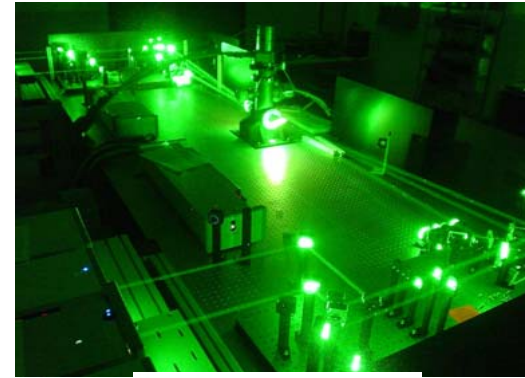




Laboratoire de Micro et Nanofabrication



## Activités de recherche à l'INRS-EMT

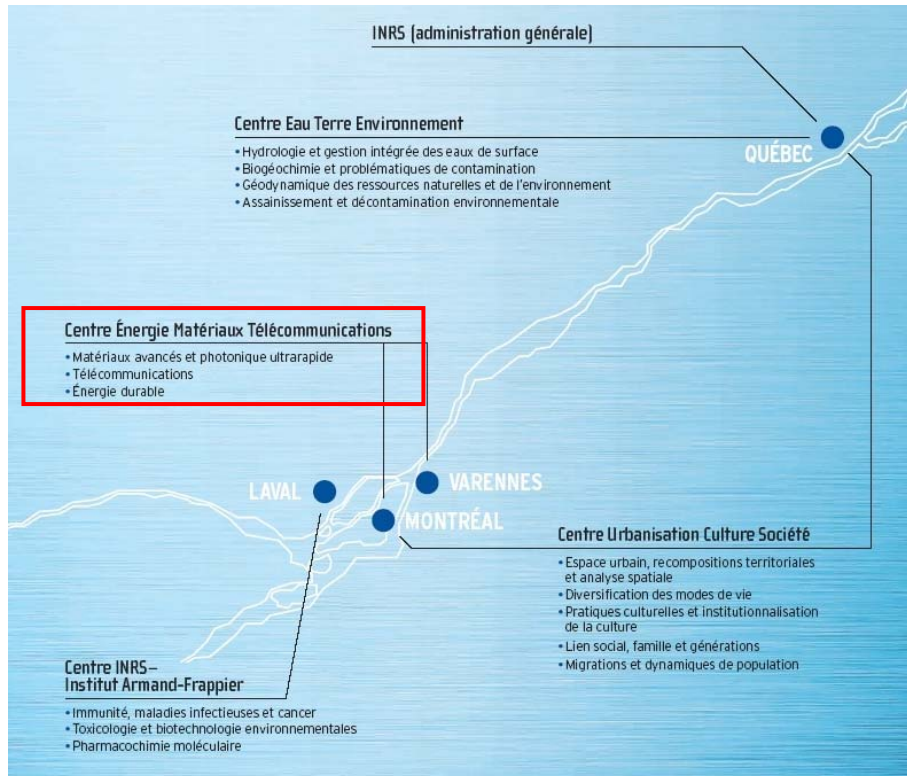
Professeur Mohamed Chaker

*Chaire de recherche du Canada de niveau 1 en  
Plasmas appliqués aux technologies de micro- et nanofabrication*

*Directeur de l'INF*

**Atelier Franco-Québécois sur les matériaux de pointe et nanotechnologies**

**22 septembre 2014, Paris**



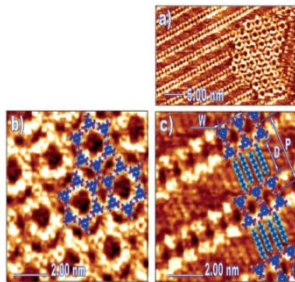
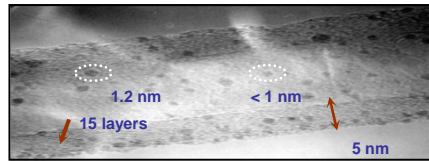
## Centre - Énergie Matériaux Télécommunications



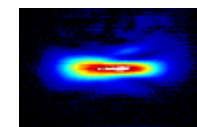
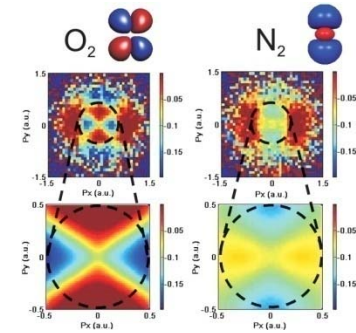
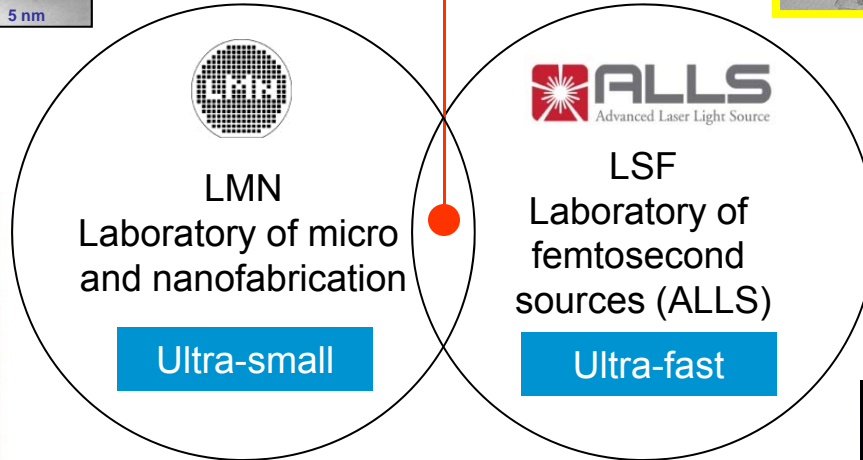
- 40 professors-researchers (20 new professors since 2001)
- 46 professionals, technicians and support personnel
- 47 post-doctoral researchers
- 160 students (M.Sc. et Ph.D) in 2014
- Operating funds (~ 14 M\$)
- Infrastructure funds (FCI/MEQ) : 60 M\$ (since 2001)

**INF / INRS Centre - Énergie Matériaux Télécoms**  
1650, boulevard Lionel-Boulet  
Varennes, QC, J3X 1S2, CANADA

# A unique facility



Nano-femto science



**Nanoscience/Nanotechnologies (34 M\$)**

**Tools and know-how to manufacture micro & nanosystems (electronic, RF, and photonic devices and sensors) using top-down as well as bottom-up approaches**

**Femtoscience/Femtotechnologies (21 M\$)**

**Tools and know-how to manipulate matter (at the nanometer scale) & to probe its dynamics (at the femtosecond scale)**

# Activités de recherche et de développement

## Micro- et nanofabrication

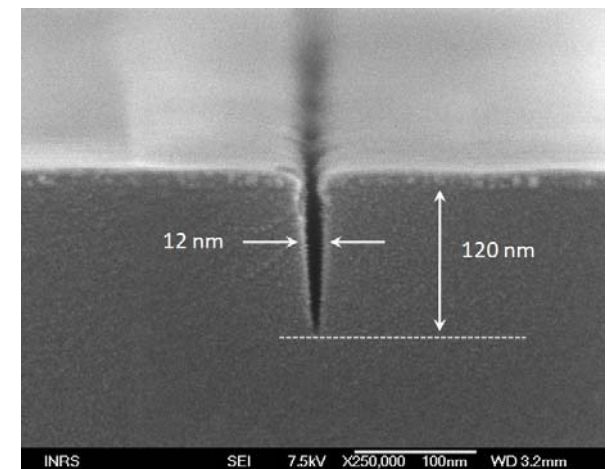
Réponse aux besoins spécifiques des chercheurs en micro- et nanostructures:

- Étudier des phénomènes physiques, chimiques ou biologiques observables à l'échelle sub-100 nm
- Tester de nouveaux concepts de nanodispositifs dans différents secteurs de la haute technologie

Exemples de projets en cours :

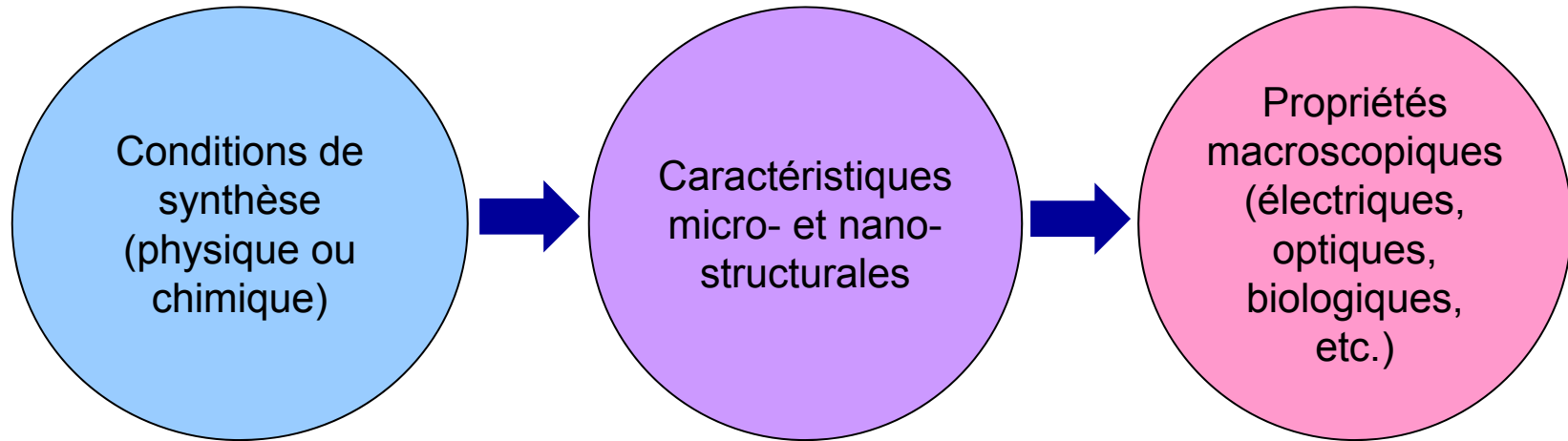
- Nanocomposites multiferroïques pour le développement d'antennes miniaturisées accordables
- Étude des limites de la gravure par plasma pour des applications aux nouveaux matériaux électroniques et photoniques

Gravure de 12 nm sur 120 nm  
de profondeur dans le SiO<sub>2</sub>



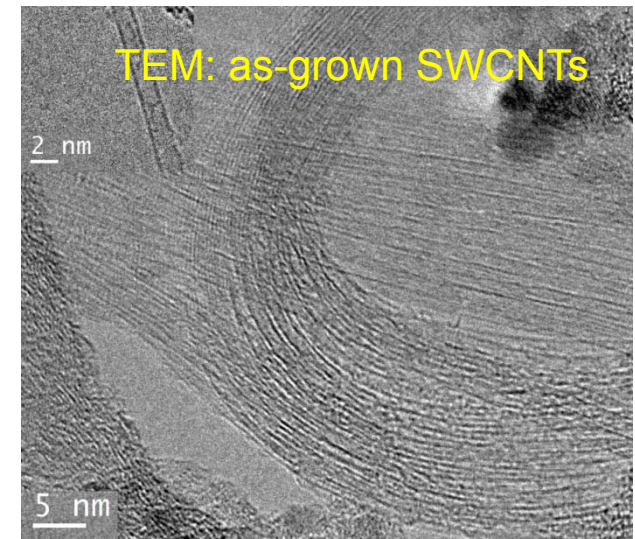
# Activités de recherche et de développement

## Synthèse de couches minces et de nanomatériaux



Exemples de projets en cours :

- Oxydes fonctionnels nanostructurés pour des applications dans les domaines photovoltaïque et des capteurs
- Points quantiques optiques pour le développement de lasers IR
- Catalyseurs non nobles pour piles à combustible
- Matériaux nanohybrides à base de nanotubes de carbone pour les piles solaires



# Activités de recherche et de développement

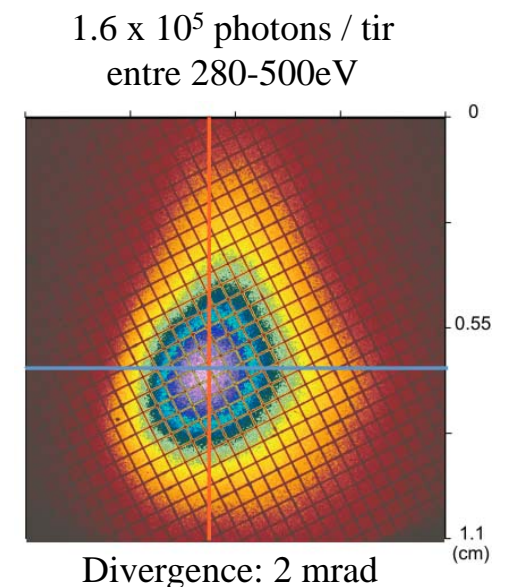
## Caractérisation de pointe

- Équipements de caractérisation spatiale (nanométrique)
- Sources uniques de rayonnement pour la caractérisation temporelle (femtoseconde) ou spectrale (du THz au domaine RX)

⇒ développement de nouveaux nanomatériaux

Exemples de projets en cours :

- Synthèse et caractérisation de polymères à deux dimensions
- Développement d'une source X femtoseconde compacte à haut flux : nouvelles applications scientifiques et technologiques
- Caractérisation THz à champ élevé des phénomènes de transport dans le graphène et les nanostructures semiconductrices



# Retombées scientifiques et technologiques

## 5 grandes réalisations

- **Catalyseurs non nobles pour piles à combustible (Dodelet et al.)** : Science (2009), Nature Communications (2011), brevet (2012) et **création d'un spin off** (Electrocatalyse Canétique)
- **Synthèse et caractérisation de polymères à deux dimensions (Rosei et al.)**: Science (2009), Small (2009), PNAS (2010), ACS Nano (2013)
- **Nanohybrides à base de nanotubes de carbone pour les dispositifs photovoltaïques (El Khakani et al.)**: Adv. Mat. (2012), Appl. Phys. Lett. (2013), découverte de l'année (Québec Science), chercheur-étoile FRQNT
- **Radiateur intelligent à base de dioxyde de vanadium nanostructuré (Chaker et al.)**: Appl. Phys. Lett. (2013), Sol. Ener. Mat. Sol. Cells (2013) et brevet (2013)
- **Sources X femtosecondes (Légaré et al.)**: Nature Photonics (2013), Phys. Rev. Lett. (2013), Nature Com. (2014), brevet (2012) et **création d'un spin off** (Few Cycle)

# Retombées scientifiques

Caractère unique et niveau d'excellence en termes de recherche académique (*en ne tenant compte que des 23 professeurs en matériaux/nano/photonique*)

- **Production scientifique exceptionnelle**
  - 378 articles publiés (2011-2013) dont 1 Nature, 2 Nature Physics, 3 Nature Photonics, 2 Nature Communications, 1 Nature Materials et de nombreux autres articles dans des journaux à très fort facteur d'impact
- **Reconnaissance remarquable des chercheurs**
  - Octroi de bourses Steacie du CRSNG: Morandotti (2011), Rosei (2014)
  - Autres reconnaissances entre 2011 et 2013: membre de de la Société Royale du Canada 2012 et 2014, membre de l'Académie Européenne des Sciences (2014), médaille Rutherford 2011, médaille Herzberg 2013, découverte de l'année de Québec Science 2014, 16 fellows (APS, OSA, SPIE, IOP, etc.)
- **Visibilité internationale**
  - Plus de 300 papiers invités à des conférences internationales (2011-2013)



# Retombées technologiques

Impact économique: la nature générique de la R&D a un impact direct dans plusieurs secteurs industriels (*en ne tenant compte que des 23 professeurs en matériaux/nano/photonique*)

55 projets de partenariat représentant un investissement de 10.6 M\$ (2011-2013)

34 déclarations d'invention (2011-2013), 19 demandes de brevets dont 8 ont déjà été accordés

- **Secteur des télécommunications (6) et de la photonique (11):** En télécommunications, Apollo Microwaves, EXFO Electro-Optical Engineering, IBM Canada, MDA Communications, MPB Communications et SDP Telecom et en photonique CorActive, Cyrium Technologies, Enablence Technologies, Genia Photonics, iRPhotonics, O-E Land, Passat, QGlex, QPS Photonics, Stoker Yale Canada et Teraxion
- **Secteur biomédical (4):** En plus des applications de la photonique à l'imagerie médicale, les autres compagnies sont DGel Science, Novacam, PDevices, Quorum et Tyler Research
- **Secteur du transport et de l'énergie (8):** Axion Power Corporation, Electrocatalyse Canetique Inc., General Motors of Canada, Hydro-Québec, LM GlassFiber, Opsun Technologies, Pure Energy Visions Corporation et Sixtron Advanced Materials.
- **Secteur de l'environnement (5):** Armstrong Monitoring, Enerkem Technologies, ENPAR Technologies, LDETEK et Magnus Chemicals
- **Compagnies d'essaimage issues de l'INRS:** Axis Photonique, Electrocatalyse Canetique, Few Cycle, Plasmionique

# Contribution à la visibilité internationale

- Visibilité à travers les publications, les conférences sur invitation et la formation de jeunes chercheurs
- Visibilité dans le cadre de regroupements internationaux (LIA-LITAP, consortium ALLS)
- Participation à des projets européens (WIROX et KOHERENT)
- Chaire UNESCO sur les matériaux et les technologies pour la conversion, l'économie et le stockage de l'énergie (MATECSS)
- Projets en collaboration avec des universités et des laboratoires gouvernementaux de plus de 20 pays
  - Exemples: CEA-LETI, CNR-Italie, Ecole Polytechnique de Palaiseau, Université de Sao Paulo, Université de Lisbonne, ETHZ-Suisse, Université de Shinshu-Nagano, Université de Sydney, Université de Hong Kong

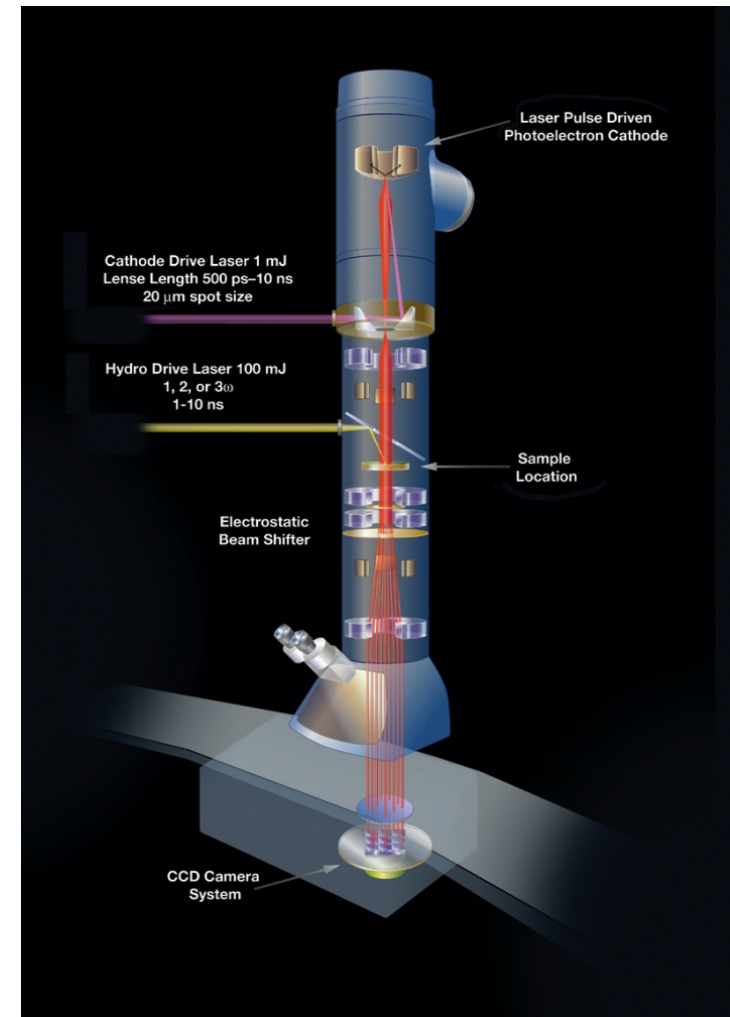
# Evolution de l'INF

## Microscope électronique à transmission dynamique

- JEOL 2000 FX
- Différents modes d'opération
  - 10 ns/ 10 nm avec un seul tir
  - ps/Angstrom mode stroboscopique

Avec sa configuration unique au monde, il sera possible d'accéder avec un seul système à plusieurs modes d'imagerie:  
(i) MET dynamique pompe-sonde,  
(ii) imagerie en mode « movie »,  
(iii) imagerie en mode stroboscopique avec filtrage en énergie

Schéma d'un TEM dynamique





**MERCI**

**Questions?**

**[chaker@emt.inrs.ca](mailto:chaker@emt.inrs.ca)**