

ABC de la supraconductivité

Supraconductivité



État électronique
spectaculaire de la matière

Paramètres critiques

T_c → Température
 B_c → Champ magnétique
 I_c → Courant électrique

8 avril 1911

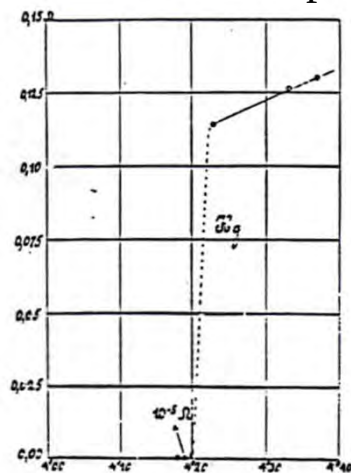
Heike Kamerlingh Onnes
observe une résistivité nulle
du mercure quand $T < 4.17\text{ K}$

Propriétés remarquables

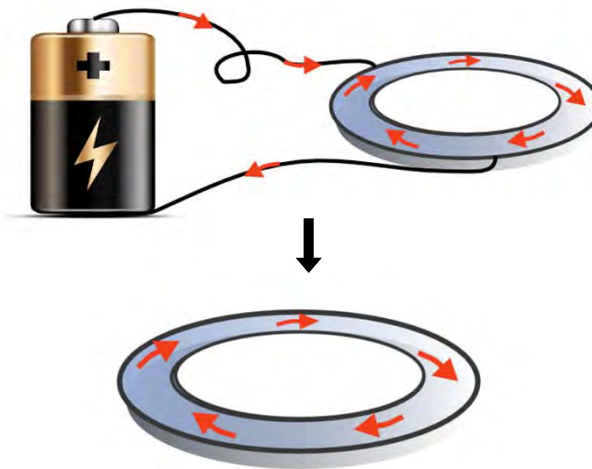
Résistance nulle
Effet Meissner

Résistivité nulle

Résistance du mercure
en fonction de sa température



Onnes et al. 1911



Le courant reste dans la boucle
supraconductrice (SC) !

Sous une température critique T_c la
résistivité chute à zéro.



Aucune dissipation d'énergie !

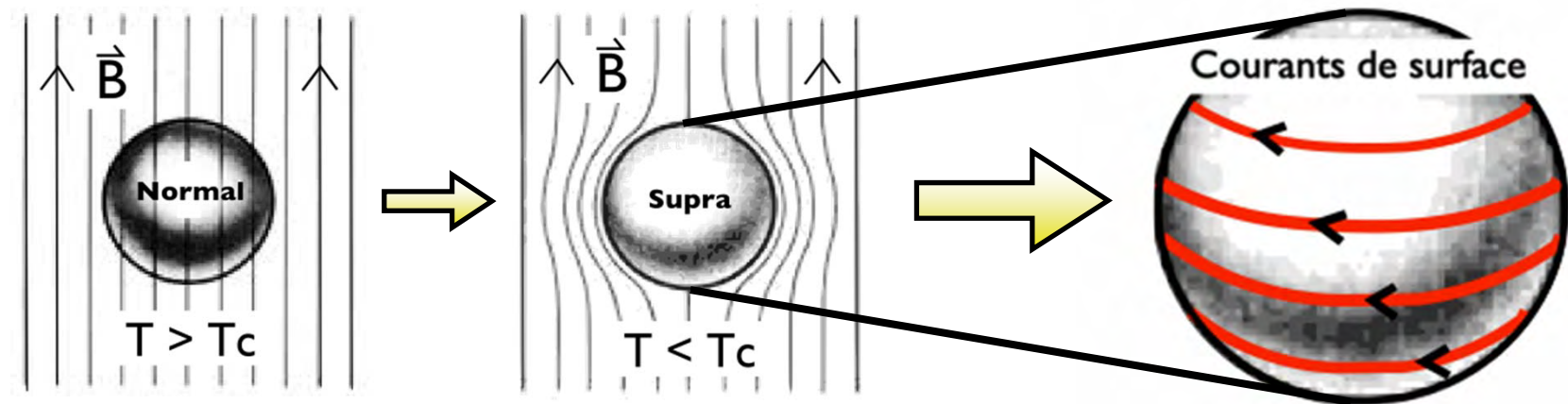


Application:
Transport d'énergie



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Effet Meissner



Un SC **expulse le champ magnétique** auquel il est soumis. En effet, il engendre par induction magnétique un champ qui s'oppose parfaitement au champ appliqué.

Découvert en 1933 par
Walther Meissner et Robert
Ochsenfeld



**C'est la clé de la lévitation
magnétique !**



Application:
Lévitation magnétique



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Applications présentes et futures

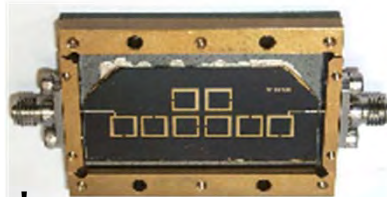


Un transport
d'énergie au
moins 100 fois
plus efficace !

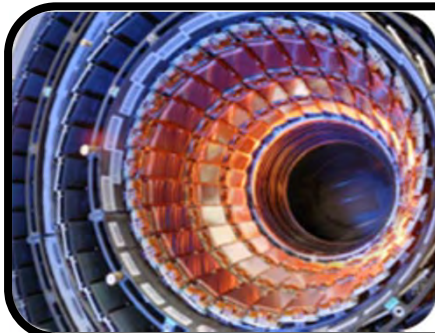


Des trains à
lévitation
magnétique
extrêmement
rapides !

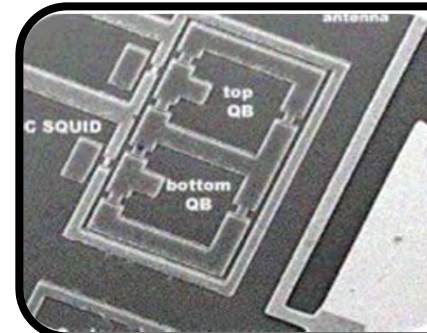
Des filtres de
qualité inégalée
pour les
télécommunications !



Des examens
médicaux
très performants
et non invasifs !



Un guidage très
précis des
particules dans les
accélérateurs !



Des qbits SC pour
l'informatique de
demain !



Une révolution technologique à venir?

Semi-conducteurs

Informatique et
électronique
moderne

Supraconducteurs

?

Pourquoi les SC sont-ils si prometteurs?

Ils sont le pendant **électroniquement cohérent** des semi-conducteurs.

Qu'est-ce que la cohérence?

Dans les supraconducteurs, on parle de **cohérence de phase**.

Les électrons SC sont décrits par la même fonction d'onde.

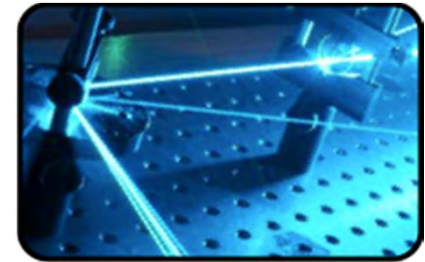
Ils se déplacent donc de façon **collective**, tel un banc de poissons.



Notons la cohérence similaire chez les photons d'un laser:



incohérence vs cohérence



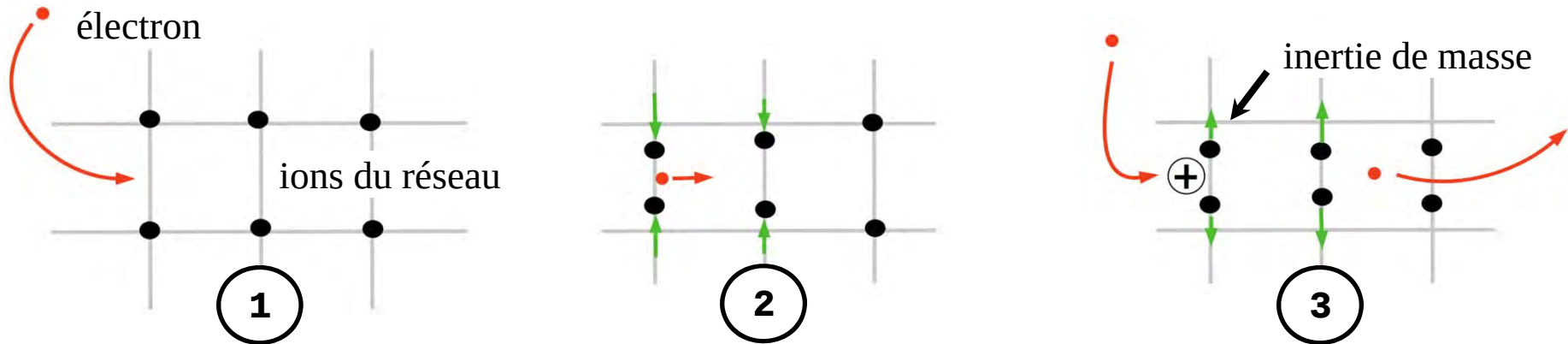
Qui sait ce que les supraconducteurs peuvent encore nous apporter?



Théorie BCS - 1957

Certains électrons (*fermions*) forment des paires de Cooper (*bosons*). Ces paires engendrent, par condensation de Bose-Einstein, un unique état cohérent : l'état SC.

Mécanisme BCS (valable pour certains SC dits «conventionnels») :
Les e^- s'apparient via l'interaction coulombienne avec les ions du réseau



Tout SC est caractérisé par un «gap SC» qui correspond à l'énergie nécessaire pour briser une paire de Cooper et ainsi tuer la SC.



Le mécanisme d'appariement des autres SC, comme les cuprates, demeure une énigme.



Les prix Nobel de la SC

Heike Kamerlingh Onnes
pour ses recherches sur les propriétés de la matière à basse température, qui menèrent, entre autres, à la production de l'hélium liquide.

1913

Leo Esaki, Ivar Giaever et Brian David Josephson pour leurs découvertes expérimentales concernant l'effet tunnel dans les semiconducteurs et les SC.

1973

A.A. Abrikosov, V.L. Ginzburg et A.J. Leggett pour leurs contributions innovantes à la théorie des SC et des superfluides.

2003

1972

John Bardeen, Leon Neil Cooper et John Robert Schrieffer pour la théorie qu'ils ont développée conjointement sur la SC, appelée maintenant la théorie BCS.

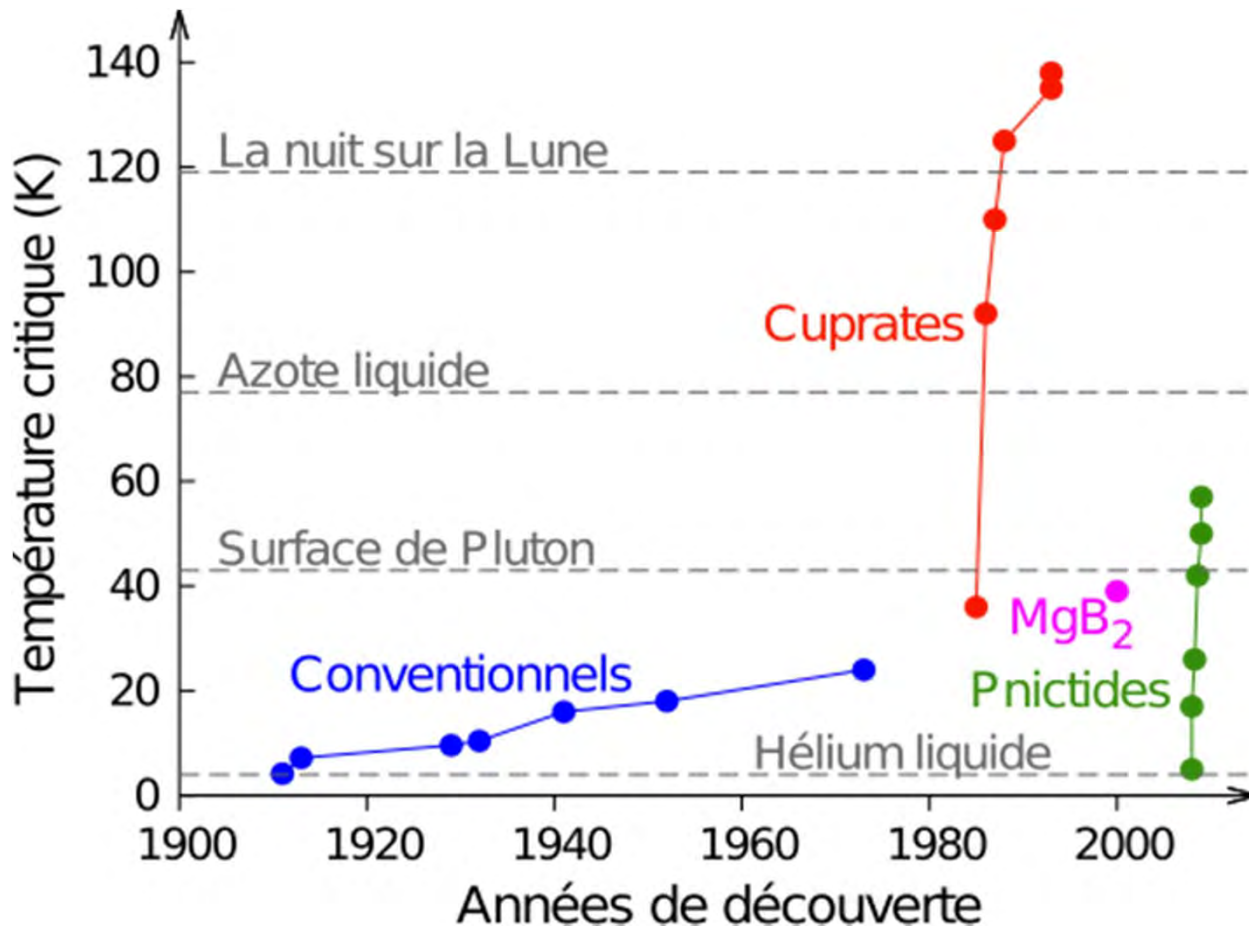
1987

J. Georg Bednorz et K. Alexander Müller pour leur importante percée dans la découverte de la SC dans les céramiques.



Motivations de la recherche

Repousser la limite de la Tc



1957 : Bardeen, Cooper et Schrieffer développent la **théorie BCS**.



Compréhension des SC conventionnels

1986 : Bednorz et Müller découvrent des SC à haute Tc : les **cuprates**.

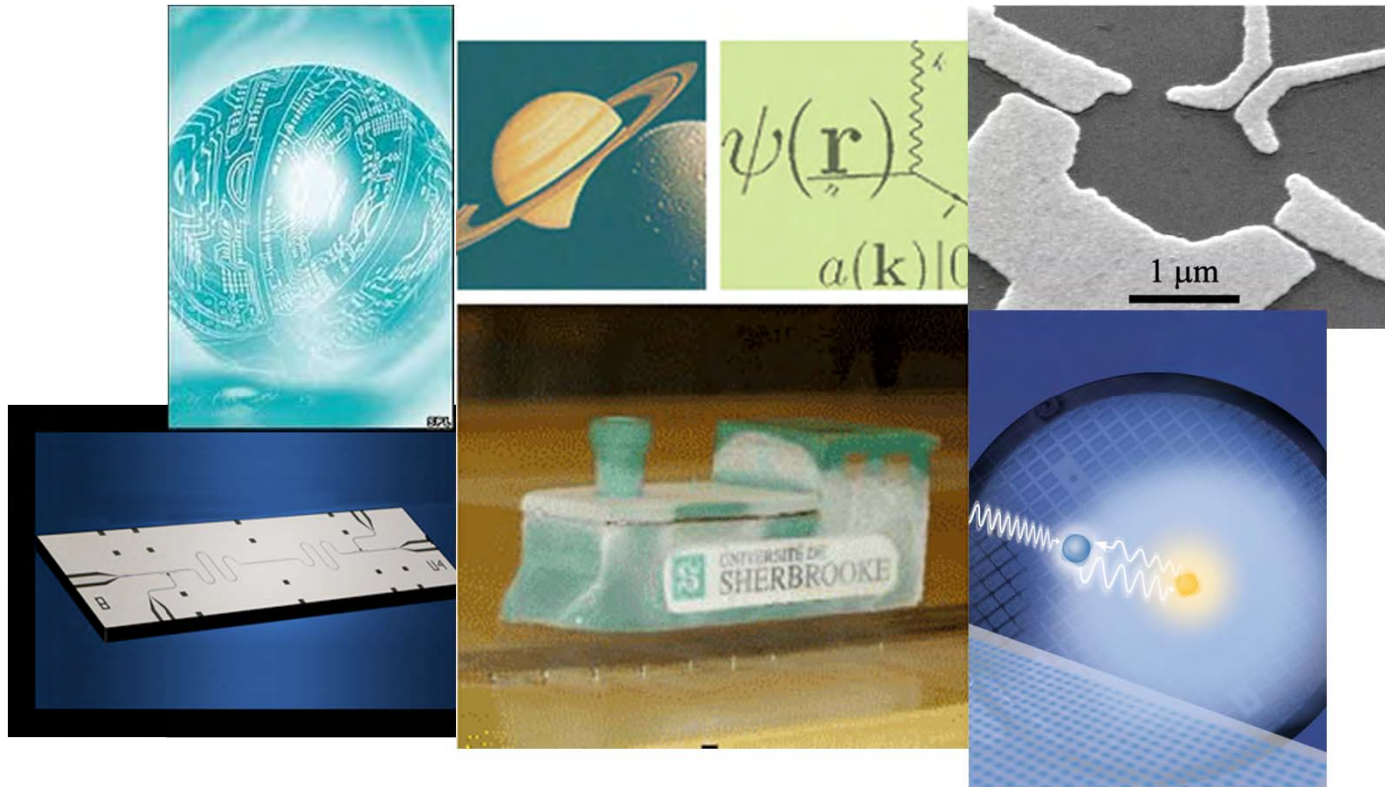
2008 : Hosono *et al.* découvrent des SC à base de fer: les **pnictides**.

But ultime : Découvrir un matériau SC à température ambiante.

Moyens : Notamment l'étude des propriétés de transport thermoélectrique.



Le département de physique



de l'Université de Sherbrooke

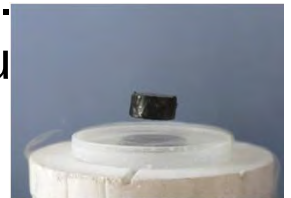


La physique

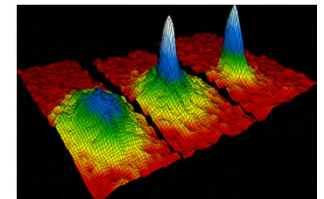
La physique est la plus ancienne des sciences et la science fondamentale par excellence. Elle cherche à comprendre les lois qui gouvernent le comportement de la nature de l'infiniment petit à l'infiniment grand (des quarks, électrons et neutrinos aux amas de galaxies).

Elle comportent différents champs de recherche tels qu

(1) La matière condensée



(2) La physique atomique et moléculaire



(3) La physique des particules (hautes énergies)



(4) L'astrophysique



La physique procède par expérimentation et par modélisation mathématique.



Dans un bac en physique, on apprend:

- ☐ Les théories physiques qui expliquent les phénomènes observés dans les différents champs.
- ☐ Les techniques expérimentales qui permettent « d'interroger » la nature.
- ☐ Les méthodes de modélisation qui permettent l'analyse de systèmes complexes et leur formulation en termes mathématiques.
- ☐ Les méthodes de calcul et de simulation numériques qui permettent de tester nos modèles physiques.



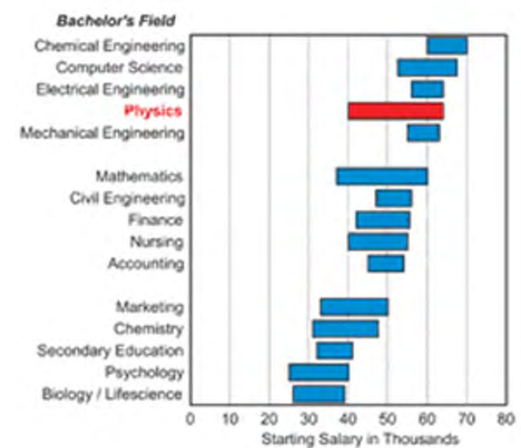
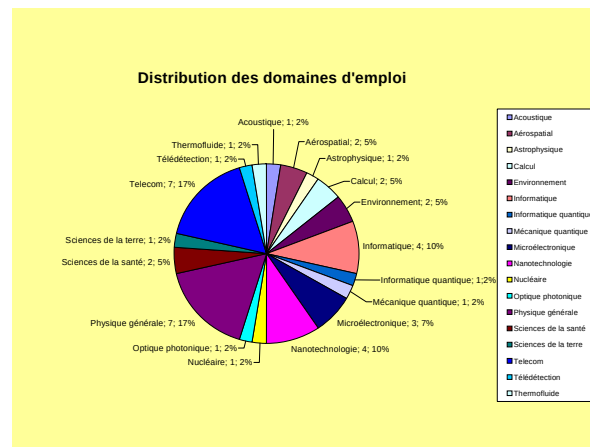
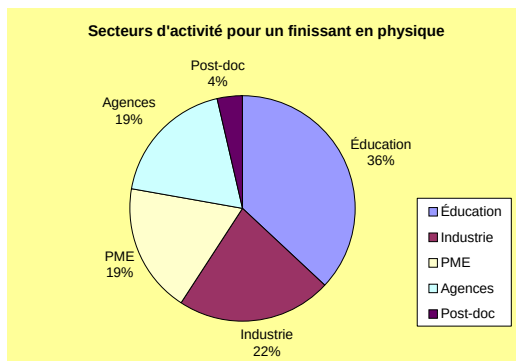
Le bac à l'U. Sherbrooke

- Un baccalauréat en première classe qui couvre l'ensemble des champs de la physique.
- Un enseignement rigoureux donné par des professeurs qui sont tous eux-mêmes des chercheurs.
- Des expériences de laboratoire à la fine pointe de la recherche actuelle.
- Des petits groupes qui facilitent les contacts directs entre professeurs et étudiants.
- Un système d'alternance stages-études qui permet d'appliquer les connaissances acquises.
- Des bourses d'admission (de 1,000\$ à 3,500\$).



Le débouchés

- Le bac en physique offre une formation générale. La majorité des étudiants décident ensuite de se spécialiser dans un champ de la physique en faisant une maîtrise et parfois un doctorat.
- D'autres étudiants se dirigent vers l'enseignement et l'industrie après le bac. Les stages permettent d'explorer cette filière d'emploi.



Des exemples concrets: notre promotion de 1999



FINISSANTS
1996

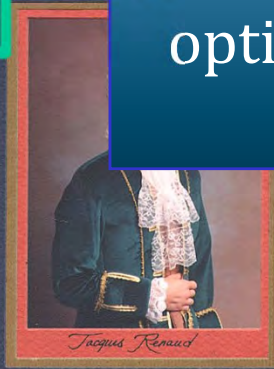


André-Philippe Vachon



Dominic Groulx

1999



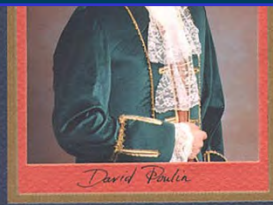
Jacques Renaud



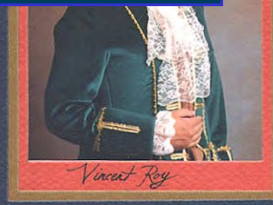
Michel Péro-Labrière



Michel Béranger



David Poulin



Vincent Roy



Jonathan Lechance



Alexandre Faulou



Michel Fournier



Henrix Lévesque



Eric Cloutier

André-Philippe Vachon
Baccalauréat en Physique
Servo-Robo inc
Chef de bureau et coordonateur des produits
optiques pour le soudage laser automatisé



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

FINISSANTS
1996

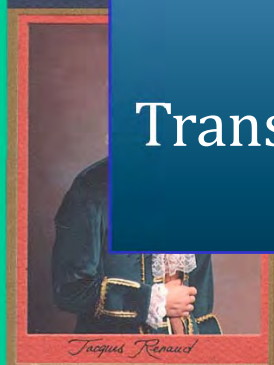


André-Philippe Vachon



Dominic Groulx

1999



Jacques Renaud



Michel Péro-Labrière



Michel Bélanger



David Poulin



Vincent Roy



Jonathan Lechance



Alexandre Faulou



Michel Fournier



Henrix Demers



Eric Cloutier

Dominic Groulx
Baccalauréat en Physique
Doctorat en Génie mécanique
Université Dalhousie
Professeur de génie mécanique
Transfer de chaleur, mécanique des fluides



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

FINISSANTS
1996

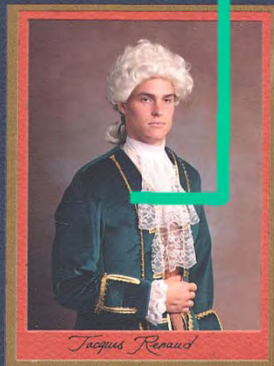


André-Philippe Vachon



Dominic Groulx

1999



Jacques Renaud



Jonathan Lechance



Michel Péro-Labrière



Alexandre Faulou



Michel Béthune



Michel Fournier



David Poulin



Henri-X Lamer



Vincent Roy



Eric Cloutier

Jacques Renaud

Baccalauréat en Physique

Maîtrise en Physique

Doctorat en Physique

DALSA semiconducteurs

Ingénieur de procédé de fabrication des
gaufrettes semi-conductrices



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

FINISSANT
1996



André-Philippe Vachon



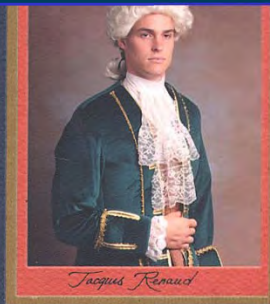
Dominique Groulx

1999

Jonathan Lachance

Baccalauréat en Physique
DALSA semi-conducteurs

Gestionnaire de projets technologiques,
Responsable de la fabrication en salle blanche



Jacques Renaud



Michel Péro-Lachère



Michel Béranger



David Paulin



Vincent Roy



Jonathan Lachance



Alexandre Fauriol



Michel Fournier



Henrix Lévesque



Eric Cloutier



Mathieu Deschamps

Michel Bélanger

Baccalauréat en Physique

Maîtrise en Génie aéronautique

Doctorat en Didactique des sciences

Université du Québec à Rimouski

Professeur en Sciences de l'éducation

Étude des structures cognitives engendrées
par divers explications d'un même phénomène



David Poulin

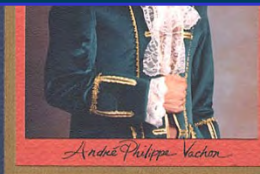
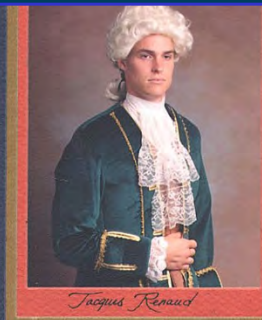
Baccalauréat en Physique

Maîtrise en Physique

Doctorat en Physique

Université de Sherbrooke

Professeur de Physique, informatique quantique
théorique, correction d'erreur quantique, algorithmes



1999



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Hendrix Demers

Baccalauréat en Physique

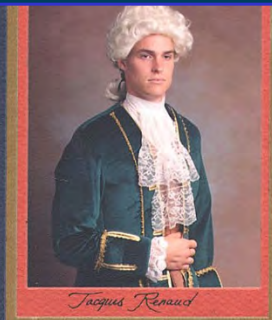
Maîtrise en génie mécanique

Doctorat en Génie des matériaux

Université de Sherbrooke

Chercheur post-doctoral, simulations Monte Carlo

Microscopie électronique, caractérisation biologique



1999



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

FINISSANTS
1996

PHILOSOPHIÆ NATURALIS



Mathieu Deschamps



David Poulin



Vincent Roy

Mathieu Deschamps
Baccalauréat en Physique
Maîtrise en radiobiologie
CEGEP de Sherbrooke
Enseignant au département de physique

1999



Jonathan Lachance



Alexandre Fautou



Michel Fournier



Hendrix Samers



Eric Cloutier



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

FINISSANTS
1996

PHILOSOPHIÆ NATURALIS



Vincent Roy

Baccalauréat en Physique

Maîtrise en géographie appliquée

Recherche et développement pour la défense Canada

Télé détection, exploitation par image satellite



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Éric Cloutier

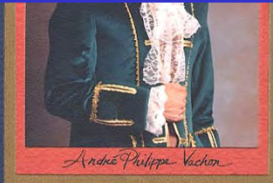
Baccalauréat en Physique

Rolls-Royce Canada

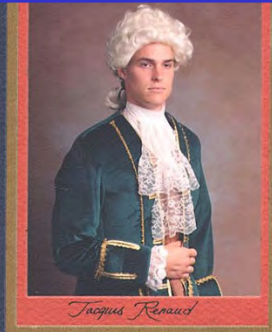
Chef du contrôle de qualité et de sécurité des
moteurs turbines.



Mathieu Deschamps



André-Philippe Vachon



Jacques Renaud



Michel Péro-Ladrière



Michel Bélanger



David Poulia



Vincent Roy



Dominic Groulx

1999



Jonathan Lachance



Alexandre Fauriol



Michel Fournier



Hershif Samers



Éric Cloutier



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE