

Pourquoi empiler les problèmes? Interfaces de matériaux quantiques

A.-M. S. Tremblay



CIFAR
CANADIAN INSTITUTE
for ADVANCED RESEARCH



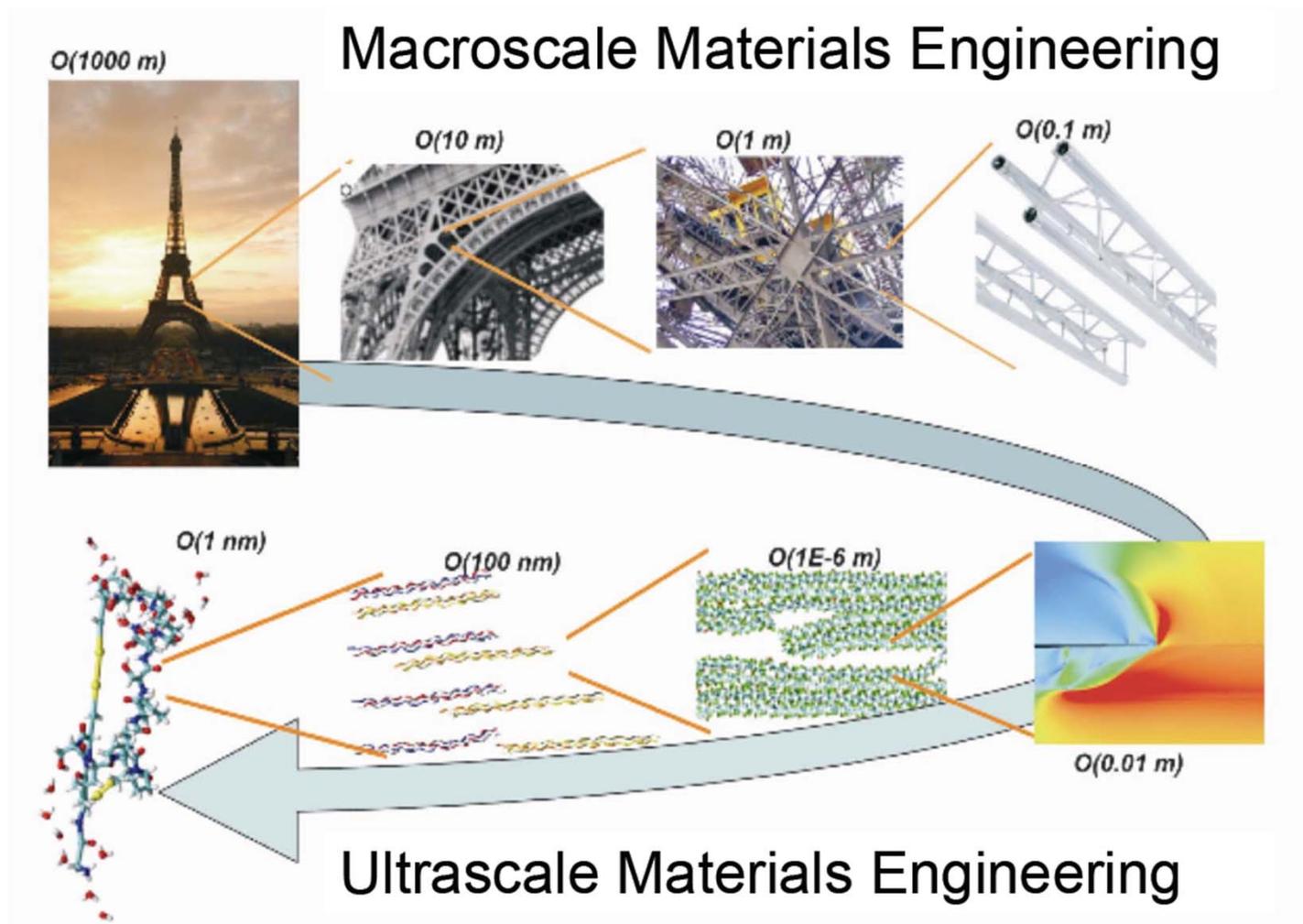
UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

FQRNT, U. Laval, 9 février 2012



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

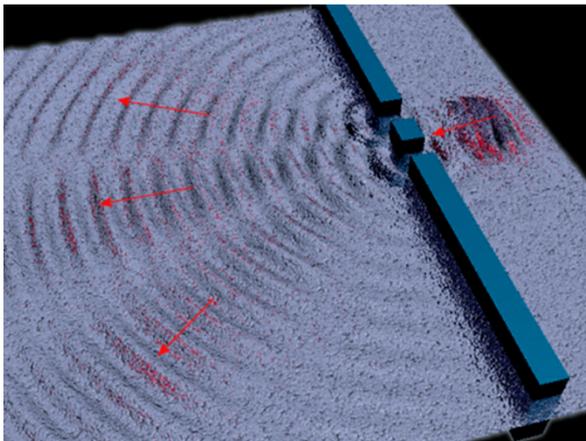
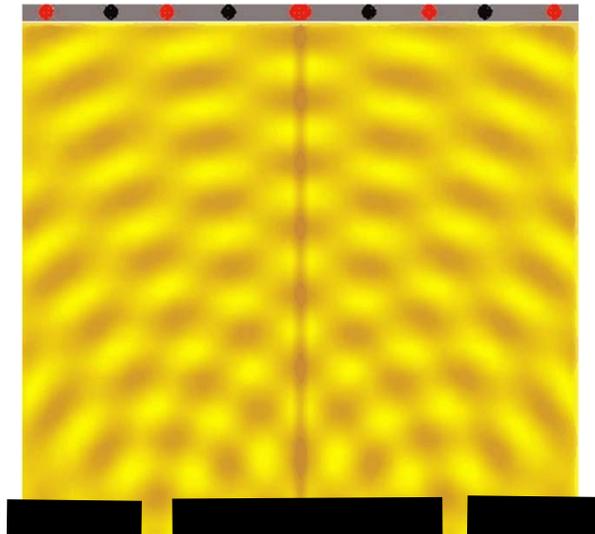
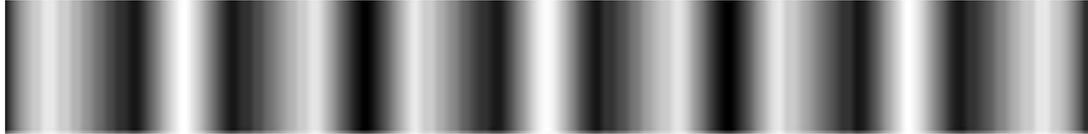
Matériaux



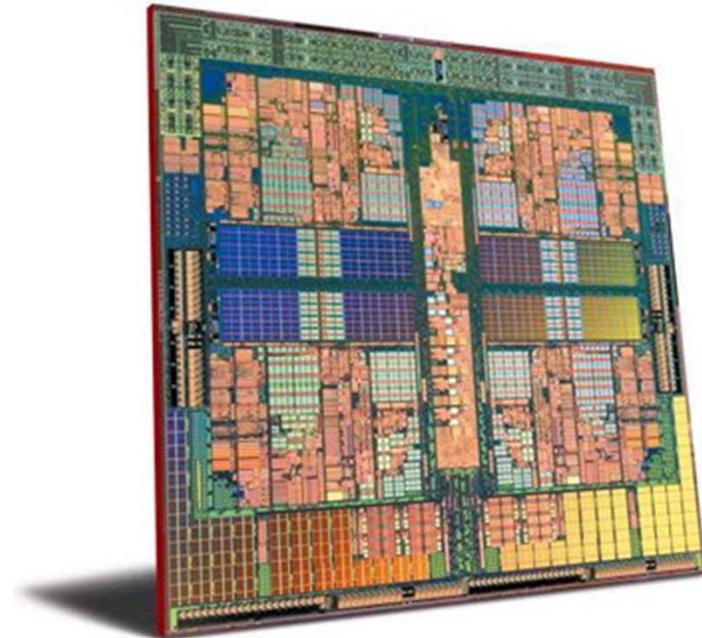
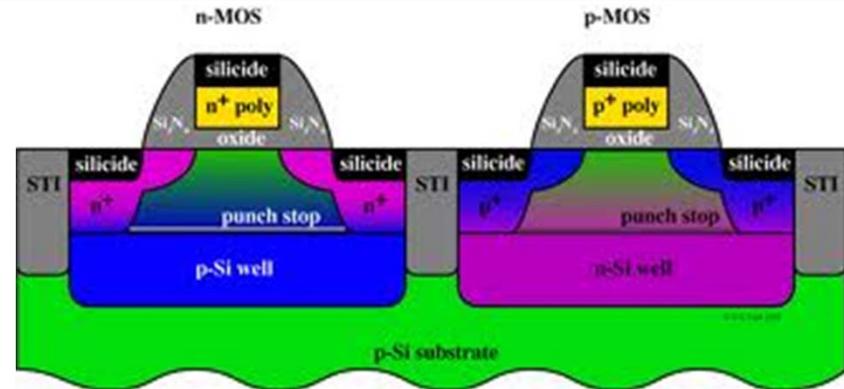
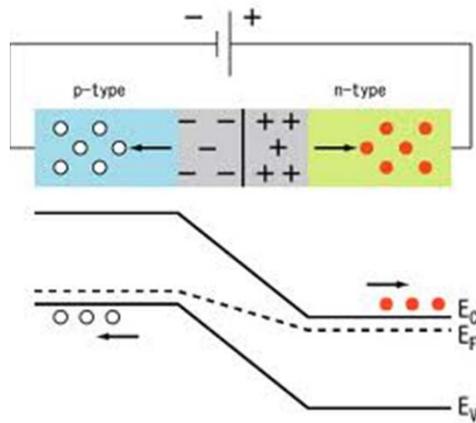
De: Jeffrey Grossman, MIT



L'étrangeté de la mécanique quantique



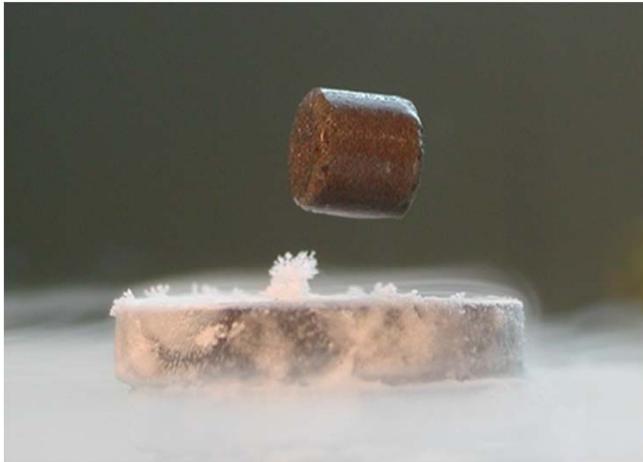
Mécanique quantique et technologie



32 nm en 2010, 22 nm annoncé pour 2012



Matériaux quantiques



Empiler les problèmes

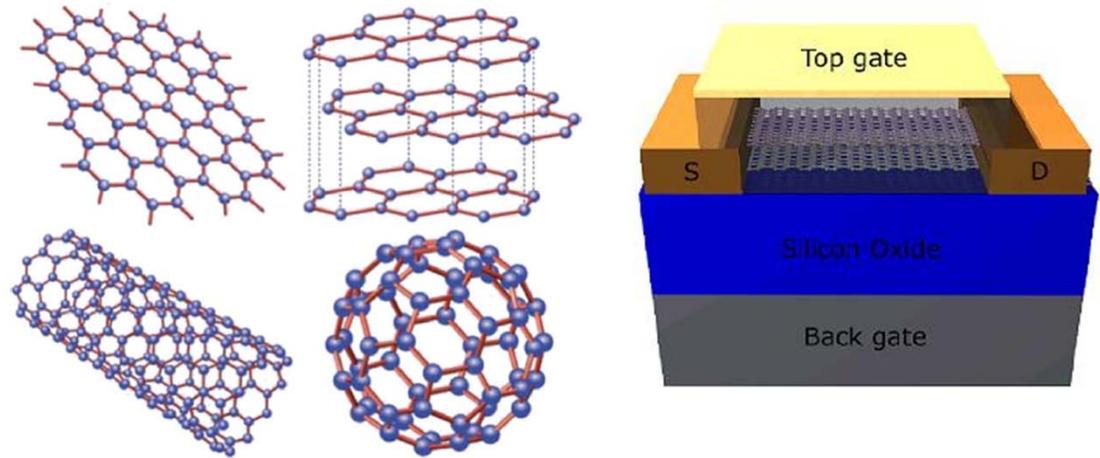
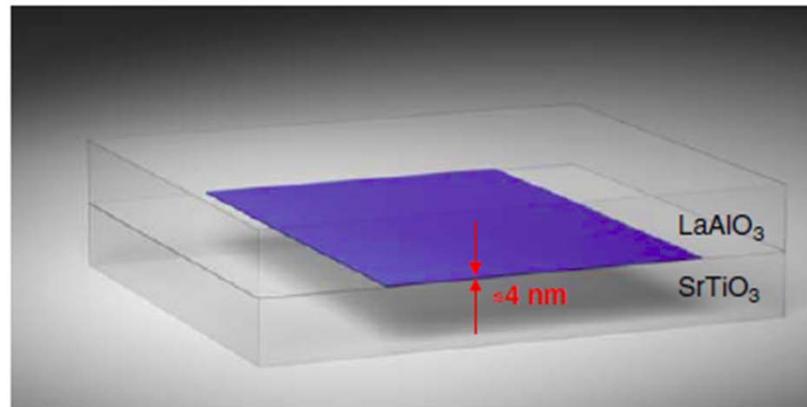
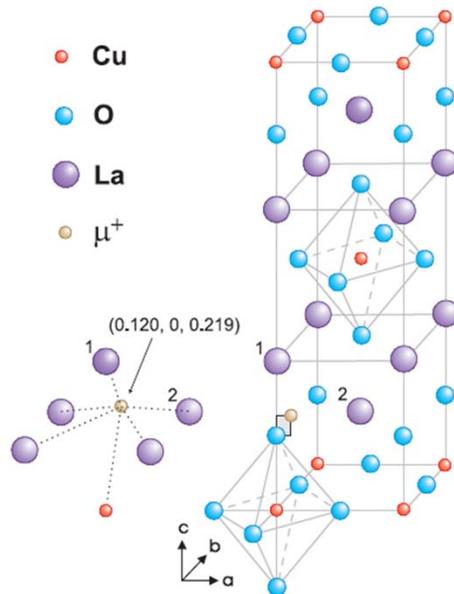


Figure 1. Graphene and its descendants: top right: graphene; top left: graphite = stacked graphene; bottom right: nanotube = rolled graphene; bottom left: fullerene = wrapped graphene (adapted from [1])

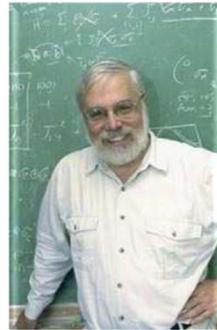


Participants

Professeurs et collaborateurs étrangers



David Sénéchal



André-Marie Tremblay



René Côté



Kristjan Haule

Rutgers



Satoshi Okamoto

Oakridge National Lab



Marcello Civelli

Grenoble



Andrea Young

Columbia



Allan H. MacDonald

Austin

Yafis Barlas

Florida State



Étudiants et postdocs



Giovanni Sordi
Postdoc



Dominique Chassé
PhD



Jean-François Jobidon
MSc



Wenchen Luo
MSc - PhD

Subvention: 57,000\$ par an

Salaires: 94,000\$ par an



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Publications

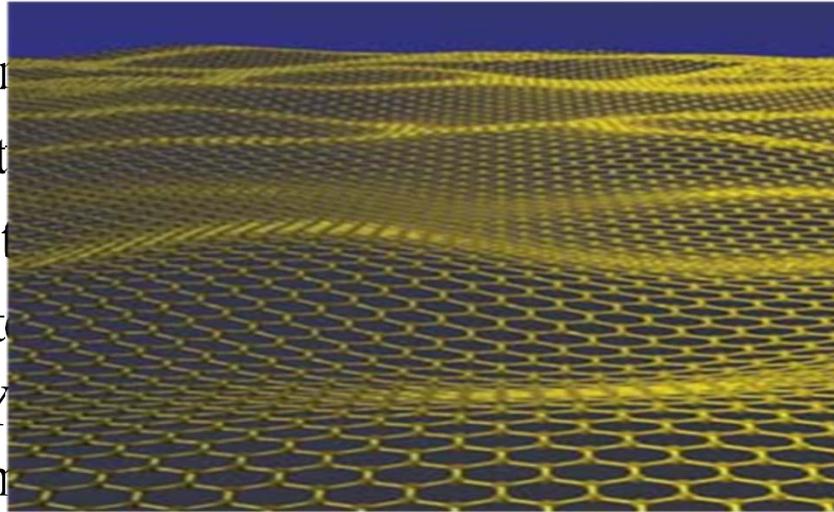
- 10 publications, dont
 - Côté, R, Luo W, Petrov B, Barlas Y, MacDonald AH. 2010. *Orbital and interlayer skyrmion crystals in bilayer graphene.*
[Phys. Rev. B. 82:245307](#)
 - Côté, R, Jobidon J-F, Fertig HA. 2008. *Skyrme and Wigner crystals in graphene.*
[Phys. Rev. B. 78:085309](#)
 - Sordi, G, Haule K, Tremblay AMS. 2010. *Finite Doping Signatures of the Mott Transition in the Two-Dimensional Hubbard Model.*
[Phy. Rev, Let. 104:226401/1-4.](#)
 - Chassé, D, Tremblay AMS. 2010. *Generalized dc and ac Josephson effects in antiferromagnets and in antiferromagnetic d-wave superconductors.*
[Phys. Rev. B. 81:115102](#)
- 14 présentations à des conférences internationales



2 des projets

#1 Graphène

- Ni un métal, ni un isolant.
- On peut contrôler sa conductivité en appliquant un champ électrique (transistors de champ).
- La surface est bidimensionnelle (comme les jonctions pn).
- Nouveau matériau.
- Module de Young le plus élevé connu dans le plan (« strongest material in the world »).
- Flexible (Flexible electronics: touchscreens).
- Coefficient de dilatation thermique négatif.
- Grande insensibilité au désordre: grande mobilité des électrons.
- Très grande conductivité thermique (comme le diamant).
- A deux surfaces et pas de volume. On peut donc le fonctionnaliser.
- On peut changer ses propriétés électroniques en appliquant un stress.

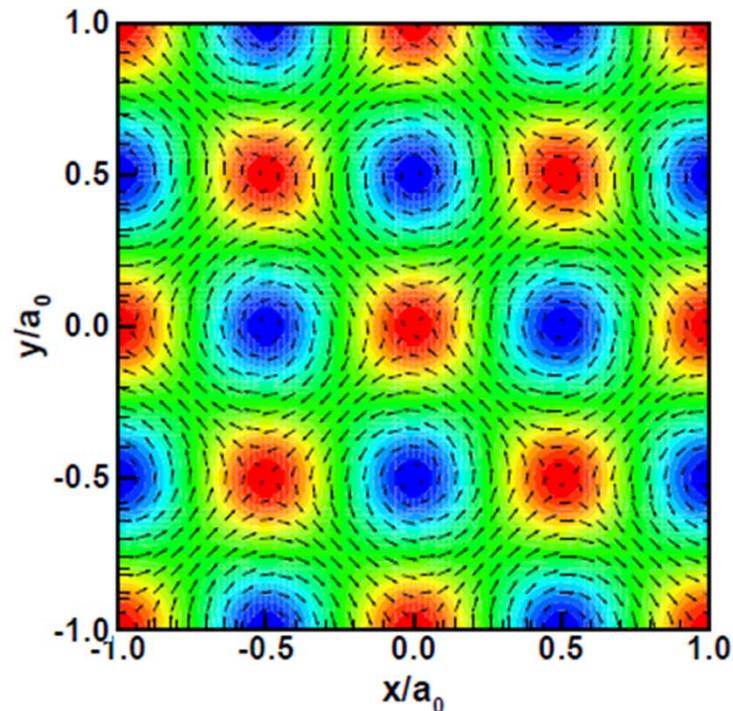


#1 Graphène

- Ni un métal, ni un semiconducteur.
- On peut contrôler la densité d'électrons par effet de champ.
- La surface est accessible (contrairement aux jonctions pn)
- Nouveau matériau pour l'électronique
- Module de Young très grand: grande cohésion dans le plan (« strongest material known to man! »).
- Flexible (Flexible electronics: touchscreens).
- Coefficient de dilatation thermique négatif.
- Grande insensibilité au désordre: grande mobilité des électrons.
- Très grande conductivité thermique (comme le diamant).
- A deux surfaces et pas de volume. On peut donc le fonctionnaliser.
- On peut changer ses propriétés électroniques en appliquant un stress



Graphène dans un champ magnétique

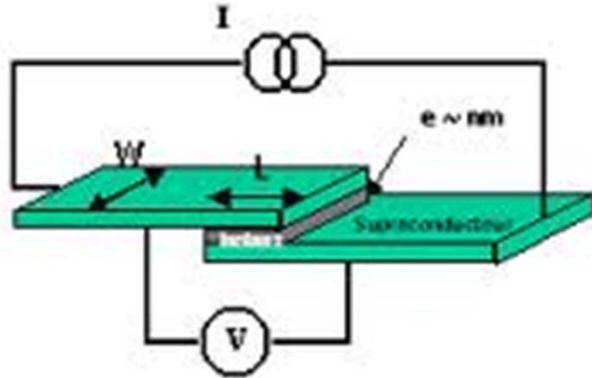


Jean-François Jobidon
MSc

- Cristal de mérons (absorption hyperfréquence)



#2 Effets Josephson généralisés



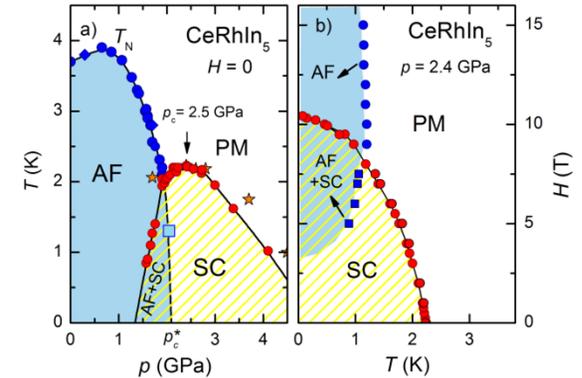
$$\dot{N}_G(t) = I_c \sin(\Delta\phi)$$

$$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2 - \frac{2e}{\hbar} \int \mathbf{A}_z dz$$

- Étalon pour le volt
- Magnétomètres
- Ordinateur quantique



Dominique Chassé
PhD



$$\dot{S}_G(t) = (I_c + J_c \cos \Delta\phi) \hat{s}_D \times \hat{s}_G,$$

$$\dot{N}_G(t) = (\bar{I}_c + \bar{J}_c \cos \theta) \sin \Delta\phi$$

$$\dot{\vartheta}(t) = -g\mu_B \delta\mathbf{B} \cdot \hat{e}(t)$$

$$\hat{e}(t) \equiv \hat{s}_R(t) \times \hat{s}_L(t)$$



Retombées

Où sont les étudiants



Giovanni Sordi
Chargé de recherche, Grenoble



Dominique Chassé
Gestion de risque,
Caisse de dépôt et placement du Québec



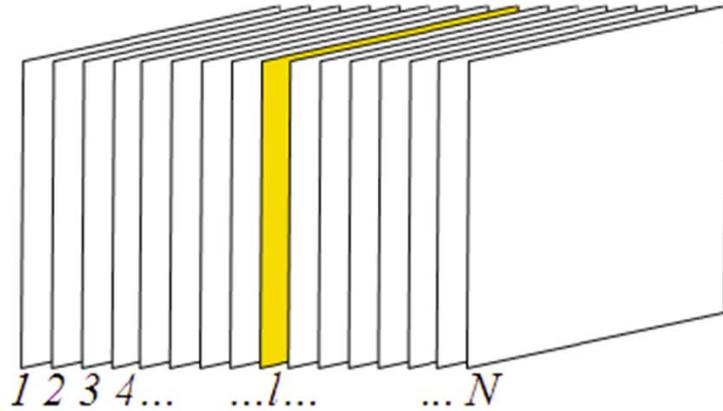
Jean-François Jobidon
Aux études, Institut Néel France et Polytechnique Mtl



Wenchen Luo
Aux études, PhD Sherbrooke



La suite



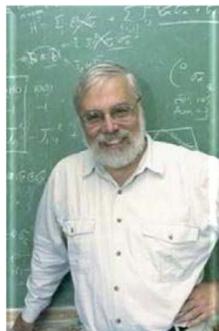
Maxime Dion



P. Fournier
Sherbrooke



E. Kaxiras
Harvard



A-M Tremblay



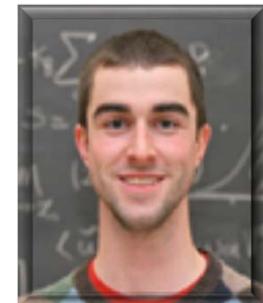
Syed Hassan
IMSC Chennai



David Sénéchal
Sherbrooke



Maxime Charlebois
PhD (Vanier)



Simon Verret

Notre « microscope » (outil théorique)

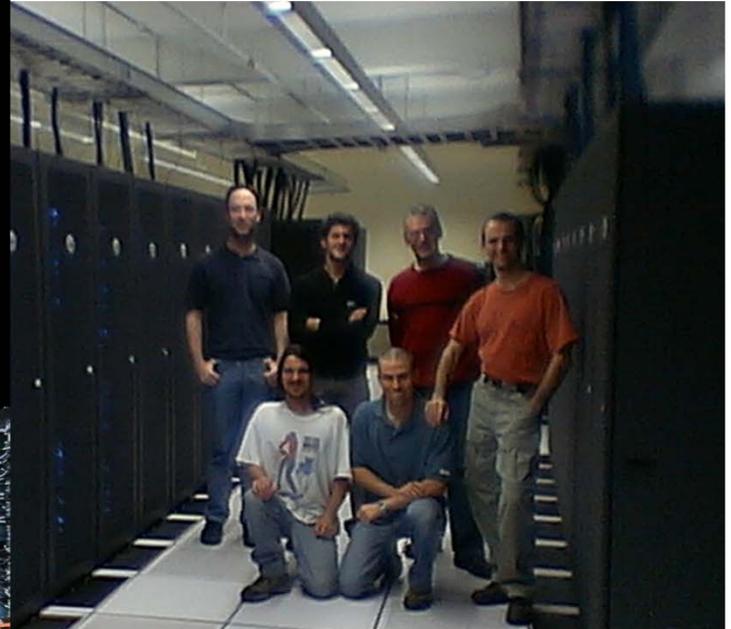
Outil intersectoriel par excellence



Mammoth



compute + calcul
CANADA



Éducation,
Loisir et Sport
Québec



Canada Foundation for Innovation
Fondation canadienne pour l'innovation



compute + calcul
CANADA

High Performance Computing

CREATING KNOWLEDGE
DRIVING INNOVATION
BUILDING THE DIGITAL ECONOMY

Le calcul de haute performance

CRÉER LE SAVOIR
ALIMENTER L'INNOVATION
BÂTIR L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE

Calcul Québec



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Contexte

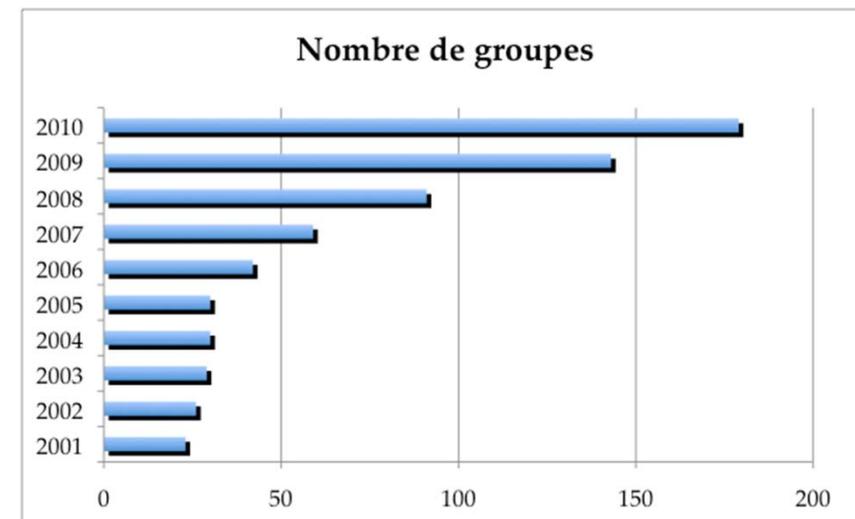
- En 2008, la FCI verse **60 M\$** pour la mise à niveau des infrastructures de calcul.
- Calcul Québec obtient **22,5 M\$** de la FCI (37,5 % du total).



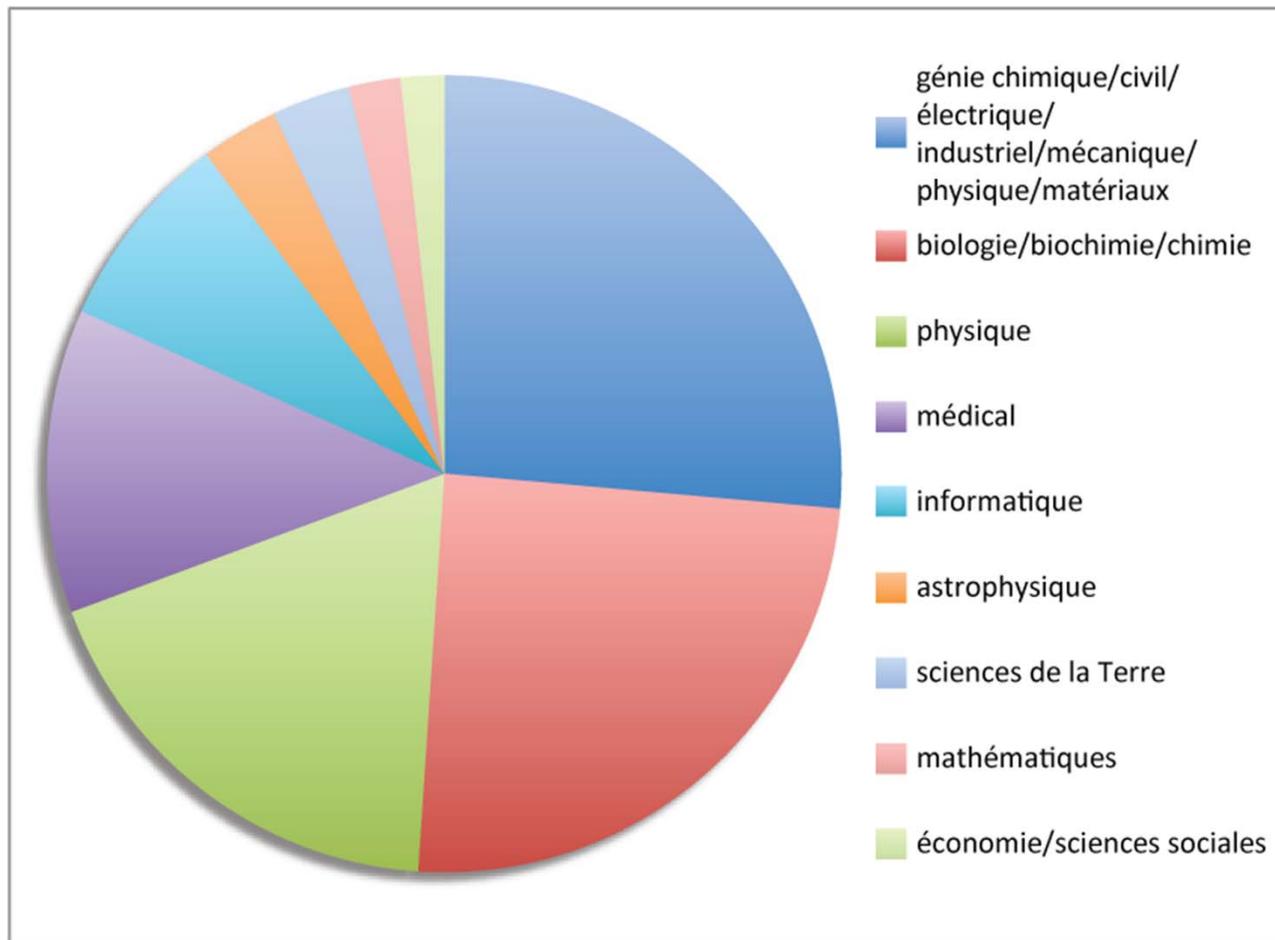
Calcul Québec en quelques chiffres

| | |
|---------------------------|--------|
| Groupes de recherche | 182 |
| >200 000 h/an | 50 |
| Utilisateurs | ~ 650 |
| Objets de recherche | 17 |
| Universités participantes | 10 |
| Serveurs de calcul | 12 |
| Nbre de cœurs | 80 000 |
| Heures calculées | |
| 2010-2011 | 80 G |
| 2011-2012 | 220 G |
| 2012-2013 | 630 G |

| | |
|---------------------------|------|
| Administrateurs systèmes | 12 |
| Analystes | 10,5 |
| Directeurs de site locaux | 4 |
| Coordonatrice | 1 |



Répartition du temps de calcul par secteur



Un point de vue personnel sur le rôle des subventions de groupe au Québec



Sherbrooke circa 1975



Sherbrooke



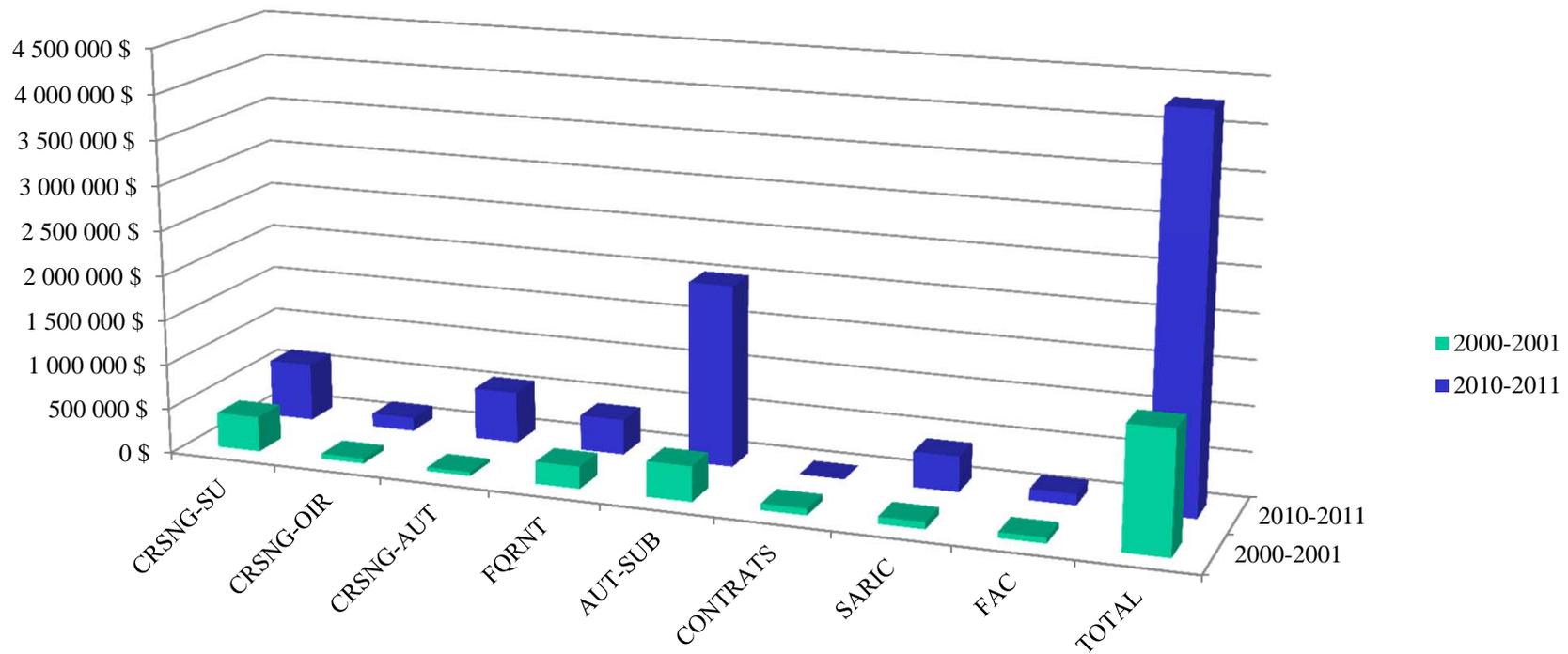
Chaires de recherche du Canada



Le regroupement québécois sur les matériaux de pointe



Financement derniers dix ans



Les américains nous imitent!

MIT-Harvard
Center for Ultracold Atoms
a National Science Foundation Physics Frontier Center

17 professeurs, dont un prix Nobel



Merci