

Fiche d'expertise du professeur Frédéric Sirois  
Polytechnique Montréal, Montréal (QC), Canada  
Courriel: [f.sirois@polymtl.ca](mailto:f.sirois@polymtl.ca)

**Formation:**

B.Sc.A. : Génie électrique, spécialisation en électronique analogique et radiofréquence  
M.Sc.A. : Génie électrique, spécialisation en réseaux et appareillages électriques  
Ph.D. : Physique appliquée, spécialisation en matériaux supraconducteurs

**Principales expériences professionnelles:**

1998-2005 : Chercheur, Institut de Recherche d'Hydro-Québec (IREQ), Varennes (QC), Canada  
2005-... : Professeur-chercheur, Polytechnique Montréal, Montréal (QC), Canada  
1999-... : Chercheur invité dans plusieurs institutions/organismes européens majeurs (EPFL, KIT, CNRS, University of Cambridge, ...)

**Expertises:**

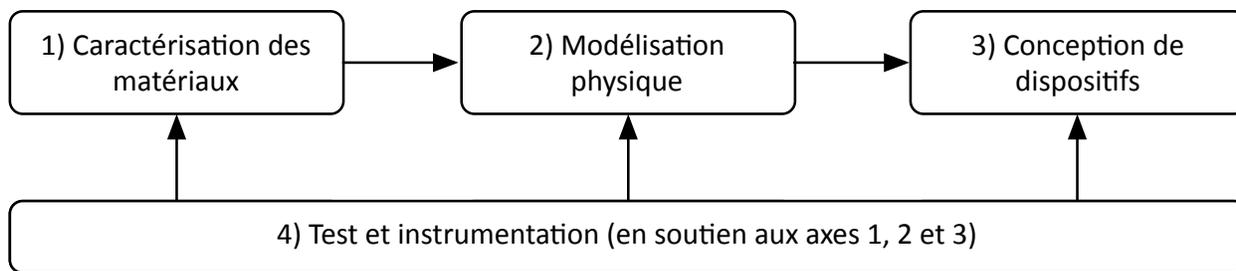
Circuits électriques – Électromagnétisme – Supraconductivité appliquée – Cryogénie et problèmes thermiques – Caractérisation des propriétés des matériaux – Matériaux supraconducteurs, métalliques, magnétiques et composites – Revêtements conducteurs – Résistances de contact – Modélisation mathématique – Analyses numérique: éléments finis et méthodes intégrales – Conception de dispositifs électromagnétiques – Appareillages électriques – Réseaux électriques – Conversion et distribution de l'énergie – Méthodes expérimentales et instrumentation – Conception de circuits électroniques

**Domaines d'application:**

Énergie – Transport – Biomédical – Procédés industriels – Contrôle non-destructif – Logiciels de conception – Outils de laboratoire – Avancement des connaissances

**Structure du programme de recherche:**

3 axes de recherche + 1 axe transversal (en soutien)



## Axe 1: Caractérisation des matériaux

Tableau I – Familles de matériaux sur lesquels porte la recherche du Prof. Sirois

	Supraconducteurs (S)	Matériaux conduct. (C)	Conduct. magnétiques (Cm)	Matériaux résistifs (R)	Matériaux isolants (I)
Films et couches minces (F)	-Films de REBCO sur substrat (coated conductors)	-Revêtements conducteurs métalliques (Cu, Ag, Zn, Ni, Cd, etc.)		-Barrières résistives (oxydes en couches <100 nm)	-Barrières isolantes (oxydes en couches >100 nm)
Laminés (L)		-Laminés d'hastelloy (substrat pour fils supraconducteurs)	-Laminations d'acier au silicium (pour transfo et machines électriques)	-Composites en fibres de carbone	
Matériaux massifs (B)	-Pastilles de REBCO -Tubes de REBCO	-Métaux et alliages conventionnels (Cu, Al, etc.)	-Aciers magnétiques et superalliages -Aimants permanents (tout type)	-Semi-conducteurs de puissance	-Composites à base de fibre de verre

### -Caractérisation expérimentale des propriétés des matériaux

#### -Propriétés électriques (mesures V-I basées sur différents équipements)

- Courbes V-I, mesure du courant critique ( $I_c$ ): mesures à 2 et 4 pointes, mesures multi-pointes
- Résistivité/résistance électrique: mesures à 2 et 4 pointes, mesures multi-pointes
- Résistance d'interface et de contact: différentes méthodes selon le matériau considéré
- Longueur de transfert: matrices d'électrodes, mesures multi-pointes
- Potentiel de surface: matrices d'électrodes, mesures multi-pointes

#### -Propriétés magnétiques (spécialité: échantillons massifs de grande taille)

- Courbes B-H: hystérésimètre-maison (20-900 °C), VSM (petits échantillons seulement)
- Pertes fer totales: montages sur mesure
- Magnétisation (i.e. aimantation): magnétomètre géant sur mesure

#### -Propriétés mécaniques et structurales

- Épaisseur de couches minces, rugosité de surface: profilomètre (résolution: nanomètres)
- Structure de la matière: grande variété de microscopes (collab. avec CM2 and GCM)
- Dureté: Test de dureté Vickers, autres tests au besoin (collab. with LAPOM)
- Contraction thermique: montages sur mesure

#### -Concentration de gaz diffusé à l'état solide

- Concentration d'oxygène/hydrogène: mesure TDS ou par pression différentielle

#### -Plage de variation des paramètres expérimentaux\*

- Température: 10 à 300 K (sous vide), 64 à 90 K (dans l'azote liquide)  
300 à 900 K (sous basse pression d'Argon)
- Champ magnétique: 0 à 5 T (sous vide ou dans liquide cryogénique)
- Courant: DC: 0-500 A – Pulsé: 0-1800 A (<10 ms) – Pulsé: 0-1600 A (5-500  $\mu$ s)
- Tension mesurable: 100 nV à 250 V, jusqu'à 80 acquisitions de signaux simultanément

\*Selon le type d'échantillon et sa taille, les conditions expérimentales peuvent être restreintes.

## Axe 2: Modélisation physique

### -Modélisation du comportement électromagnétique et thermique de divers dispositifs

- Limiteurs de courant de court-circuit / Phénomènes de propagation de point chaud
- Systèmes de lévitation magnétique
- Câbles de transport d'énergie
- Moteurs/générateurs, etc.

### -Algorithmes pour simulation numérique de problème électromagnétiques et thermiques

- Méthode des éléments finis: codes maison et codes commerciaux
- Méthodes intégrales: codes maison et codes commerciaux

### -Modélisation des matériaux

- Modèles mathématiques de matériaux à partir de mesures expérimentales
  - Matériaux supraconducteurs
  - Matériaux magnétiques (incluant l'hystérésis) et aimants permanents
  - Couches minces et barrières résistives
- Intégration des modèles de matériaux dans des logiciels de calcul numérique
- Algorithmes pour améliorer la convergence des matériaux non-linéaires dans des logiciels de calcul numérique

## Axe 3: Conception de dispositifs

### -Conception assistée par simulation numérique (voir axe 2)

- Preuves de concept par ordinateur
- Paramétrisation et automatisation de simulations numériques
- Optimisation de dimensions
- Prédiction des performances

### -Techniques de fabrication

- Placage des surfaces: électrodéposition, pulvérisation cathodique, méthodes chimiques (*electroless*)
- Gravure des surfaces: électro-polissage, masquage + attaque chimique
- Oxydation des surfaces: attaque chimique + anodisation
- Oxygénation de supraconducteurs: four avec débit ou pression de gaz (jusqu'à 700 °C)
- Soudure: régulière, avec alliages spéciaux, de fils de Litz, à basse température
- Matériaux à basse température: cryostats, supports à échantillons, etc.

### -Qualité et performances

- Qualité des soudures: mesure de résistance de contact, porosités, etc.
- Cycles thermiques et vieillissement: évolution des propriétés des matériaux
- Mesures des performances: voir axe 4

**Axe 4: Test et instrumentation (en soutien aux axes 1, 2 et 3)****-Équipement pur acquisition de données**

- Cartes d'acquisitions: nombreux modèles, de très lent à très rapide (jusqu'à 500 MS/s)
- Oscilloscopes et autres instruments de mesure conventionnels

**-Conception de circuits électroniques sur mesure**

- Sources de courant pulsées: plusieurs modèles (5-1000  $\mu$ s, 1-100 ms, DC)
- Systèmes de mesure de tension: 16/40/80 entrées différentielles (1 mV à 250 V)
- Multiplexeurs de signaux automatisés: balayage synchronisé des signaux d'entrées
- Boîtiers d'interconnexion et de conditionnement de signaux: développés sur mesure

**-Bancs de mesures spécialisées**

- Vitesse de propagation de la zone normale (NZPV) dans les rubans supraconducteurs
- Température critique des supraconducteurs
- Cartographie 3-D du champ magnétique de corps aimantés (e.g. aimants permanents)
- Mesure de désorption d'oxygène/hydrogène par pression différentielle

**-Instrumentation spécialisée pour essais de puissance**

- 2 aires d'essai: AC triphasé: 600 V/400 A/400 kVA, DC: 500 V/200 A/50 kW
- Amplificateurs de puissance: 5 kW/50 A/100V/50 kHz, 6 x 50 kW/200 A/250V/1 KHz
- Générateur de courant de foudre: 10-50 kA, 5  $\mu$ s rise time
- Simulateurs en temps réel: OPAL-RT, Hypersim (pour prototypage de blocs de contrôles)
- Équipement de mesure conventionnels: analyseurs de puissance, transfos de courant, etc.

**-Autre infrastructure spécialisée**

- Électro-aimants (jusqu'à 7 T, plusieurs modèles)
- Cryostats pour tests à basse température (10 à 300 K, plusieurs types)
- Fours pour traitements thermiques ou tests de vieillissement (jusqu'à 900 °C)
- Supports à échantillons faits sur mesure (pour opération entre 10 et 1000 K)

**-Personnel spécialisé pour l'opération des équipements et la réalisation des tests**