec une cible solide et à examiner le spectre d'émission du plasma ainsi formé pour remonter à la composition de la cible. Enfin, nous mettons à profit des plasmas produits à la pression atmosphérique pour détruire des gaz à effet de serre. Pour mener ces différents travaux à bien, nous disposons d'une infrastructure composée, entre autres, de nombreux systèmes rf et micro-ondes et d'outils spectroscopiques performants. Ces activités expérimentales sont en général complétées par le développement de modèles de plasma basés sur des équations fluides ou cinétiques, uni- ou bi-dimensionnels. Ces modèles sont non seulement indispensables à l'interprétation des résultats expérimentaux, mais permettent d'optimiser nos sources pour une application donnée.

Les chercheurs

Jean Barbeau. – Microbiologie de la stérilisation (par plasma).

² VRQ : Valorisation Recherche Québec; MRST : Ministère de la recherche, de la science et de la technologie, maintenant annexé au Ministère du développement économique et régional.

Joëlle Margot. – Gravure par plasma, spectroscopie de plasmas produits par laser, diagnostics des plasmas, modélisation.

Michel Moisan. – Stérilisation par plasma, destruction des gaz à effet de serre, dépôt de couches minces de diamant, plasmas à la pression atmosphérique.

Université McGill – Centre de recherche en technologie des plasmas (CRTP)

Le groupe de McGill a par le passé axé ses projets de recherche sur l'ingénierie des réacteurs à plasma, plus particulièrement au niveau des plasmas thermiques par torche à induction ou à courant continu. Cet axe de recherche reste très important, et à cela s'est ajouté au cours de la dernière année de nouvelles orientations vers les plasmas hors équilibre ainsi que l'analyse chimique par plasma inductif. Nos travaux impliquent des aspects fondamentaux et de modélisation au niveau de la nucléation de nanoparticules, des interactions plasma-surface, de la dynamique des fluides et des transferts thermiques dans les réacteurs à plasma, ainsi que la chimie des réacteurs. Les travaux expérimentaux durant l'année 2002-03 ont été axés sur la synthèse de nanoparticules par réacteur à arc transféré et par plasma inductif pour des applications au niveau des piles à combustible à électrolyte solide et en micro-électronique, la synthèse de fullerènes et de nanotubes de carbone (NTC) par torche DC, le dépôt de films de diamants par plasma inductif et de diamant amorphe par pulvérisation cathodique, le traitement des résidus de batteries au lithium et d'électrolytes de l'industrie aéronautique, l'interaction arc électrique-surface, et le démarrage des projets de plasma rf liés à la stérilisation par décharge coronale et par torche à plasma atmosphérique de faible puissance, et finalement la synthèse de nanocomposites fullerènes-polymères par plasma à couplage capacitif.

Les Chercheurs

Dimitrios Berk. – Génie des réacteurs chimiques, synthèse de particules ultra-fines, fullerènes et nanotubes de carbone.

Sylvain Coulombe. – Enrobage de nanoparticules, nanocomposites, stérilisation et oxydation de liquides, plasmas rf, modélisation, interaction plasma-surface, phénomènes d'échange.

Jean-Luc Meunier. - Fullerènes et nanotubes de carbone, sources de plasma dc, dépôts par plasmas inductifs et de pulvérisation cathodique, interactions arc-électrode.

Richard J. Munz. – Génie des réacteurs à plasmas thermiques, synthèse de nanoparticules et nanocomposites, destruction de déchets, interactions arc-électrode.

Eric Salin. – Développement de procédés d'analyse chimique par plasma, destruction de déchets toxiques

Université de Sherbrooke - Centre de recherche en technologie des plasmas (CRTP)

Ce centre a comme mission de développer des procédés plasmas appliqués au traitement de surface, à la synthèse des matériaux, incluant des revêtements nanostructurés et les poudres nanométriques (autrefois appelées ultrafines) en passant par les techniques de génération de plasma. Cette composante appliquée ne peut pas se faire sans la compréhension des mécanismes de base de la physique et de la chimie des plasmas. L'orientation du groupe consiste de plus en plus à développer des applications des plasmas thermiques hors équilibre, comme par exemple la projection de plasma supersonique, l'injection de suspensions et de solutions dans les plasmas ou encore le développement de plasmas capacitifs pour le traitement de surface de poudres nanométriques. Le CRTP est très impliqué en transfert technologique et est par exemple à l'origine de la firme Tekna Plasmas Systèmes.

Dans les prochaines années le groupe développera entre autres, avec l'aide de la FCI, la chimie inorganique combinatoire qui permettra de passer de 4 à 5 revêtements différents par jour à plus de

200. Lorsque les appareillages seront installés, nous espérons augmenter de beaucoup nos partenariats industriels. En 2002 et 2003 des discussions entre le CRTP et l'Europe ont abouti à l'intégration de Sherbrooke dans le projet NIRV@NA, projet européen sur les revêtements avancés pour l'aéronautique. Le CRTP s'impliquera aussi en nanotechnologie par un projet, appuyé par NanoQuébec³, de recouvrement de poudres nanométriques par l'utilisation de plasmas capacitifs.

Les chercheurs

Maher Boulos. - Mécanique des fluides, transfert de chaleur, dynamique des particules, synthèse chimique, traitement de surface.

François Gitzhofer. - Projection plasma, traitement de surface, barrières thermiques, synthèse de céramiques, poudres ultrafines, caractérisation des matériaux.

Denis V. Gravelle. - Tuyères pour la génération de plasma supersonique; phénomènes hors équilibre dans les plasmas thermiques.

Jerzy Jurewicz. - Électrotechnologies, synthèse chimique, réacteurs à plasma, matériaux avancés, déposition réactive.

Pierre Proulx. - Modélisation, réacteurs, aérosols, rayonnement.

PARTENAIRES INSTITUTIONNELS ET INDUSTRIELS

Membres fondateurs

Institut des matériaux industriels (IMI) du Conseil national de recherche du Canada

L'IMI se veut être un pôle de R&D qui se consacre à l'industrie canadienne de la mise en forme et de la fabrication des matériaux, que ce soit les métaux, les céramiques, les polymères ou les composites. À ce titre, son groupe des technologies de surface mène un vigoureux programme de recherche sur la projection thermique, particulièrement par plasma. Les projets en cours comprennent la mise au point de techniques de revêtement sur des surfaces internes, par exemple pour la protection des pipelines, la mise en forme de nanomatériaux, et le développement de diagnostics *in-situ* pour ces procédés. L'IMI a aussi joué le rôle d'incubateur pour de nouvelles entreprises liées à ces technologies.

Institut de recherche d'Hydro-Québec

Ce centre d'essais, d'expertise et de R&D au service d'Hydro-Québec⁴, emploie près de mille personnes sur deux sites. La science et la technologie des plasmas jouent un rôle important dans plusieurs de ses activités. On peut citer la problématique des arcs, de la corona et de la foudre, le développement d'électrotechnologies à base de plasma pour le bénéfice de clients industriels (électrodes, oxydation par plasma de résidus organiques), et des développements reliés aux piles à combustible et au dépôt de revêtements protecteurs.

PlasmIonique Inc.

PlasmIonique est une compagnie de R&D qui s'est donnée la mission de développer et d'amener sur le marché des solutions originales aux problèmes rencontrés en ingénierie de surface et dans le développement de matériaux avancés en utilisant les technologies de plasma et du vide. La compagnie développe des procédés à base de plasma et de l'équipement d'ingénierie de surface pour les centres de

³ NanoQuébec est un programme du ministère québécois de la recherche qui vise à soutenir les infrastructures de R&D en nanotechnologie.

⁴ La société d'état Hydro-Québec est productrice et distributrice presque exclusive de d'électricité au Québec.

R&D et les PME. En plus, elle offre certains services spécialisés reliés au dépôt et à l'analyse de couches minces.

Pyrogenesis Inc.

Cette firme de R&D et de production se spécialise dans les procédés thermiques, essentiellement les procédés plasma. Elle est connue pour ses systèmes de traitement des déchets, de produits dangereux et de scories, pour la production de poudres et de revêtements protecteurs, de même que pour le formage par projection plasma. Basée à Montréal, cette entreprise a des usines en Amérique et en Europe.

Nouveaux membres (2002 - 2003)

Centre des technologies textiles (CTT)

Le CTT est un organisme à but non lucratif ayant pour mission l'amélioration de la productivité et de la compétitivité des industries textile, géosynthétique et des polymères canadiennes. Il offre des services de tests et d'essais, de certification, de consultation, de formation, de R&D et de transfert technologique, dont un important programme de technologies plasma et de modification de surface.

Contrôle Analytique

Cette firme développe et fabrique des équipements d'analyse de traces de gaz et de purification de gaz vendus à travers le monde.

MBP Communications Inc.

MPB est une firme qui développe, teste et fabrique une variété d'instruments, de capteurs et autres dispositifs, surtout à base électronique ou photonique, ayant des applications en télécommunications et plusieurs autres domaines (médical, militaire, aéronautique et automobile, etc.)

Tekna Inc.

Tekna Inc. est une firme qui développe et fabrique des équipements utilisant la technologie des plasma thermiques pour différentes applications. Les principaux secteurs d'activité de l'entreprise sont la sphéroïdisation de poudres, la synthèse de poudres nanométriques, la synthèse chimique de nouveaux matériaux et la projection par plasma. Elle emploie présentement 43 personnes.

QUELQUES FAITS SAILLANTS EN 2002 – 2003

ÉVÈNEMENTS

Colloques

- Nous avons organisé deux colloques permettant aux partenaires de mieux connaître leurs activités respectives et d'identifier des opportunités de collaboration.
- L'INRS-EMT a co-organisé avec l'IMI le Workshop *Nanomaterials Crossroads* qui s'est tenu à Montréal en novembre 2002.

(Pour plus de détails sur ces colloques voir l'Annexe II.)

Activités d'information et contacts internationaux

- Nous avons inauguré le 1er février 2003 notre site sur la Toile (www.plasmaquebec.ca). Nous avons également produit un dépliant informatif bilingue.
- Nous continuons nos efforts en vue de la mise en route du Laboratoire International en Technologie et Applications des Plasmas ou LITAP (coordonnateur français : J. Pelletier).
- Nous avons rejoint la *Coalition for Plasma Science*, un organisme sans but lucratif, principalement américain, qui s'occupe d'activités d'éducation et de promotion. Nous utilisons leur documentation pour notre site web.
 - Nous avons aussi échangé des informations, à leur demande, avec le Prof. S. Barros qui coordonne la mise sur pied d'un réseau européen qui s'appellerait *Plasma Europe*, et avec le Prof. G. Kennedy, directeur du *National Center for Plasma Science and Technology* (University College Dublin).

Arrivées et départs

- L'Université McGill a recruté le Prof. Sylvain Coulombe, un jeune chercheur provenant du centre de recherche de General Electric (USA) et qui s'est joint au réseau.
- Le Prof. Henri Pépin a pris sa retraite de l'INRS avec le titre de professeur émérite. Il a cependant été nommé au CNRS en France et il entend collaborer avec notre réseau.

Chaires

Une chaire de recherche junior du Canada a été octroyée à S. Coulombe (McGill) en juin 2002, et une chaire senior à M. Chaker (INRS) en mars 2003. J.-C. Kieffer (INRS) est également titulaire d'une chaire senior accordée en 2002.

Grandes infrastructures à l'INRS

L'année 2002 marque un nouveau départ en ce qui concerne les infrastructures à l'INRS-ÉMT – la valeur des équipements accordés à ce centre par les programmes FCI/MEQ et VRQ/MRST dépasse les 40 M\$. Les éléments majeurs en sont les suivants.

- Un laboratoire de micro et nanofabrication centré sur un faisceau d'électrons à balayage rapide (25 MHz) pour la nanolithographie. Issu d'une source à émission de champ ultra-stable, le faisceau de 50 ou 100 keV aura une taille de ~ 4 nm, une aire de balayage de l'ordre du mm^2 , et pourra traiter des galettes

de 8" avec une résolution ultime de ~20 nm. Le système sera opérationnel au début de 2004; il existe moins d'une dizaine de systèmes équivalents en Amérique.

- Un laboratoire de fabrication microélectronique et photonique en salle blanche de classe 100 et comprenant entre autres dépôt et gravure par plasma, implantation ionique à haut courant à 200 keV, recuit rapide, etc. Il sera aussi prêt en 2004.
- Une installation internationale, nommée Advanced Laser Light Source (ALLS), qui sera unique au monde et qui va permettre d'explorer de nouveaux concepts d'imagerie dynamique de la matière. Ce système sera un arc-en-ciel femtoseconde et cohérent permettant de manipuler la matière pour la première fois sur les échelles de temps des réactions chimiques. Ce système permettra aussi la mise en place de sources de lumière ayant des durées les plus courtes jamais produites (100 attosecondes). Les applications envisagées sont très nombreuses et l'impact sera fondamental en chimie, en biologie structurale et en bio-photonique. Cette infrastructure sera complètement opérationnelle à la fin de 2005.

Un saut quantique pour la technologie des plasmas thermiques

Le centre de recherche en technologie des plasmas, partenaire d'une subvention FCI 2002 de 4,8 M\$ verra sa technologie des plasmas thermiques faire un saut quantique par le développement d'un système de synthèse combinatoire par plasma, ce qui va permettre d'augmenter d'un facteur 50 à 100 la productivité des systèmes plasmas, en multipliant les combinaisons de microstructures et de compositions (jusqu'à 200 par jour). Ce concept est unique au monde et mobilise beaucoup de ressources de Sherbrooke et de McGill. Lorsque les appareillages seront installés, nous espérons augmenter de beaucoup notre partenariat industriel avec des compagnies comme General Motors et Pratt & Whitney Canada.

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

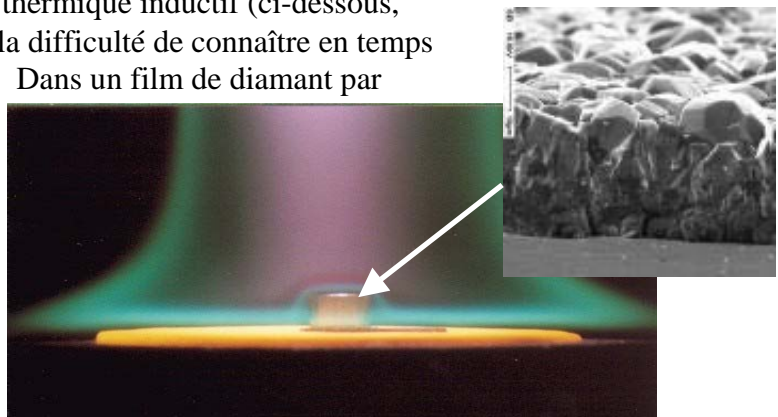
Contrôle de la croissance d'un film en temps réel dans un plasma thermique à induction

La croissance d'un dépôt dans un plasma thermique inductif (ci-dessous, $T \sim 5000^\circ\text{C}$, $V_p = \pm 1000\text{V}$ à 4MHz) pose la difficulté de connaître en temps réel ce qui se passe au niveau du substrat. Dans un film de diamant par exemple (en mortaise), les phases de nucléation de micro-cristaux et de croissance du film requièrent des conditions d'opération différentes.

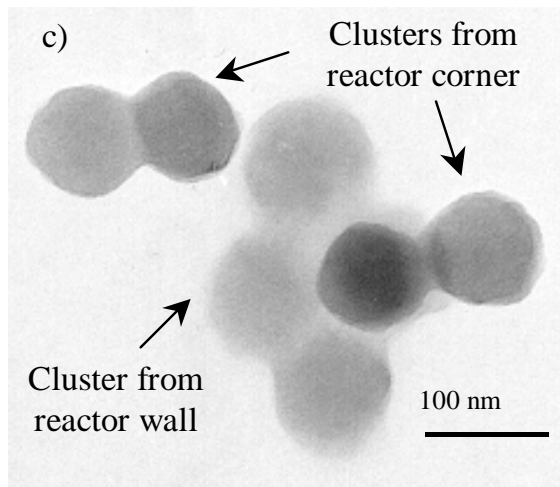
Nous avons utilisé la surface de croissance elle-même comme sonde de mesure afin de déterminer à quelle étape on se trouve dans la séquence de déposition. Ainsi, nous pouvons

maintenant optimiser les paramètres de nucléation et de croissance séparément au moment voulu.

Cette recherche évolue maintenant vers des applications où les dépôts sont utilisés pour des électrodes de bains électrochimiques, ainsi que pour une croissance sur des surfaces en mouvement sous le jet de plasma.



Des revêtements sur des poudres nanométriques produits par plasma capacitif



C'est à la conférence Gordon (2002) qu'a été révélée une première mondiale, la démonstration de la possibilité de faire des revêtements carbonés sur des poudres de silice de 100 nm. Ci-contre on peut apercevoir des amas de poudre traitée. Produits à partir d'hydrocarbures, les revêtements sont amorphes et hydrogénés comme l'indiquent les mesures de diffraction et de spectroscopie infrarouge.

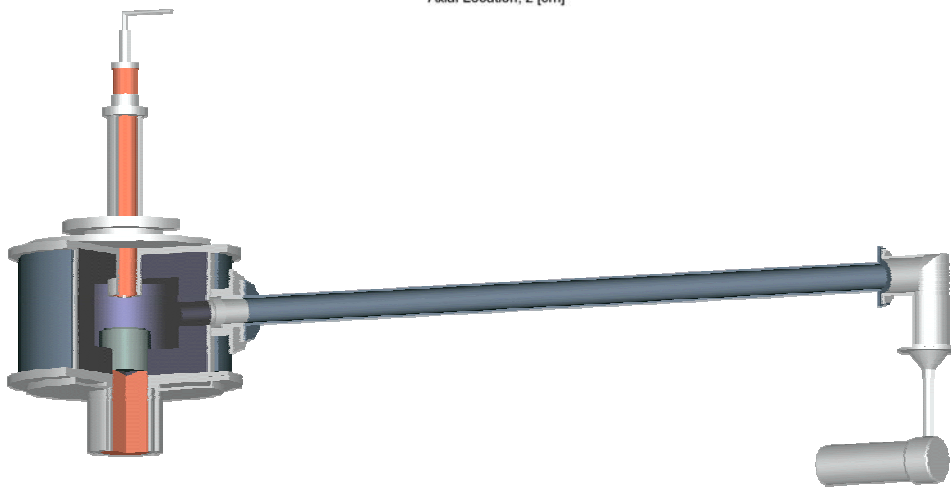
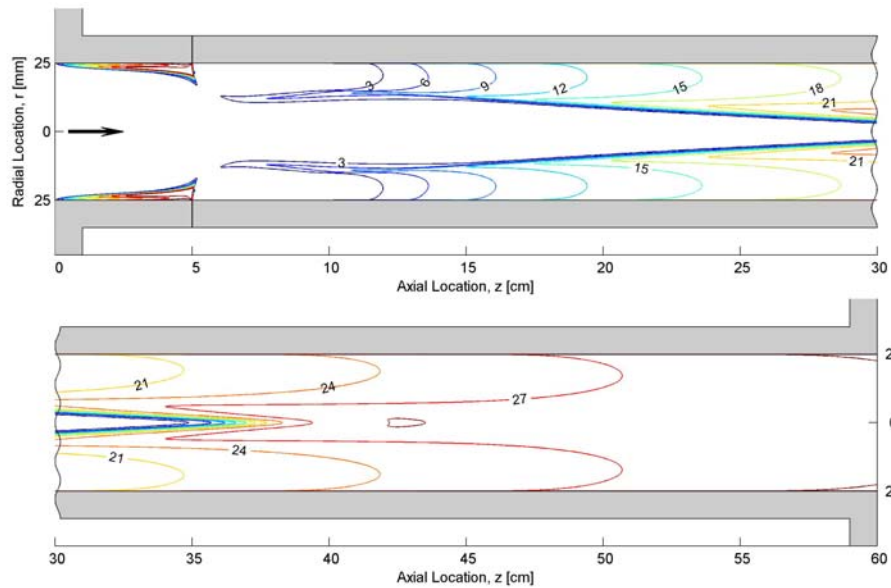
Des matériaux à haute constante diélectrique pour la technologie CMOS

Dans le cadre de nos travaux visant à développer des nouveaux matériaux à haute constante diélectrique pour répondre aux besoins de la technologie CMOS sub-0.13 μm , nous avons réussi à développer un procédé de dépôt par ablation laser (PLD) réactive permettant la croissance de films d'oxynitride de silicium ayant une constante diélectrique de ~ 7 (environ deux fois celle du traditionnel SiO_2) [J. Vac. Sci. Technol. A 20 (2002) 1157]. Néanmoins, ce procédé ne permet pas de contrôler *in-situ* le gradient d'azote dans ces dépôts. Pour y remédier, nous avons développé une approche originale combinant le plasma créé par laser à celui d'une source plasma d'azote atomique. Avec ce nouveau système hybride, nous avons obtenu des films d'oxynitride qui possèdent non seulement un

niveau d'azote incorporé supérieur mais également un gradient d'azote contrôlable entre les deux interfaces [soumis à J. Appl. Phys.]. Nous avons ainsi réalisé des films de SiO_xN_y ayant une constante diélectrique de ~ 9.5 et un champ de claquage aussi élevé que 19 MV/cm. Par ailleurs, nous sommes à développer une nouvelle classe de matériaux diélectriques, les silicates. Nous avons ainsi démontré, pour la première fois, que des films de silicates de titane déposés par PLD ont des propriétés diélectriques extrêmement attrayantes [Appl. Phys. Lett. 80 (2002) 294]. Ce travail a été d'ailleurs repris par la revue Photonics Spectra (May 2002) qui l'a cité comme étant une contribution fort intéressante au développement de la future génération d'oxydes de grille CMOS.

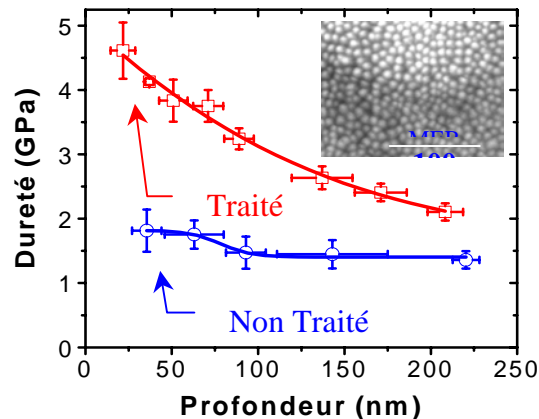
Comprendre la nucléation et la croissance de nanoparticules

Récemment un grand pas a été accompli dans la modélisation de la synthèse de nanoparticules par système à arc transféré. En utilisant un modèle de flux turbulent on a simulé un réacteur tubulaire dans lequel un flux axial de plasma et de vapeurs métalliques surchauffées subissent une trempe par un flux radial de gaz froid. Dans la limite de systèmes dilués, le modèle prédit les champs de température, de vitesse et de flux dans le générateur de particules ainsi que la concentration, le diamètre moyen et l'écart type des particules nanométriques formées. Le modèle est utilisé pour comprendre le comportement des générateurs de nanoparticules, guider leur optimisation et explorer les possibilités de mise à échelle industrielle.



Un aluminium plus dur que l'acier au carbone et plus résistant à l'usure

L'aluminium est peu utilisé dans les mécanismes à cause de ses propriétés tribologiques médiocres. Un procédé de durcissement de surface de l'alu utilisant l'implantation d'oxygène par plasma a été développé. Un composite Al-oxyde à précipités extrêmement fins (~10 nm) est synthétisé (voir la micrographie AFM). La dureté résultante atteint 4,5 GPa, le coefficient de friction et l'usure sont réduits de 3 fois. Ces résultats seront présentés au *Workshop on Plasma Based Ion Implantation* en septembre. Dans les alliages des séries 2000, 6000 et 7000, l'oxyde formé peut aussi être le MgO, qui est fortement ségrégué en surface à cause d'une synergie entre le potentiel d'oxydation et la diffusion assistée par irradiation [Appl. Phys. Lett. 82 (2003) 895].

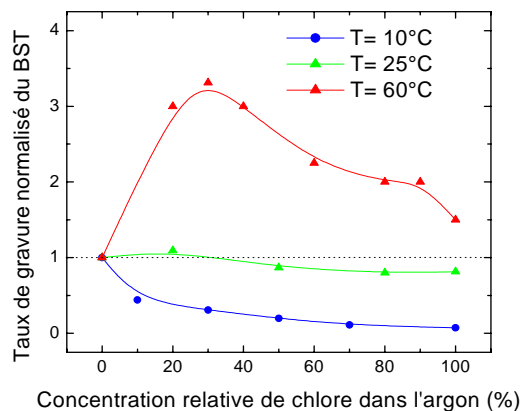


Le procédé apparaît prometteur pour les micromécanismes car il est compatible avec les technologies utilisées dans leur fabrication.

Gravure des ferroélectriques : ça chauffe !

Certains auteurs ont montré que le recours à des plasmas chlorés pouvait être bénéfique au taux de gravure des matériaux ferroélectriques. Pour notre part, en étudiant la gravure du titanate de baryum-strontium (BST), nous avons plutôt trouvé un effet inhibiteur de l'ajout de chlore à un plasma d'argon. En examinant l'ensemble des conditions expérimentales utilisées par les divers auteurs s'étant intéressés à la gravure du BST, nous venons de mettre en évidence que cette apparente contradiction est en fait liée à la température du substrat. Nous croyons que cet effet est lié à une dépendance en température de la volatilité

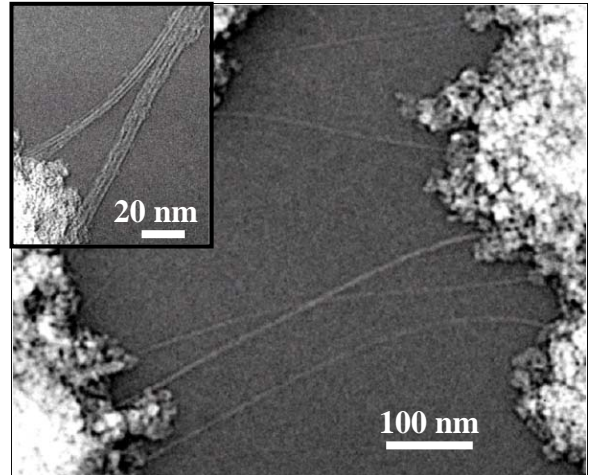
des composés formés par l'interaction du BST avec le chlore atomique. L'enquête se poursuit !



Des nanocornes et des nanocages en plus de nanotubes ...

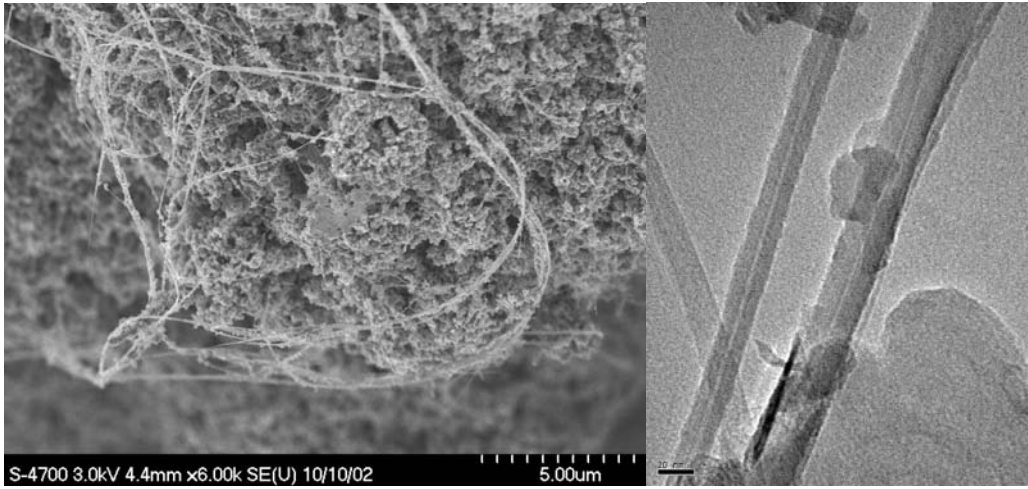
Des nanotubes de carbone monoparois (NTCM) ont été synthétisés pour la première fois par un laser UV. Nous avons montré que ce laser permet de faire croître des NTCM à des températures plus basses qu'avec des lasers visibles ou IR (550 vs 850 °C). Les nanotubes ainsi produits ont une distribution de diamètres très étroite autour de 1,22 nm et sont auto-assemblés en liasses de 15 à 20 nm de diamètre (micrographie ci-contre) [Chem. Phys. Lett. 354 (2002) 88]. Nous avons mis en évidence l'existence d'une intensité laser optimale (dont la valeur dépend de la longueur d'onde laser utilisée) qui permet un rendement maximal de croissance des NTCM, avec les liasses les plus larges et la plus basse fraction de carbone amorphe ou désordonné [Carbon 40 (2002) 2835]. À plus haute intensité, d'autres structures tubulaires (incluant des nanocornes, des nanocages et des nanotubules)

sont formées au détriment des NTCM [J. Mater. Res. 17 (2002) 2189].



... et des nanotubes et des fullerènes au kilo

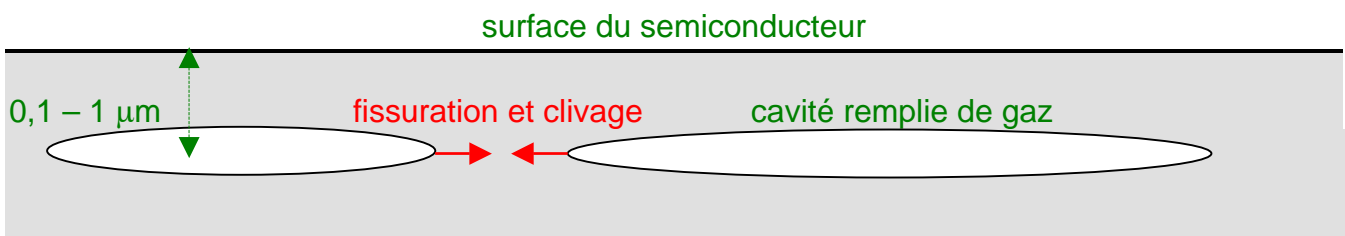
Malgré leurs propriétés extraordinaires et leurs applications potentielles dans de nombreux domaines, les NTCM et les fullerènes C_{60} doivent faire face au fait que les méthodes de production actuelles n'en produisent pas plus d'un gramme par jour. Pour des applications industrielles comme de stocker des gaz ou renforcer des matériaux (composites), il faudrait en produire au moins quelques kg/j. De plus, le coût actuel (100-1000 \$/g) de ces molécules exceptionnelles devra être réduit très substantiellement. Nous avons développé des méthodes, basées sur la dissociation d'un gaz carboné dans une torche à plasma et qui, tout en donnant des NTCM et des fullerènes de haute qualité, sont continues et permettront d'en produire des kilos par jour à des prix comparables à celui des fibres de carbone. Ces techniques ont été optimisées grâce à une modélisation des champs de température et de vitesse du fluide ainsi que de la nucléation des nanoparticules qui catalysent la croissance des nanotubes. Plusieurs aspects des différentes technologies étudiées sont déjà brevetés et publiés [Chem. Phys. Lett. 356 (2002) 189] et leur commercialisation est actuellement à l'étude.



A gauche,
aspect du
dépôt;
à droite,
gros plan

Pour le scalpel ionique, le deutérium et la modération ont bien meilleur goût

Le récent procédé de "clivage ionique" est déjà utilisé dans la fabrication de *silicium-sur-isolant* (SOI) pour trancher des lamelles de l'ordre du micron dans les matériaux électroniques. Il consiste à implanter des ions d'hydrogène, puis à recuire à 400-500 °C, ce qui entraîne la formation de grandes cavités lenticulaires remplies de gaz sous pression, pression qui fait littéralement fendre le cristal à la profondeur d'implantation des ions. En tentant d'étendre ce procédé à l'échelle des 100 nm, par l'utilisation d'ions de faible énergie, nous avons découvert des effets étonnants : par exemple le deutérium agit là où le protium est devenu inopérant, et des doses un peu trop fortes d'ions "émoussent" le scalpel [à paraître dans Appl. Phys. Lett.]. Nous attribuons ces effets à la nature et au profil de profondeur du dommage d'irradiation à basse énergie. Nous avons aussi trouvé que la co-implantation d'hélium était un remède presque magique à ces difficultés, mais malheureusement les implanteurs d'ions industriels ne sont pas équipés pour le deutérium et encore moins pour l'hélium.



Les ultrasons de très haute fréquence sondent la matière

Dans l'industrie de l'électrodéposition de couches minces métalliques, il y a un besoin pressant de mesurer l'épaisseur de revêtements dans la gamme des 5-50 microns, ainsi que de mesurer leur adhérence au substrat. Les ultrasons très haute fréquence (GHz) ont une longueur d'onde (6 µm) qui permet cette mesure. Avec l'aide d'impulsions laser de 60 fsec, nous avons produit des ultrasons de fréquence atteignant 800 MHz. Le déplacement de la surface du spécimen engendré par le passage de l'onde est mesuré par un interféromètre ultrasensible pouvant détecter des déplacements de l'ordre du nm. La résolution temporelle du système de détection est suffisante pour mesurer le délai entre des échos correspondant à des

épaisseurs aussi petites que 8 µm. Nous avons ainsi pu mesurer l'épaisseur du dépôt de Zn sur l'acier galvanisé. Pour une épaisseur de revêtement connue, on a découvert que le délai entre les échos ne correspondait pas à la vitesse du son tabulée pour un matériau homogène (Zn). L'étude du dépôt au MEB indique qu'il n'est pas homogène et qu'il possède une structure en colonnes orientées suivant l'axe de déposition. Cette structure est liée au procédé d'électrodéposition et modifie la propagation des ultrasons dans le revêtement. Il importera donc d'étalonner cette méthode en fonction du matériau et probablement aussi de la technique de dépôt du revêtement.

Les plasmas au service de l'environnement

La pollution gazeuse, notamment les émissions de gaz à effet de serre, constitue l'un des problèmes majeurs affectant notre environnement. Les plasmas micro-ondes à onde de surface entretenus à la pression atmosphérique offrent une technologie innovante dans le domaine de la détoxification des gaz à effet de serre tels le CF_4 et le SF_6 , gaz abondamment utilisés dans l'industrie de la microélectronique. Nos recherches ont contribué à la commercialisation par Air Liquide d'un système à plasma d'onde de surface à la pression atmosphérique capable de détruire efficacement et de façon écologique les effluents gazeux à effet de serre des industries de la microélectronique. Le taux de destruction de ce procédé avoisine les 100% pour différentes concentrations de ces polluants.

*UPAS (Universal Plasma Abatement System) :
Dispositif de plasma à onde de surface
commercialisé par Air Liquide.*



Des capteurs de monoxyde de carbone ultra-performants

Dans le cadre de nos travaux sur le développement de nouveaux capteurs à gaz ultra-performants, nous avons réussi à identifier les conditions optimales de croissance par PLD permettant non seulement la croissance de films de SnO_2 nanostructurés mais aussi, pour la première fois, leur dopage *in-situ* par des nanoparticules de Pt (qui jouent le rôle de catalyseur améliorant la sensibilité et la sélectivité envers le CO). En particulier, en étudiant l'effet des caractéristiques nanostructurales de films de SnO_2 sur leur sensibilité de détection de CO, nous avons pu faire ressortir non seulement les effets de taille des grains (dans la gamme 3-10 nm) mais surtout le

rôle de la nanoporosité des films [Thin Solid films 419 (2002) 230 ; Sensors and Actuators B, sous presse]. Par ailleurs, l'examen de la nanostructure des films de SnO_2 :Pt, par observations TEM à haute résolution, ont révélé que le dopant Pt est distribué uniformément sous forme de nanoparticules localisées aux joints de grains de SnO_2 . Ce résultat explique bien la sensibilité accrue, envers le CO, des capteurs de SnO_2 dopé par des nanoparticules de platine [soumis à J. Phys. Chem.]. À titre d'exemple, les capteurs ainsi développés permettent de détecter des concentrations de CO allant de quelques ppm jusqu'à des centaines des ppm.

Une source X pour l'imagerie médicale à très haute résolution

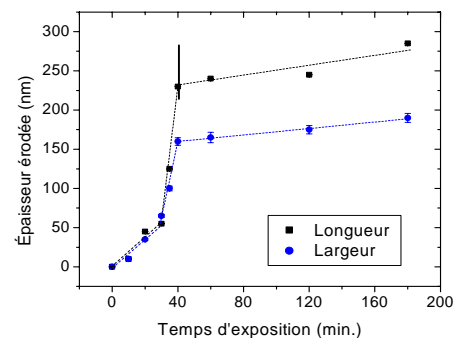
La détection des microcalcifications très petites est un élément crucial du dépistage du cancer du sein. Une source ponctuelle de rayons-x permettrait de réaliser des images plus précises à très fort grossissement, menant ainsi à la détection plus précoce des microcalcifications. Avec des impulsions laser ultracourtes il est possible de chauffer la matière localement et instantanément. Dès lors, on peut créer un plasma émetteur de X durs de taille 30 fois plus petite ($10\ \mu\text{m}$) que la source X des appareils traditionnels de mammographie. Avec une telle source nous avons démontré qu'on pouvait repousser les limites de l'imagerie X et envisager l'observation de structures complexes avec des résolutions de $20\ \mu\text{m}$. La micrographie d'une patte de souris ci-

jointe démontre que cette finesse d'image a été atteinte. La construction d'un pré-prototype est en cours, ce qui dotera le Québec d'un outil d'imagerie médicale à l'avant-garde et unique au monde.



Le secret de la résistance des spores à l'érosion

La spore est un microorganisme capable de survivre dans des situations extrêmes de stress environnemental, grâce à son enveloppe de protection composée de trois tuniques bien distinctes. Le graphique ci-contre montre que l'érosion par un plasma de $\text{N}_2\text{-O}_2$ d'une spore progresse en trois phases. Sur cette base, nous avons pu établir des correspondances entre les épaisseurs des différentes tuniques des spores, données par les observations en microscopie, et celles que fournit notre graphique. Plus particulièrement, la troisième phase, où l'érosion n'évolue quasiment plus, correspond à la couche la plus interne du cortex qui forme l'ultime barrière protégeant l'ADN de la spore !



LISTE DES PROJETS EN COURS

Science des plasmas (générale)

Modélisation des jets supersoniques dans les systèmes plasmas (Proulx).⁵

Caractérisation des sources plasmas inductives et métrologies électriques associées (Gravelle).

Érosion d'électrodes: effets de la microstructure. – Influence de la microstructure du matériau sur les phénomènes d'interaction arc-électrode dans le but de réduire et de mieux contrôler l'érosion (Munz).

Synthèse ou dépôt de matériaux

Matériaux à haute constante diélectriques pour la technologie CMOS submicronique. – On vise le développement de nouveaux procédés plasma pour la croissance de matériaux ayant les propriétés diélectriques requises par la future génération d'oxyde de grille de la technologie CMOS (El Khakani).

Traitement tribologique de l'aluminium par plasma. – On utilise l'implantation par immersion plasma d'ions d'oxygène dans la surface de l'aluminium et de ses alliages pour y synthétiser des nanocomposites aluminium/oxyde aux propriétés mécaniques supérieures (Terreault).

Croissance de films de diamant dopé au bore. – Une torche à couplage inductif est utilisée pour faire croître des films de diamant, la surface de croissance servant également comme sonde de contrôle de la déposition. Des essais à l'été 2002 ont porté sur un dopage au bore de ces couches (Meunier).

Dépôt de carbone adamantin (diamond-like) par pulvérisation cathodique. – Modélisation et études expérimentales sur l'interaction entre un arc à basse pression et l'électrode de carbone agissant comme source ionique (Meunier).

Développement d'une nouvelle génération de barrière thermiques pour les moteurs à combustion interne de l'industrie automobile (Gitzhofer).

Poudres ultra-fines

Modélisation de la nucléation des poudres ultra-fines. – Un modèle de nucléation couplé à la dynamique des fluides turbulents et aux champs thermiques a été développé dans le cas de vapeur surchauffées d'aluminium subissant une trempe pour générer des poudres ultra-fines (Munz).

Production de vapeur métallique. – Études expérimentales de design de réacteur à arc transféré utilisé pour l'évaporation de métal, les vapeurs de métal étant injectées dans une zone de réaction pour la production de particules ultra-fines de céramiques (Munz).

Synthèse de poudres céramiques pour électrolytes solides de piles à combustible SOFC. – Étude de production par chimie combinatoire dans un plasma thermique ICP d'une grande variété de stœchiométries de poudres pour servir de matériau de projection plasma pour l'électrolyte solide de piles à combustible (Munz).

Production de recouvrements sur des nanoparticules (Gitzhofer).

⁵ Le chercheur principal ou coordonnateur de chaque projet est indiqué entre parenthèses.

Traitements de surface

Surfaces hydrophiles ou hydrophobes. - L'implantation ionique et la caractérisation des surfaces (angles de contact, XPS, AFM) permettent de mieux comprendre les mécanismes du traitement et du vieillissement qui s'ensuit, ouvrant la voie à un contrôle de la mouillabilité des surfaces (Ross).

Effets d'accumulation de charge. - Dans le cas d'un isolant, l'implantation d'ions crée une accumulation d'ions qui influence à la fois l'énergie et la dose des ions incidents, et les propriétés des surfaces traitées (Ross).

Traitement anti-buée. - La buée est source d'ennuis et d'accidents dans les sports et l'industrie. L'implantation d'ions (Ar^+) sous pression partielle de O_2 rend les surfaces très mouillantes et bloque la formation de buée. On veut contrôler le vieillissement qui freine actuellement cette application (Ross).

Modification de surfaces polymériques par plasma. - On utilise la XPS résolue en angles afin de produire les profils de composition en profondeur sur les surfaces de polymères modifiés par plasma (Paynter).

Nanotechnologie

Nanocristaux de Si luminescents. - L'implantation d'un excès de Si dans une matrice de SiO_2 , suivie d'un recuit à 1100°C fait regrouper le Si en excès en nanocristaux (~ 4 nm) qui luminescent suite à une excitation photonique ou électrique. Applications : laser et diodes luminescentes au Si (Ross)

Le scalpel ionique à 100 nm. - L'implantation d'ions H et/ou He de quelques keV dans le silicium permet de cliver des lamelles minces de <100 nm, planes et parallèles à la surface, entre autres pour la production de *Silicium-sur-Isolant* de prochaine génération (Terreault).

Repousser les limites de la lithographie combinée à l'implantation. - La résolution ultime, en nanofabrication sous les ~ 30 nm, ne dépendra plus de la lithographie mais du stragglng latéral des ions implantés. La canalisation des ions pourrait y remédier (Terreault).

Production de nanotubes par torche plasma. - L'approche plasma offre la possibilité de produire des nanotubes de carbone mono-parois (NTCM) en grande quantité et à faible coût. Ceci représente une étape nécessaire pour la commercialisation de cette technologie (Stansfield).

Synthèse, nanoassemblage et propriétés des nanotubes de carbone monoparois par plasma d'ablation laser. - Il s'agit de développer de nouveaux procédés de synthèse de NTCM permettant de contrôler leur croissance et leur nanoassemblage pour des applications en nanotechnologie (El Khakani).

Production de fullerènes et de nanotubes de carbone par torche à plasma DC. - Une torche de 100 kW est utilisée pour la dissociation du C_2Cl_4 et la génération de C_{60} et de nanotubes dans le but d'accroître l'échelle de production. Des travaux de modélisation de l'écoulement et de la nucléation dans le réacteur sont également en cours (Meunier).

Développement d'une nouvelle source de plasma pour la production de nanotubes. - L'objectif est de concevoir une source basée sur une torche microonde combinant les avantages des plasmas thermiques et de l'ablation laser (Margot).

Nanocomposites C_{60} -polymères - Un plasma capacitif à flux continu est utilisé pour un revêtement en vol de fullerènes (C_{60}) et la déposition d'un film à base de polymère (Coulombe).

Applications environnementales

Détoxification par plasma. - Les plasmas d'onde de surface à la pression atmosphérique sont utilisés pour détruire efficacement et de façon écologique les effluents gazeux à effet de serre tels le CF_4 et le SF_6 , gaz abondamment utilisés dans l'industrie de la microélectronique (Moisan).

Développement de procédés de conversion de la biomasse en utilisant les plasmas comme initiateur et catalyseurs de réactions (Jurewicz).

Traitement des déchets de piles au lithium par plasma. – Un plasma thermique par arc transféré est utilisé pour le traitement des résidus de piles au lithium (Munz).

Détection de polluants atmosphériques dans la troposphère. – Une impulsion laser femtoseconde peut exciter, de manière non-résonnante, les molécules de polluants atmosphériques (CO₂, NO₂, SO, SO₂, etc.) qui sont ensuite détectées par leur signature spectroscopique (Martin).

Applications biomédicales

Implantation de substances radioactives dans des dispositifs vasculaires thérapeutiques. – L'implantation d'ions par plasma est une technologie prometteuse pour le traitement de prothèses biomédicales. Nous développons des systèmes compacts et efficaces dans ce but (Stansfield).

Source de rayons-x pour la radiographie à très haute résolution spatiale. - La source ponctuelle de rayons-x durs et à forte puissance est actuellement utilisée dans des études d'imagerie à contraste de phase avec des *fantômes* qui reproduisent les paramètres clé d'éléments biologiques (Kieffer).

Stérilisation par plasma. – Il s'agit de développer des stérilisateurs capables d'inactiver non seulement les spores (les plus résistants des microorganismes) mais aussi les prions pathogènes et les bio-films. Des plasmas de N₂-O₂ sont utilisés avec succès sur les spores (Moisan).

Stérilisation d'une solution aqueuse salée. – Une décharge coronale AC à pression atmosphérique en contact direct avec la solution est utilisée pour générer des micro-plasmas pour des applications de stérilisation de liquides (Coulombe).

Stérilisation par torche à plasma basse puissance. – Développement et caractérisation d'une torche à plasma basse puissance à pression atmosphérique générant de faibles flux thermiques pour des applications à la stérilisation locale (Coulombe).

Développement d'instruments avancés

Ultrasons haute fréquence pour sonder des revêtements métalliques. – Les ultrasons haute fréquence (GHz) produit par impulsion laser femtoseconde peuvent servir à déterminer l'épaisseur et l'adhérence de revêtements métalliques déposés sur des substrats (Kieffer).

Spectroscopie de plasma induit par laser (LIPS). – Celle-ci est une méthode d'analyse multi-élémentaire en plein essor. En examinant le spectre d'émission d'un plasma produit par interaction d'une laser avec une cible à analyser, on remonte à la composition de la cible (Chaker).

Les oxydes nanostructurés pour le développement de capteurs à gaz ultra-performants. - On étudie la croissance de films d'oxydes semi-conducteurs nanostructurés (tels que SnO₂, WO₃,...), leur dopage par des nanoparticules de catalyseurs, et leur intégration en capteurs (El Khakani).

COLLABORATIONS

INTRA-RÉSEAU

- Des discussions ont été entreprises dans le but de présenter en commun à la FCI, au concours de juin 2003, une très importante demande de subvention d'infrastructure, de l'ordre de 8 M\$. Elle comprendrait un ensemble de sources de plasma aux applications les plus diversifiées, et des instruments de caractérisation de matériaux et de dispositifs. Cependant la décision finale n'est pas prise au moment d'écrire ces lignes.
- *Nanotubes de carbone.* Trois groupes associés à Plasma-Québec travaillent à la production de nanotubes par procédés plasma et à leur caractérisation. Les groupes de Meunier et de Stansfield utilisent des torches à plasma alors le groupe de El Khakani utilise l'ablation laser. Et par ailleurs, le groupe de J. Margot travaille au développement d'une torche microonde dont l'objectif est de combiner les avantages des plasmas thermiques et de l'ablation laser. L'étudiant M. Boutin est co-dirigé par Margot et Stansfield. Font aussi partie du consortium sur les nanotubes Proulx, plus G. Soucy de Sherbrooke, et L. Dao et J.-P. Dodelet de l'INRS (non membres de Plasma-Québec).
- *Synthèse de poudres et de dépôts pour piles à combustible à électrolyte solide par méthodes de chimie combinatoire.* Collaboration entre Munz, Gitzhofer et Boulos.
- *Gravure de matériaux ferroélectriques.* Ce projet conjoint entre Chaker (INRS) et J. Margot (UdeM) exploite un réacteur de haute densité. La gravure des matériaux ferroélectriques représente un défi pour l'intégration de ces matériaux dans des micro- et nanostructures.
- *Modélisation de la destruction des gaz perfluorés (gaz à effet de serre comme SF₆ et CF₄) par oxydation de leurs fragments par un plasma de N₂-O₂ à la pression atmosphérique.* Cette étude fait intervenir l'équipe de Moisan (UdeM) et celle de Proulx (Sherbrooke). Une stagiaire post-doctorale a déjà été engagée à cette fin.
- *Utilisation de la gravure par plasma pour la nanoanalyse de surface.* Ce projet conjoint de J. Margot (UdeM) et Terreault (INRS) explore le potentiel de la gravure sélective pour l'imagerie chimique 2D des surfaces avec une résolution de 20 nm.
- *Spectroscopie de plasmas induit par laser (LIPS).* Ce projet où expérience et modélisation évoluent de concert regroupe des chercheurs de l'INRS (Johnston, F. Vidal) et de l'Université de Montréal (J. Margot).

AVEC D'AUTRES UNIVERSITÉS OU INSTITUTS

- *FEMTOTECH et CIPI:* participation de F. Martin et J.-C. Kieffer aux réseau VRQ (Femtotech) et au réseau de Centres d'excellence CIPI qui regroupent tous les acteurs des lasers à impulsion courtes au Québec.
- *Les matériaux à haute constante diélectrique pour les applications CMOS.* Participation de l'INRS (El Khakani) au Réseau des centres d'excellence en microélectronique (MICRONET).

- *Caractérisations ESR des films déposés par PECVD et/ou PLD*. El Khakani - American University of Beirut (AUB).
- *Ultrafine particle synthesis using transferred arc technology*. Prof. H. Sekiguchi, Technical Institute of Tokyo, - R.J. Munz.
- *Modelling of nanoparticle synthesis in a turbulent particle generator*. R. J. Munz, D. Berk avec F. Aristizabal (McGill).
- *Mouillage d'une surface liquide en pesanteur par un autre liquide non miscible*. Ce projet financé par l'agence spatiale canadienne est dirigé par G. Ross en collaboration avec É. Vachon et R. Herring de l'Agence spatiale canadienne. Il vise à accroître les connaissances fondamentales du mouillage et à valider certains modèles utilisés.
- *Repousser les limites de la lithographie électronique combinée à l'implantation ionique*. Le projet est mené par B. Terreault en collaboration avec J. Beauvais (génie électrique, Univ. de Sherbrooke), expert en conception et réalisation des masques lithographiques de très haute précision.
- *Nanoagrégats obtenus par implantation ionique*. Ce projet conjoint de F. Schiettekatte et S. Roorda de l'Université de Montréal (département de physique) et G. Ross vise à mieux comprendre les mécanismes de formation de nanoagrégats obtenus par implantation ionique.
- *Tuning of nc-Si emission spectra by co-implantation of non-soluble ion*. Projet mené par G. Ross avec la collaboration de R.G. Elliman (ANU, Canberra, EME department), François Martin (INRS-ÉMT), J. Beerens (Université de Sherbrooke), F. Schiettekatte et S. Roorda (Université de Montréal) vise à explorer les limites de la co-implantation dans le domaine de luminescence des nanocristaux de Si.
- *SEM techniques for the determination of particle electrical conductivity: application to solid oxide fuel cell electrolytes*. R. Gauvin, génie métallurgique, McGill – R. J. Munz, F. Gitzhofer.
- *Plasma treatment of battery waste*. Prof. H. Sekiguchi, Technical Institute of Tokyo - R.J. Munz.
- *Nanotubes de carbone*. Voir ci-haut (collaborations réseau) et les collaborations additionnelles suivantes.
- *Caractérisations TEM des nanotubes de carbone*. El Khakani – Conseil national de recherche du Canada (Ottawa).
- *Échanges d'information et d'expertise sur les nanotubes de carbone parmi les membres du réseau*. El Khakani - FP5-European Program (Nanocomp).
- *Études comparée de la synthèse des nanotubes de carbone par arc sur électrode de graphite et torche à plasma dc*. M. Razafinimanana et A. Gleizes du Centre de physique des plasmas et de leurs applications de Toulouse (CPAT-Université Paul-Sabatier) avec J.-L. Meunier. Fonds Canada-France.
- *Études sur les nanotubes de carbone et les nanocomposites*. R. Gauvin et R. Drew, Génie métallurgique, McGill, et J.-L. Meunier.
- *Étude des problèmes de décharges sur les panneaux solaires de satellites géostationnaires*. Office National de Recherche et d'Études Aérospatiales (ONERA, Toulouse) et CPAT-U. Paul-Sabatier, Toulouse, avec J.-L. Meunier (McGill).

COLLABORATIONS INDUSTRIELLES

- *Transfert à Tekna Plasma Systèmes des nouveaux modèles de sondes d'atomisation code XI.* Développées par H. Baillargeon, M. Couture et F. Gitzhofer, ces nouveaux modèles corrigent les problèmes de coefficient de dilatation et permettent une atomisation plus fine avec un meilleur ajustement.
- *Synthèse, transport et déposition de nanopoudres par plasma RF.* - Projet conjoint de Gitzhofer et Proulx, et Coulombe avec la compagnie TEKNA Plasma Systems Inc., subventionné par le CRSNG-Stratégique.
- *Synthèse de fullerènes.* PyroGenesis Inc. et J.-L. Meunier.
- *Capteurs à gaz et étude du vieillissement accéléré de la cellulose par irradiation laser.* El Khakani - Hydro-Québec (IREQ).
- *Purification du krypton-xénon obtenu par distillation cryogénique de l'air.* - Dispositif conçu à l'UdeM et implanté en France par Air Liquide.
- *Système de destruction de gaz perfluorés (gaz à effet de serre) utilisé par les usines de micro-électronique.* - Dispositif conçu à l'UdeM, puis développé et commercialisé par Air Liquide, principalement pour les réacteurs de gravure servant à la fabrication des puces, sous le nom de UPAS (Universal Plasma Abatement System).
- *Implantation de substances radioactives dans des dispositifs vasculaires thérapeutiques.* Collaboration entre l'INRS et Angiogène, une compagnie montréalaise fortement impliquée dans la recherche biomédicale. Ce projet est coordonné par B.L. Stansfield.
- *Stérilisation par plasma de dispositifs médicaux.* - Contrat Université-Industrie (RDC du CRSNG) avec Air Liquide-Santé International et plusieurs de leurs filiales.
- *Ultrasons haute fréquence pour sonder des revêtements métalliques.* – Collaborations de l'INRS avec l'IMI-CNRC et les firmes Tecnar Automation et Placage Teknikrome.

ACTIVITÉS PRÉVUES ET RÉALISATIONS ANTICIPÉES

Synthèse ou dépôt de matériaux

- *Barrières thermiques de nouvelle génération.* - Nous espérons déposer des brevets dès cette année, y compris l'utilisation des composantes nanométriques.
- *Traitement tribologique de l'aluminium.* - L'optimisation de la méthode est terminée, et nous nous concentrerons en 2003 – 04 sur l'ingénierie dans la perspective d'un éventuel transfert de technologie.
- *Gravure des matériaux.* - On poursuit l'étude de l'effet de température et on se propose d'identifier les mécanismes de gravure. On examinera aussi l'influence du type de chimie du plasma sur la gravure.
- *Nouveaux matériaux d'électrodes soumises à des arcs électriques.* – Le développement d'une nouvelle génération de matériaux d'électrodes pour des systèmes à arc est en cours. Les technologies sont basées sur une modification des surfaces à l'échelle nanométrique. Les travaux porteront autant sur l'aspect fabrication de ces matériaux que sur l'étude de l'interaction arc électrique – surface.

Traitement de surface

- *Mouillage des surfaces.* - Nos objectifs sont de clarifier la relation mouillage-impesanteur, de comprendre l'influence de l'accumulation de charges et d'étendre à plus de quatre mois la durée du traitement anti-buée. À moyen terme, nous espérons mettre au point un traitement anti-buée efficace et assez durable pour être exploitable par l'entreprise.
- *Polymères modifiés par plasma.* - En vue de corriger la dégradation pendant les mesures XPS on étudiera la présence d'oligomères à la surface. Un logiciel pour la création de profils en profondeur à partir de données ARXPS sera écrit et mis sur le Web.

Nanotechnologie

- *Silicium luminescent.* - Nous devrions démontrer que la co-implantation permet à la fois d'augmenter l'intensité du signal de photoluminescence des nc-Si et de modifier le longueur d'onde d'émission. A plus long terme, nous visons à intégrer l'optoélectronique dans un même dispositif, c'est-à-dire que ce dispositif *tout Si* convertirait un signal électrique en signal lumineux avec des caractéristiques exploitables par l'industrie.
- *Scalpel ionique, nanolithographie.* - Nous entendons faire la démonstration d'un procédé reproductible et efficace pour réaliser des substrats *Silicium-sur-Isolant* de moins de 100 nm de bonne qualité par clivage ionique. Nous allons étudier sa compatibilité avec la nanolithographie électronique et la résolution ultime de cette combinaison pour la fabrication de dispositifs.
- *Nanotubes.* - Nous voulons optimiser la production (qualité et quantité) des nanotubes de carbone. Nous visons aussi le développement d'une méthode efficace pour la récupération des nanotubes; ceci a un grand impact sur le coût total de production. Au cours de l'année, nous envisageons aussi la formation d'une entreprise pour la commercialisation des NTCM et des collaborations pour le développement d'applications des nanotubes.
- *Revêtements sur nanopoudres.* - L'équipe entend faire la démonstration de la technologie sur d'autres particules que le C, par exemple sur du Ni, Co, etc. Une collaboration avec l'IMI va permettre de

valider le concept d'ingénierie des joints de grains. A plus long terme, nous désirons consolider notre axe des procédés, améliorer la compréhension des phénomènes qui caractérisent nos plasmas, et développer le concept de synthèse combinatoire par plasma, que ce soit pour des poudres (McGill) ou pour des revêtements (Sherbrooke), et poursuivre le développement de la technologie d'ingénierie des joints de grain.

Applications biomédicales

- *Implantation radioactive.* - L'objectif à court terme est d'étudier la production du plasma et le transport des ions, de manière à optimiser l'efficacité d'implantation dans les prothèses biomédicales. L'objectif à moyen terme est de développer un appareil d'implantation pratique qui peut être intégré dans un milieu hospitalier pour la production de prothèses biomédicales.
- *Radiographie X ponctuelle.* - Les travaux se poursuivent avec la source X pulsée de l'INRS pour valider le protocole d'imagerie (mesures de MTF, de contraste et de rapport signal sur bruit) en imagerie de contraste de phase et en imagerie pour la mammographie.
- *Stérilisation par plasma de dispositifs médicaux.* - Cette activité, entreprise à l'UdeM grâce à une subvention stratégique (CRSNG) avec la participation financière d'Air Liquide Santé International, se poursuivra maintenant avec un financement renforcé grâce au programme RDC du CRSNG. Dans ce cadre, nous envisageons également une collaboration avec le Centre de recherche sur la protéine prion (maladie de Creutzfeld-Jakob) de Liège (Belgique).

Applications environnementales

- *Destruction des gaz à effet de serre.* - Il s'agit de poursuivre, avec Air Liquide Électronique, les mêmes buts que pour le système UPAS (décharge plasma sous tube diélectrique), cette fois à l'aide d'une torche à plasma micro-ondes pour traiter les réacteurs plasma servant à faire du dépôt (e.g. de tungstène).
- *Détection des polluants atmosphériques.* – A court terme nous allons établir la signature spectrale de plusieurs contaminants gazeux présents dans l'atmosphère, surtout le CO₂ et les SO_x. A moyen terme, il faudra valider l'utilisation de la technique LIDAR pour mesurer la concentration de ces polluants en fonction de l'altitude dans la troposphère.

Développement d'instruments avancés

- *Ultrasons très haute fréquence comme sonde des matériaux.* – En collaborations avec l'IMI-CNRC et les firmes Tecnar Automation et Placage Teknikrome nous poursuivrons l'étude de cette technique de mesure de l'épaisseur et de l'adhérence des revêtements. Celle-ci sera effectuée aussi bien sur des revêtements avancés présentement utilisés industriellement que sur d'autres encore en développement. Notre objectif est de mettre au point un appareil utilisable en environnement de production.

ANNEXE I – Étudiants, stagiaires et diplômes décernés

Étudiants de maîtrise

NOM (et directeur)	PROJET DE RECHERCHE
Aguilera, L. (Munz & Berk)	Experimental studies on transferred arc evaporator
Aristizabal, F. (Munz & Berk)	Modeling the generation of ultrafine aluminium particles from the quench of superheated vapour in turbulent flow.
Benhacene-Boudam, K. (Margot)	Cinétique de plasmas He-N ₂ produits à la pression atmosphérique dans des tubes capillaires
Blanchard F (Martin et Choquet)	Développement d'un diagnostic pour mesurer les ultrasons haute fréquence produit par laser femtoseconde sur cible d'aluminium.
Boutin, M. (Margot)	Conception d'une nouvelle source de plasma pour la croissance de nanotubes de carbone.
Brassard D (El Khakani)	Les films de silicates de silicium pour les applications CMOS à haut voltage
Castanos Martinez, E. (Moisan)	Influence de la fréquence du champ EM sur la contraction et la filamentation
Castillo, I. (Munz)	Plasma production of solid oxide fuel cell electrolyte particles for plasma spraying.
Crevier M.C. (Yahia & Moisan)	Effet de la stérilisation par plasma post-décharge N ₂ -O ₂ sur les spores de B. Subtilis et sur la surface des polymères biomédicaux
Desbiens É (El Khakani)	Croissance et propriétés des films d'oxyde d'étain pour le développement des senseurs à gaz
Deslandes L.-M. (Chaker)	Dépôt par ablation laser de couche de BST.
Fortier, A. (J. Jurewicz)	Développement d'anodes d'une pile à combustible par plasma
Guay P (Rocheford et Stansfield)	Modélisation Monte-Carlo de l'absorption de l'hydrogène dans les nanostructures de carbone
Haque, T. (Coulombe)	Sterilization of aqueous saline solutions using a direct contact atmospheric pressure plasma
Harbec, D. M. (Meunier)	Effect of the cylindrical reactor length on the fullerene synthesis based on the thermal plasma dissociation of C ₂ Cl ₄
Hébert H (Kieffer et Martin)	Caractérisation des ultrasons haute fréquence produit dans l'aluminium par impulsion laser femtoseconde.
Hoicka, C. (Munz)	Electrode erosion : Effect of microstructure of electrode material
Jean-Jacques M (Kieffer)	Caractérisation optique de matériaux.
Khoury, W. (Meunier)	Inductively coupled thermal plasma deposition of boron-doped diamond films.
Langlois O. (Margot)	Gravure du BST et du SBT à partir de plasmas Cl ₂ et SF ₆ .

Larouche F (Stansfield)	Étude du mécanisme de croissance et de récupération des SWNTs produits à l'aide de procédés plasma.
Levicharsky, V. (St-Jacques et Ross)	Étude de la distribution et de la taille des nc-Si produits par implantation d'ions Si ⁺
Ndione, P.F. (Kieffer)	Développement d'un diagnostic optique à résolution temporelle psec.
Philip, N. (Moisan & Barbeau)	Stérilisation à basse température et à pression réduite en post-décharge de plasma : compréhension du rôle joué par le rayonnement ultraviolet et optimisation
Pu, W. (Boulos)	Induction plasma deposition of metals and ceramics
Silla, V. (Munz)	Transferred arc treatment of lithium battery waste.
Stafford L. (Margot & Chaker)	Gravure de matériaux ferroélectriques (pas de mémoire, passage direct au Ph.D)
Tariq, A. (Coulombe & Meunier)	Polymer-based nanocomposite thin film production using a low-pressure continuous flow plasma reactor.
Tawalbeh, M. (Meunier)	Arc Ion Plating studies on diamond-like synthesis : characterizaton of film properties
Teodorescu-Grosu, G. (Ross)	Étude de l'interaction ion polymère pour contrer la formation de buée
Toth, R. (Kieffer)	Optimisation d'un système de mesure par rayon X à contraste de phase pour les applications médicales.

Étudiants de doctorat

NOM (et directeur)	PROJET DE RECHERCHE
Allais, F. (Matte)	Transport de chaleur non-local parallèle aux lignes de champs dans les plasmas de déflecteurs.
Alouani Bibi, F. (Matte)	Transport de chaleur non-local dans les plasmas chauffés par des lasers intenses.
Antler, M. (Salin)	Automatic selection of analysis criteria for ICP-MS
Barthélemy, O. (Margot & Chaker)	Structure spatiale et écart à l'ETL d'un plasma d'interaction laser-matière sous atmosphère ambiante
Benhacene-Boudam, K. (Moisan & Barbeau)	Étude de l'utilisation d'un plasma créé à la pression atmosphérique dans le cadre de la stérilisation
Bolduc, M. (Terreault)	Traitement tribologique de l'aluminium par plasma d'oxygène
Comtois, D. (Pépin et Mercure)	Études des décharges électriques initiées par laser à impulsion ultracourte sur de grands intervalles d'air
Courtel, F. (Paynter)	Synthèse par voie colloïdale et caractérisation de nanoparticules de CuInS ₂ . Préparation de films minces de CuInS ₂ pour application dans les piles solaires.
Delprat, S. (Chaker et Wu)	Étude de couches minces ferroélectriques (BST, SBT) pour le développement de dispositifs en télécommunications
Desrosiers, N. (Terreault)	Fabrication de dispositifs SOI par clivage induit par implantation ionique
Dignard, N. (Boulos)	Traitement et synthèse de poudres par plasma inductif
Dolbec, R. (El Khakani)	Étude de la croissance et des propriétés des films d'oxyde d'étain pour le développement des senseurs à gaz
Forget, P. (Kieffer)	Développement de sources X ultra-rapides.
Fortin, M.-A. (Paynter +Terreault)	Implantation du ³² P par immersion plasma
Goortani, B.M. (Proulx)	Production optimale de nanopoudres dans un réacteur plasma
Guo, L. (Meunier & Berk)	Modeling the catalyst nucleation and flow/thermal fields in thermal plasma torch carbon nanotube production
Harbec, D. (Meunier & Berk)	Catalytic synthesis of carbon nanotube synthesis using the dissociation of C ₂ Cl ₄ in a dc plasma jet.
Irissou, É. (Guay et Chaker)	Matériaux nanostructurés préparés par ablation laser
Jalbert, J. (El Khakani)	Étude du vieillissement accéléré de la cellulose par irradiation laser
Kabouzi, Y. (Moisan)	Étude des propriétés des colonnes de plasmas obtenues à la pression atmosphérique au moyen de champs électromagnétiques de haute fréquence
Kouprine, A. (Gitzhofer et Boulos)	Étude de plasma capacitif hors-équilibre

Laville, S. (Chaker et Johnston)	Étude numérique de l'émission d'un plasma créé par laser : développement et application d'un code numérique dans le cadre de la modélisation de la technique LIPS
Le Drogoff, B. (Chaker)	Spectroscopie optique de plasmas induits par claquage laser pour l'analyse élémentaire de matériaux- influence de la durée d'impulsion laser
Lemoine, A. (Jurewicz et Coulombe)	Gazéification de la biomasse dans un réacteur à plasma à lit jaillissant
Lemoine, G. (Jurewicz)	Changement des phases pendant la déposition par plasma h.f. d'intermétalliques d'Al-Ni-Mo
Léveillé, V. (Coulombe)	Design and characterization of a low-power atmospheric pressure plasma torch
Lévesque, J. (Kieffer et Pépin)	Imagerie moléculaire résolue en temps à l'aide d'impulsions laser ultra-courtes et intenses
Mendoza-Gonzalez, N. (Proulx)	Modélisation de réacteur plasma pour la production de nano-poudres
Mireault, N. (Ross)	Étude de l'interaction liquide-solide en impesanteur
Moutanabbir, O. (Terreault +Ross)	Étude du rôle du dommage d'irradiation dans le cloquage du silicium par implantation d'ions H et He de basse énergie
Pitre, V. (Kieffer)	Développement et caractérisation d'une caméra de balayage de fente
Renouard-Vallet, G. (Gitzhofer et Boulos)	Étude de la formation par projection plasma de dépôts de zircone stabilisé dense et d'épaisseur micrométrique
Riabinina, D. (Chaker)	Croissance des nanostructures de Ge sur Si(001) et Si(111) par ablation laser (PLD)
Robin, P. (Gitzhofer et Boulos)	Étude de la formation par projection plasma de dépôts de zircone stabilisé dense et d'épaisseur micrométrique
Shin, D. (Gitzhofer)	Development of Thermal Barrier Coatings for LHR (Low Heat Rejection) Diesel Engines.
Smirani, R. (Ross)	Luminescence des nanocristaux de silicium
Stafford, L. (Margot & Chaker)	Plasmas de haute densité pour la gravure des matériaux ferroélectriques
Yedji, M. (Ross)	Effets d'implantation d'ions et d'atomes dans des Matériaux isolants

Stagiaires post-doctoraux

NOM (et directeur)	PROJET DE RECHERCHE
Chang, K. (Matte)	Application des formules de transport non-local dans un code magnétohydrodynamique pour les plasmas de déflecteur.
Chen, L. (Kieffer)	Optimisation de sources de rayons X pour l'imagerie médicale.
Fourmaux, S. (Kieffer)	EXAFS résolue dans le temps avec une source X laser.
Giguère, A. (Terreault)	Explorer et repousser les limites de résolution de la lithographie électronique combinée à l'implantation ionique
Kerdouass, F. (Proulx)	Modélisation de l'injection rotative dans une cuve d'aluminium liquide
Mounir, K. (Chaker)	Conception et étude de guide d'onde appliqué à la télécommunication
Perret, N. (Kieffer)	Techniques de caractérisation optique des matériaux.
Sarkar, D. (El Khakani)	Dépôt de couches minces de silicates de silicium et étude de leur propriétés structurales et électriques
Saoudi, B. (Moisan)	Dommages et modifications des biomatériaux stérilisés par plasma
Smiljanic, O. (Stansfield)	Développer la technologie pour la production de nanotubes de carbone par torche plasma.
Soltani, M. (Chaker)	Déposition de films minces thermochromiques par la technique d'ablation laser pour les applications en télécommunications et en aérospatiales.
Yi, J-H. (El Khakani)	Synthèse et nanoassemblage des nanotubes de carbone par plasma d'ablation laser

Diplômes (jan 2002 – mars 2003)

NOM (et directeur)	TITRE DU MÉMOIRE OU DE LA THÈSE
<i>Maîtrise</i>	
Aristizabal, F. (Munz & Berk)	Modeling the generation of ultrafine aluminium particles from the quench of superheated vapour in turbulent flow.
Benhacene-Boudam, K. (Margot)	Cinétique de plasmas He-N ₂ produits à la pression atmosphérique dans des tubes capillaires
Braidy, N. (El Khakani)	Étude de la synthèse par évaporation laser de nanotubes de carbone mono-paroi. Actuellement étudiant au doctorat à l'Université McMaster, Ontario
Desrosiers, N. (Terreault)	Un scalpel ionique d'une précision inférieure à 100 nm réalisé par implantation d'ions H et He de basse énergie. Maintenant inscrit au doctorat à l'INRS-EMT.
Gosselin, L. (Proulx)	Analyse et modélisation de la formation d'un banc solide dans un bain de scorie liquide
Harbec, D. (Meunier)	Effect of the cylindrical reactor length on the fullerene synthesis based on the thermal plasma dissociation of C ₂ Cl ₄
Koshel, D. (Terreault)	Caractérisation de couches minces hydrophobes déposées par plasma Maintenant employé en R&D par Nitrex Metal Inc., St-Laurent, Québec
Khoury, W. (Meunier)	Boron-doped TP-CVD diamond film growth in inductively coupled thermal plasma. M. Eng. (Project Option)
Léveillé, V. (Boulos et Gravelle)	Diagnostic du jet de plasma h.f. supersonique
Russell, G. (Matte)	Études de simulation du seuil de claquage de la silice irradiée par une impulsion laser ultra-brève.

<i>Doctorat</i>	
Bartosiewicz, Y. (Proulx)	Modélisation de jets turbulents supersoniques sous-détendus : application aux jets de plasma hors équilibre thermodynamique
Branland, N. (Gitzhofer et Boulos)	Projection par plasma de dépôts de dioxyde de titane : contribution à l'étude de leurs microstructures et propriétés électriques
Selezneva, S. (Boulos)	Modélisation des écoulements plasma supersonique
Massé, L.P. (Margot & Hubert)	Conception et caractérisation d'un magnétoplasma produit par une onde de surface pour la pulvérisation d'échantillons solides, chercheur Cynovad
Serventi, A.M. (Saint-Jacques et El Khakani)	Étude de la nanostructure des films de SnO ₂ par microscopie électronique à transmission. Actuellement chercheure-postdoc à l'INRS
Smiljanic, O. (Stansfield)	Étude et synthèse de nanotubes de carbone Actuellement chercheur post-doctoral à l'INRS-EMT
Xue, S. (Boulos et Proulx)	Avancement dans la modélisation électromagnétique et fluide des plasmas inductifs
Ye, R. (Boulos et Proulx)	La dispersion turbulente et l'évaporation des particules dans des plasmas à couplage inductif

ANNEXE II – Colloques, séminaires, conférences et visiteurs

Colloques organisés par Plasma-Québec

- Nous avons d'abord organisé deux colloques permettant aux partenaires de mieux connaître leurs activités respectives et d'identifier des opportunités de collaboration. Le premier (le 22 avril à Varennes) a permis aux divers groupes universitaires de faire une rétrospective de leurs travaux et un exposé de leurs activités actuelles. Le deuxième colloque (le 18 décembre à Sherbrooke) avait comme thème le transfert technologique, avec un accent sur les partenaires non universitaires. Huit conférenciers y ont décrit des transferts réussis. (Les présentations des deux colloques sont disponibles sur CD-ROM et sont affichées sur notre site web).
- L'INRS-EMT a co-organisé avec l'IMI-CNRC le 1^{er} atelier sur les nanomatériaux *Nanomaterials Crossroads* qui s'est tenu à Montréal en novembre 2002. Plusieurs chercheurs canadiens et américains y ont participé. Des chercheurs du Réseau Plasma-Québec ont également pris part à ce Workshop.
- Nous organisons enfin un colloque sur le thème *Science et ingénierie des plasmas* en mai 2003 dans le cadre du Congrès de l'Association francophone pour le savoir ("ACFAS"). Le programme comprend 11 conférences invitées par des experts internationaux et 26 communications.

Séminaires

- Le professeur B. Nagy (de l'université Notre Dame de la paix, Namur, Belgique), qui coordonne le Réseau européen sur les nanotubes de carbone (Nanocomp), a visité l'INRS-EMT le 18 juin 2002 et y a donné un séminaire sur l'avancement des travaux de recherches du réseau Nanocomp.
- Le Dr. F. Chibante, étudiant de Richard Smalley (prix Nobel) et fondateur de la firme BuckyUSA, a présenté à l'Université McGill un séminaire intitulé "Opportunities of novel carbon materials" (21 février 2003).

Participation à des conférences

- Québec-Columbia Nanotechnology Symposium, 11 avril 2002, New-York. 10 participants de Plasma-Québec.
- Participation de M.A. El Khakani à l'atelier annuel de MICRONET (Gatineau, Avril 2002)
- 9th IEEE International Conference on Plasma Science, Banff, Alberta, 26 – 30 mai 2002. Jean-Luc Meunier (organisateur de la session *Thermal Plasma Chemistry and Processing*) et Sylvain Coulombe (organisateur de la session *Plasmas for Lighting*), participation de Valérie Léveillé (McGill), Olivier Barthélémy et Bachir Saoudi (tous deux de l'UdeM), et S. Selezneva (Sherbrooke).
- Association canadienne des physiciens et Photonics North, Québec, 2 – 5 juin 2002. Une dizaine de membres de Plasma-Québec ont participé dont quatre sur invitation (Gitzhofer, Meunier, Sarkissian, Stansfield).
- Nanotube 2002, Boston, 6-11 juillet 2002. L'équipe de B.L. Stansfield (4 personnes) a participé et a donné une présentation à cette conférence annuelle sur les nanotubes de carbone.
- International Congress of Plasma Physics, Sydney (Australie), 15-19 juillet 2002. Guy Ross a représenté Plasma-Québec (rapport disponible).
- IMCS-9, Boston, juillet 2002, El Khakani et R. Dolbec (INRS).

- CANEUS-Conference on micro/nano-technologies for aerospace application, Agence Spatiale Canadienne, St-Hubert, août 2002. B.L. Stansfield a présenté l'avancement des travaux du consortium sur les nanotubes impliquant également El Khakani, Meunier et G. Soucy (Université de Sherbrooke).
- 9th Conference on Plasma-Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen (Allemagne), 9 – 13 sept. 2002 : B. Terreault (rapport disponible).
- Trends in Nanotechnology, Espagne, sept. 2002. El Khakani et R. Dolbec (INRS).
- Federation of Analytical Chemistry and Spectroscopy Societies, Providence, RI (USA), 12-17 oct. 2002. Participation du groupe de Salin.
- 52 CSE Conference, Vancouver, October 21-23, 2002, Aristizabal F. (McGill).
- Congrès annuel de NanoQuébec, Montréal, 16 novembre 2002. Participation de Chaker, El Khakani, G. Ross, plus É. Irissou, F. Larouche, B. Le Drogoff, O. Smiljanic, R. Smirani, J.-H. Yi (tous de l'INRS), S. Coulombe, L. Guo et D. Harbec, J.L. Meunier, R.J. Munz (McGill).
- Carrefour des Nanomatériaux, Montréal, 18-19 novembre 2002. B.L. Stansfield a donné une présentation intitulée "Carbon nanotube research in Québec" au nom du consortium sur les nanotubes impliquant également El Khakani, Meunier et G. Soucy (Université de Sherbrooke).
- Innovative Materials Processing by Controlling Chemical Reaction Field (IMP 2002), Miyagi, Japan (2002), Boulos, M.I.
- 10th Annual Conference of the CFD 2002 Society of Canada, Windsor (Ontario), Bartosiewicz, Y. (Sherbrooke).
- Gordon Research Conference (2002), Tilton, New-Hampshire, USA, Gitzhofer, Kouprine, A., Renouard-Vallet, G. (tous de Sherbrooke).
- 2nd Annual Symposium on Thermal Spray Coatings, Niagara Falls, Ontario (2002) Jurewicz, Gitzhofer, Lemoine, G. (Sherbrooke).
- International Conference on the Future of Engineering Education, February 16-18, (2003), Munz, R.J.

Visiteurs et échanges

- Prof. H. Sekiguchi (Technical Institute of Tokyo), deux mois dans le laboratoire de McGill (été 2002).
- J.-L. Meunier, séjour de une semaine au Centre de physique des plasmas et de leurs applications, Toulouse, dans le cadre d'une collaboration France-Canada sur la synthèse de nanotubes de carbone.

ANNEXE III – Brevets et publications

Brevets

- M. Moisan, N. Philip, B. Saoudi,
Systeme et procede de haute performance pour la sterilisation par plasma gazeux à basse température
DEMANDE DE BREVET CANADIEN NUMERO 2,395,659 DEPOSEE LE 26 JUILLET 2002.
- M. Moisan, B. Saoudi,
Procede de sterilisation par plasma d'objets de nature dielectrique et comportant une partie creuse
DEMANDE DE BREVET CANADIEN NUMERO 2,412,997 DÉPOSÉE LE 2 DEC. 2002.
- J.-L. Meunier, D. Harbec
Method for producing carbon nanotubes using a thermal plasma torch
BREVET US DÉPOSÉ NUMERO 60/426, 407 DÉPOSÉE LE 15 NOV. 2002.
- Smiljanic O., Stansfield B.L.
Method and apparatus for producing single-wall carbon nanotubes

Publications

- Alouani Bibi F., Matte J-P.
Enhanced Electron-ion energy exchange due to a super-Gaussian electron velocity distribution function
PHYSICS OF PLASMAS (ACCEPTED FOR PUBLICATION) (2003)
- Alouani Bibi F., Matte J-P.
Influence of the electron distribution Function shape on nonlocal electron heat transport in laser heated plasmas.
PHYS. REV. E 66, 066414 (2002)
- Amorim A., Levy L., Sarrail, D., Meunier J-L.
Secondary discharges on solar arrays : vacuum arcs across adjacent biased cells
JOURNAL OF SPACECRAFT AND ROCKETS (In Press) (2003)
- Bartosiewicz, Y., Mercadier, Y., and Proulx, P.
Numerical Investigations on the Dynamics and Heat Transfer in a Turbulent Underexpanded Jet",
AIAA JOURNAL, 40(11) (2002)
- Bartosiewicz, Y., Proulx, P., and Mercadier, Y.
A self-consistent two-temperature model for the computation of supersonic argon plasma jets
J.PHYS.D: APPL.PHYSICS, 35 (17), PP.2139-2148 (2002)
- Belzile C, Kieffer JC, Côté CY, Oksenhendler T, Kaplan D
Jitter-free subpicosecond streak cameras (invited)
REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 73 (3): 1617-1620 Part 2 MAR (2002)

- Blais, A., Proulx, P., Boulos, M. I.
Three-Dimensional Numerical Modelling of a Magnetically Deflected dc transferred arc in argon
 J.PHYS.D: APPL.PHYSICS, 36, 488-496 (2003)
- Bolduc M, Popovici D, Stansfield BL, Terreault B
Effect of damage production rate in aluminium surface treatment using an ECR-PBII apparatus
 SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY 156 (1-3): 162-165 (2002)
- Bolduc M., Terreault B.
Enhanced oxidation and segregation in plasma source ion implanted alloy
 APPLIED PHYS. LETT., 82, 895-97 (2002).
- Braidy N, El Khakani MA, Botton GA
Effect of laser intensity on yield and physical characteristics of single wall carbon nanotubes Produced by the Nd : YAG laser vaporization method
 CARBON 40 (15): 2835-2842 (2002)
- Braidy N, El Khakani MA, Botton GA
Carbon nanotubular structures synthesis by means of ultraviolet laser ablation
 J MATER RES 17 (9): 2189-2192 SEP (2002)
- Braidy N, El Khakani MA, Botton GA
Single-wall carbon nanotubes synthesis by means of UV laser vaporization
 CHEM PHYS LETT 354 (1-2): 88-92 MAR 5 (2002)
- Bryce C., Berk D.
Mass Transfer Effects on the Etch Rate of GaAs in Flow Systems
 CHEM. ENG. COM. (ACCEPTED FOR PUBLICATION 2002)
- Cavalleri A, Blome C, Forget P, Kieffer JC, Magnan S, Siders CW, Sokolowski-Tinten K, Squier JA, Toth C, Von der Linde D
Femtosecond X-ray studies of photoinduced structural phase transitions
 PHASE TRANSITIONS 75 (7-8): 769-777) Part B OCT-NOV (2002)
- Chassé* M, Ross G.G.
Effect of aging on wettability of silicon surfaces modified by Ar implantation,
 J. APPL. PHYS., VOL.92 (10) 5872-5877 (2002).
- Chassé*M., Ross G.G.
Modification of wetting properties of SiO_x surfaces by Ar implantation
 NUCL. INSTRUM. METHODS, VOL 193 (2002)
- Coulombe S.
Probabilistic modelling of the high-pressure arc cathode spot displacement dynamic
 J. PHYS. D: APPL. PHYS. 36, 686 (2003)
- Coulombe S.
Analysis of the Hg-Na arc-W cathode interactions at increasingly high Na contents'
 PROC. IEEE INT. CONF. ON PLASMA SCI., PAPER 3P30, BANFF, MAY 2002.

- Delannoy, Y., Alemany, C., Li, K.-I., Proulx, P., and Trassy, C.
Plasma-Refining Process to Provide Solar-Grade Silicon
SOLAR ENERGY MATERIALS & SOLAR CELLS, 72(1-4), 69-75 (2002)
- Desbiens E, Dolbec R, El Khakani MA
Reactive pulsed laser deposition of high-k silicon dioxide and silicon oxynitride thin films for Gate-dielectric applications
J VAC SCI TECHNOL A 20 (3): 1157-1161 MAY-JUN (2002)
- Dolbec R, El Khakani MA, Serventi AM, Trudeau M, Saint-Jacques RG
Microstructure and physical properties of nanostructured tin oxide thin films grown by means of pulsed laser deposition
THIN SOLID FILMS 419 (1-2): 230-236 NOV 1 (2002)
- Filion J., Munz R.J., Salin E.D.
Molecular Emission Spectroscopy as a Potential Diagnostic Tool in Plasma-Assisted Incineration
APPLIED SPECTROSCOPY, 56(4) 449-454 (2002)
- Huxter V., Hamier J., Salin E.D.
Tandem Calibration Methodology Dual Nebulizer Sample Introduction for ICP-MS.
J. ANAL. AT SPECTRUM, 18, 71-75 (2003)
- Irissou E, Le Drogoff B, Chaker M, Guay D
Correlation between plasma expansion dynamics and gold-thin film structure during pulsed-laser deposition
APPLIED PHYSICS LETTERS 80(10): 1716-1718 MAR 11 (2002)
- Jalbert J, Gilbert R, El Khakani MA
Comparative study of vapor-liquid phase equilibrium methods to measure partitioning Coefficients of dissolved gases in hydrocarbon oils
CHROMATOGRAPHIA 56 (9-10): 623-630 NOV (2002)
- Ji H, Côté A, Koshel D, Terreault B, Abel G, Ducharme P, Ross G, Savoie S, Gagné M
Hydrophobic fluorinated carbon coatings on silicate glaze and aluminum
THIN SOLID FILMS 405 (1-2): 104-108 (2002)
- Kabouzi Y., Calzada M. D., Moisan M., Tran K.C., Trassy C.
Radial contraction of microwave-sustained plasma columns at atmospheric pressure
J. APPLIED PHYSICS, 91, 1008-1019 (2002)
- Kieffer JC, Krol A, Jiang Z, Chamberlain CC, Scalzetti E, Ichalalene Z
Future of laser-based X-ray sources for medical imaging
APPLIED PHYSICS B-LASERS AND OPTICS 74: S75-S81 Suppl. S JUN (2002)
- Koshel D., Ji H., Terreault B., Côté A., Ross G. G., Abel G., Bolduc M.
Characterization of CF_x coatings plasma chemically deposited from C₃F₈/C₂H₂ precursors
SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY, ACCEPTÉ 12 FÉV (2003).
- Kouprine, A., Gitzhofer, F., Boulos, M. I., and Fridman, A.
Polymerlike C:H Thin Film Coating of Nanopowders in Capacitively Coupled RF Discharge
J.PLASMA CHEM.AND PLASMA PROCES., 23(4) (2003)

Kulishov M, Daxhelet X, Gaidi M, Chaker M

Electronically reconfigurable superimposed waveguide long-period gratings

JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA A-OPTICS IMAGE SCIENCE
AND VISION 19(8): 1632-1638 AUG (2002)

Laville S., Vidal F., Johnston T.W., Barthelemy O., Chaker M., Le Drogoff B.L., Margot J., Sabsabi M.

Fluid modelling of the laser ablation depth as a function of the pulse duration for conductors

PHYS. REV. E, 66, 6415-22 (2002)

Martin F, Mawassi R, Vidal F, Gallimberti I, Comptois D, Pepin H, Kieffer JC, Mercure HP

Spectroscopic study of ultrashort pulse laser-breakdown plasmas in air

APPLIED SPECTROSCOPY 56 (11): 1444-1452 NOV (2002)

Moisan M., Barbeau J., Crevier M.-C., Pelletier J., Philip N., Saoudi B.

Plasma sterilization : methods and mechanisms

NUMÉRO SPÉCIAL (15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLASMA CHEMISTRY
(ISPC-15) DE PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC), 74, 349-358 (2002)

Moutanabbir O., Terreault B., Ross G.G.

Isotope and crystal orientation effects in low-energy H/D blistering of Si

APPL. PHYS. LETT. (ACCEPTÉE LE 14 MARS 2003)

Nadeau P., Berk D., Munz R.J.

Ammonium Chloride Aerosol Nucleation and Growth in a Cross-Flow Impinging Jet Reactor

AEROSOL SCIENCE AND TECHNOLOGY 37, 92-95 (2003)

Oberste Berghaus J., Meunier J.-L., Gitzhofer F.

Direct current bias effects in RR induction thermal plasma diamond CVD

IEEE TRANS. PLASMA SCIENCE, 30(1), 442-449, (2002)

Paynter RW

Angle-resolved XPS study of the effect of x-radiation on the aging of polystyrene exposed to an oxygen/argon plasma

SURF INTERFACE ANAL 33 (1): 14-22 JAN (2002)

Paynter RW

Degradation during ARXPS measurements of polystyrene treated with an oxygen plasma

SURF INTERFACE ANAL 33 (10-11): 862-868 OCT-NOV (2002)

Philip N., Saoudi B., Crevier M.C., Moisan M., Barbeau J., Pelletier J.

The respective roles of UV photons and oxygen atoms in plasma sterilization at reduced gas pressure : the case of n₂-O₂ mixtures

IEEE TRANSACTION ON PLASMA SCIENCE, 30, 1429-1436 (2002)

Ross G.G, Gauthier M.

Experimental charge fractions of hydrogen scattered from insulators at 50 to 340 keV

NUCL. INSTRUM. METH., VOL 193 1-4 PP 449-454 (2002)

Ross G.G., Bourgoin D.

Improvement of carbon properties used as PFC's in tokamaks by nitrogen irradiation

ACCEPTED IN THE PROC. OF ICPP, SYDNEY, 15-19 JULY (2002)

- Sekiguchi, H., Bonneau, M. E., Gitzhofer, F., Boulos, M. I., and Munz, R. J.
Preparation of Ag/Al₂O₃ Nanocomposite Using Suspension Plasma Spraying: A Feasibility Study
 TRANSACTION OF THE MATERIALS RESEARCH SOCIETY OF JAPAN, 27(1), 59-61
 (2002)
- Selezneva, S., Sember, V., Gravelle, D. V., and Boulos, M. I.
Spectroscopic Validation of the Supersonic Plasma Jet Model
 J.PHYS.D: APPL.PHYSICS, 35(12) 1338-1349 (2002)
- Selezneva, S., Boulos, M. I., Van de Sanden, M. C. M., Engeln, R., and Schram, D. C.
Stationary Supersonic Plasma Expansion: Continuum Fluid Mechanics versus Direct Simulation Monte Carlo Method
 J.PHYS.D: APPL.PHYSICS, 35(12), 1362-1372 (2002)
- Smiljanic O, Stansfield BL, Dodelet JP, Serventi A, Desilets S
Gas-phase synthesis of SWNT by an atmospheric pressure plasma jet
 CHEMICAL PHYSICS LETTERS 356 (3-4): 189-193 APR 22 (2002)
- Stafford L., Margot J., Chaker M., Pauna O.
Characterization of neutral, positive, and negative species in a chlorine high-density surface-wave plasma
 J. APPL. PHYS. 90, 1907-1913 (2003)
- Stafford L, Margot J, Delprat S, Chaker M, Queney D
Sputter-etching characteristics of barium-strontium-titanate and bismuth-strontium-tantalate Using a surface-wave high-density plasma reactor
 JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY A-VACUUM SURFACES AND FILMS 20(2): 530-535 MAR-APR (2002)
- Sun X., Li R., Lebrun G., Stansfield B.L., Dodelet J.-P., Désilets S.
Formation of carbon nanotubes on carbon paper and stainless steel screen by ohmically heating catalytic sites
 INTERNATIONAL JOURNAL OF NANOSCIENCE, 1, 223-234 (2002)
- Sun X., Stansfield B.L., Dodelet J.P., Désilets S.,
Growth of Carbon Nanotubes on Carbon paper by Ohmically Heating Silane-Dispersed Catalytic Sites
 CHEM. PHYS. LETT. (2002)
- Sun X., Dellerio T., Smiljanic O., Stansfield B.L., Dodelet J.P.,
Controlled Growth of Carbon Nanotubes on Carbon Paper by CVD
 ACCEPTED BY ELECTROCHEMICAL SOCIETY
- Terreault B
Some fundamental problems in low-energy ion implantation
 SURF COAT TECHNOL 156 (103): 13-23 (2002)
- Vidal F, Gallimberti I, Rizk FAM, M, Johnston TW, Bondiou-Clergerie A, Comptois D, Kieffer JC, La Fontaine B, Mercure HP, Pepin H
Modeling of the plasma near the tip of the positive leader
 IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE 30(3): 1339-1349 PART 2 JUN (2002)

Vidal F., Comptois D., Pépin H., Johnston T.W., Chien C.-Y., Desparois A., Kieffer J.-C., La Fontaine B., Martin F., Rizk F.A.M.,

The control of lightning using lasers: properties of streamers and leaders in the presence of laser-produced ionisation

COMPTES RENDUS DE PHYSIQUE, 3, 1361-1374 (2002)

Xue, S., Proulx, P., and Boulos, M. I.

Effect of coil angle in an inductively couple plasma torch: A novel two-dimensional model

PLASMA CHEM.PLASMA PROCESSING, 23(2), (2003)

Xue, S., Proulx, P., and Boulos, M. I.

Modelling the effect of ferrite on an inductively coupled plasma torch. Part 1: Infinite ferrite permeability

J.PHYS.D: APPL.PHYSICS, 35, 1123-1130 (2002)

Xue, S., Proulx, P., and Boulos, M. I.

Modelling the effect of ferrite on an inductively coupled plasma torch. Part 2: Finite ferrite permeability

J.PHYS.D: APPL.PHYSICS, 35, 1131-1140 (2002)

Ying H., Tromp J.W., Salin E.D.

Sample Diagnosis using Non-Analyte Signals for Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

SPECTROCHIM. ACTA B, 277-290 (2002)

ANNEXE IV – Subventions et contrats en cours

Subventions

Chercheur principal/inst.	Organisme/ Programme	Titre	Montant annuel	Années
Berk D. (McGill)	CRSNG/RG	Heterogenous reaction engineering : Applications to materials processing	25,8K	2001-2005
Boulos M.I. +7	FCAR/Équipe	Synthèse et déposition de matériaux de structure nanométriques...	92,92K	2002-2004
Boulos, M. U de Sherbrooke)	FCAR-Équipe de recherche	Synthèse et déposition de matériaux de structure nanométrique par plasma	45,2K	2002-2006
Boulos, M. (U de Sherbrooke)	Centre d'excellence	Technologie des plasmas	50K	2001-2003
Boulos, M. (U de Sherbrooke)	CRSNG/ Recherche	Technologie des plasmas	65K	2000-2004
Chaker M., Margot J., Pépin H	Micronet (Centre d'excellence)	Advanced fabrication technologies for submicron processing	88K	2002
Coulombe S. (McGill)	U McGill Dépt./ Démarrage	Start-up funds for new professors	30K	2001-2002
Coulombe S (McGill)	CRSNG/R	Non-thermal plasmas for environmental, biomedical and advanced surface engineering applications	33K	2002-2005
Coulombe S. (McGill)	CRSNG/Chaires de recherche (Tier II)	Chaire de recherche du Canada en procédés plasmas hors équilibre	100 000K	2002-2007
Coulombe S. (McGill)	FCI/ Infrastructure	Establishment of a laser-induced fluorescence (LIF) capability	160K	2002-2003
Coulombe S. (McGill)	U McGill, Vice-recteur/ Démarrage	Nanosurface engineering with non-thermal plasma	20K	2002
Coulombe S. (McGill)	U McGill Génie/ Démarrage	Non-thermal plasmas in or above aqueous solutions	30K	2001-2002
Dodelet J.P. Stansfield B.L. Bose T. Chahine R. (UQTR)	Ministère des ressources naturelles, Canada	Carbon nanostructures for hydrogen storage	100K	2003-2004

Dodelet J.P. Stansfield B.L. Bose T. Chahine R. (UQTR)	Ministère des ressources naturelles, Québec	Nanostructures de carbone pour le stockage de l'hydrogène	80K	2003-2004
Gitzhofer F.+ chercheurs des U de Sherbrooke et McGill	FCI/ Infrastructue	Chimie inorganique combinatoire par plasma appliquée à la découverte de nouveaux matériaux	1993,5K	2002-2003
Gitzhofer, F. (U de Sherbrooke)	CRSNG/ Recherche	Synthèse de nanomatériaux par la technologie des plasmas à r.f.	29,5K	2001-2005
Gravelle, D. (U de Sherbrooke)	CRSNG/ Recherche	Diagnostics de plasmas thermiques	20,9K	2002-2006
Johnston T. W., Ross G. G. & 6 autres (INRS-EMT)	MRST	Participation québécoise à l'effort international en fusion magnétique	1 153K\$	2000-2002
Jurewicz, J. (U de Sherbrooke)	CRSNG/ Recherche	Matériaux avancés pour la production d'électrodes d'électrolyseur préparés par plasma à induction	26,5K	2001-2005
Kieffer, J.-C. (INRS-EMT)	VRQ	Femtotech	110K	2002-2005
Margot, J. (U de Montréal)	CRSNG/ Individuelle	Fundamentals and applications of low-temperature plasmas	45,6K	2002-2005
Meunier J.L. (McGill)	Gouv. Canada/Fonds France-Canada Pour la recherche	Synthèse de nanotubes de carbone par plasma thermique	10K	2002-2003
Meunier J.-L. (McGill)	CRSNG/RG	Thermal plasma synthesis and plasma-surface interaction	34,5K	2001-2004
Moisan M. (U de Montréal)		Destruction d'effluents fluorés	245,6K	2002
Moisan M.*, Barbeau J., Margot J. (U de Montréal)	FCAR/Équipe	Plasma produit par des décharges électromagnétiques de hautes fréquences (HF)	49,9K	2002
Moisan M.*, Barbeau J., Margot J. (U de Montréal)	FCAR/Équipe	Plasma produit par des décharges électromagnétiques de hautes fréquence (HF)	51K	2002-2004
Moisan, M. (U de Montréal)	CRSNG/ Individuelle	Décharges dans les gaz au moyen de champs électromagnétiques de hautes fréquences : études fondamentales et applications	70K	2002-2003

Moisan M.*, Barbeau J. (U de Montréal)	CRSNG/ Air Liquide/ RDC	Étude de la stérilisation par plasma d'objets médicaux	265K	2002-2004
Munz R.J. (McGill)	CRSNG-RG	Thermal Plasma Technology: electrode erosion and reactor design	31,6K	2000-2003
Paynter R. W. (INRS-EMT)	CRSNG/ Recherche	Plasma modifications of polymer surfaces	20.8K	2001-2004
Proulx P., Gitzhofer F., Coulombe S., Normand (U de Sherbrooke)	CRSNG/ Stratégique	Fabrication optimale de nanopoudres par plasma	103,5K	2003-2006
Proulx P. (U de Sherbrooke)	CRSNG/ Recherche	Études fondamentales sur la nucleation et croissance de nanopoudres par technologie des plasmas	À venir	2003-2007
Ross, G. G. (INRS-EMT)	CRSNG/ Recherche	Relation entre la perte d'énergie des ions et les propriétés fonctionnelles des Matériaux	36.75K	2001-2002
Salin E., Skinner C., Burns D.H. (McGill)	FQRNT		54K	2001-2005
Salin E. (McGill)	CRSNG/ Recherche	Rapid methods for the analysis of difficult samples	63K	1999-2002
Salin E. (McGill)	CRSNG/ Stratégique	Methods for rapid speciation and determination of toxic metals in soils and sediments	63K	1999-2002
Schiettekatte F., Roorda S., Ross G. G.	Nano-Québec	Nanoagrégats obtenus par implantation ionique	120K	2002-2003
Stansfield, B. Paynter, R.W. Terreault, B. (INRS-EMT)	CRSNG/ Partenariat avec Angiogène Inc.	A study of plasma-based ion implantation of radioactive isotopes into coils for improved treatment of aneurysm	90K + 45K	2003-2005
Stansfield, B. (coordonateur) (INRS-EMT)	NanoQuébec	Synthesis and characterization of carbon nanotubes for applications in nanotechnology	300K	2002-2004
Stansfield, B.L. (INRS-EMT)	CRSNG/ Individual	Plasma technology and applications in materials processing	34.7K	2001-2005
Terreault B., & 23 autres (INRS-EMT)	FCAR- Regroupements stratégiques	Plasma-Québec – Réseau thématique en sciences et applications avancées des plasmas	440K	2002-2005

Terreault B., Paynter R.W., Ross G.G., Stansfield B. (INRS-EMT)	FCAR-Équipe	Matériaux et dispositifs nanostructurés par des procédés plasma ou ioniques	41K	2002-2004
Terreault (INRS-EMT)	CRSNG/ Individuelle	Modification des surfaces par implantation ionique et par procédés plasma	38,5K	2001-2005

Contrats

Chercheur principal/inst.	Entreprise /organisme	Titre	Montant annuel	Années
Dodelet J.-P. Stansfield B.L. (INRS)	CRDV	Préparation de nanotubes de carbone	50K	2002-2003
Jurewicz, J. (U de Sherbrooke)	Tekna Systèmes Plasmas Inc.	Traitement des minéraux par plasma	20K	2002
Proulx, P. (U de Sherbrooke)	Tekna Systèmes Plasmas Inc.	Mathematical modelling of the flow, temperature and concentration fields in an induction on plasma reactor	25K	2002
Proulx, P. (U de Sherbrooke)	Alcan International Ltée	Modélisation mathématique d'un agitateur en rotation	46K	2002
Proulx, P. (U de Sherbrooke)	(CNRS, Grenoble, France)	Recyclage de résidus de silicium provenant de la production Photovotanique (Resicle)	52,7K	2003
Ross G.G.	Canadian Space Agency	Mouillage d'une surface liquide par un autre liquide non miscible en impesanteur	30 000 \$	2001-2002

ANNEXE V – Utilisation des fonds de Plasma-Québec

Poste budgétaire	(\$can.)
Secrétariat	
Salaires	22 993
Fournitures	<u>1 002</u>
TOTAL	23 995
Publicité et rayonnement	
Site web	5 196
Dépliant (conception + 2000 exemplaires)	1 710
Cotisation à la "Coalition for Plasma Science"	<u>758</u>
TOTAL	7 664
Colloques organisés par Plasma-Québec	
Colloque sur le transfert technologique, Sherbrooke, 18 déc. 2002	1 435
Science et ingénierie des plasmas, Rimouski, 20 et 21 mai 2003	<u>166</u>
TOTAL	1 601
Participation à des conférences nationales ou internationales	
Int. Conf. on Plasma Science (IEEE), Banff, Canada	1 194
Congrès de l'Association canadienne des physiciens, Québec	700
Int. Congress on Plasma Physics, Sydney, Australie	1 987
Plasma-Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Allemagne	1 442
Colloque Transfert technol. dans l'industrie de l'aluminium, Montréal	<u>148</u>
TOTAL	5 471
Aide au démarrage de projet de collaboration innovateur (2002)	
Utilisation de la gravure par plasma pour la nanoanalyse de surface	30 000
Aide à la mise en commun des infrastructures – salaires techniques	
INRS – labo des plasmas créés par laser	24 000
INRS – labo de procédés plasma	24 000
INRS – labo de caractérisation des matériaux	8 000
UdeM – groupe de physique des plasmas	24 000
McGill – Centre de recherche en technologie plasma	24 000
UdeS - Centre de recherche en technologie plasma	<u>36 000</u>
TOTAL	140 000
Aide à la mise en commun des infrastructures – fonctionnement	
INRS – labo des plasmas créés par laser	17 000
INRS – labo de procédés plasma	17 000
INRS – labo de caractérisation des matériaux	7 000
UdeM – groupe de physique des plasmas	17 000
McGill – Centre de recherche en technologie plasma	17 000
UdeS - Centre de recherche en technologie plasma	<u>25 000</u>
TOTAL	100 000
GRAND TOTAL DES DÉPENSES AU 31/03/03	303 260