

1. Emploi actuel

Chargée de recherches à l'IRMAR (Institut de Recherches en Mathématiques Appliquées de Rennes).

Équipes : Analyse numérique et Équations aux Dérivées Partielles.

Thèmes de recherche : problèmes hyperboliques non linéaires, analyse multi-échelle, analyse microlocale, théorie spectrale, homogénéisation, mécanique des fluides, élasticité, électromagnétisme, hydrodynamique, physique des semi-conducteurs, interaction lasers/matière, approximation par la méthode des éléments finis, construction de schémas numériques, réalisation de codes de calcul.

Axes de recherches : Supraconductivité et diodes à effet tunnel.

Mots clés : Opérateur de Schrödinger, système de Schrödinger-Poisson, théorie spectrale, analyse semi-classique et asymptotique, analyse numérique, estimations d'erreur, méthodes des éléments finis.

Collaborations : F. Alouges, M. Dauge, B. Helffer, F. Nier, G. Vial.

2. Parcours

2.1 Formation

- 1997-1999 : magistère (licence et maîtrise) de Mathématiques à l'Université Paris-Sud, Orsay.
- sept. 1999 : entrée à l'Ecole Normale Supérieure de Cachan (concours 3ème année).
- 2000 : agrégation de Mathématiques, option analyse numérique.
- 2000-2001 : DEA EDP et Calcul Scientifique à l'Université Paris-Sud, Orsay.
- 2001-2003 : Thèse, spécialité Mathématique : *Analyse mathématique de la supraconductivité dans un domaine à coins : Méthodes semi-classiques et numériques*, sous la direction de F. Alouges et B. Helffer, soutenue le 11 décembre 2003 à l'Université Paris-Sud, Orsay.

2.2 Expérience

Séjours à l'étranger

Stockholm (1 mois), Munich (2 mois).

Séminaires de recherches

Bordeaux, Cachan, Cergy-Pontoise, Forges-Les-Eaux, Grenoble, Lille, Lyon, Montpellier, Munich, Nantes, Orsay, Paris VI, Rennes, Stockholm, Strasbourg, Toulouse.

Exposés de vulgarisation

- Présentation de la recherche en mathématiques appliquées au lycée Charles Poncet (Cluses, 74), au Lycée Camille Sée (Paris, 15ème) et à l'Université Paris-Sud, Orsay (étudiants de maîtrise).
- Partenariat scientifique entre deux lycées dans le cadre de l'association MATH en JEANS (2001-2004).
- Participation à la *Fête de la Science* : Orsay (exposition *Science et Nature*), Rennes.
- Table ronde au Festival *Science et Cinéma sur les planches* à Deauville.
- Conférence au congrès *Femmes et Mathématiques*.

Activités administratives

- Organisation logistique et coordination de deux journées de recherche de l'équipe AN-EDP à l'Université Paris-Sud, Orsay.
- Co-organisatrice du Groupe de travail *Applications des mathématiques* de l'ENS Cachan, antenne de Bretagne.

3. Axes de recherche

Analyse de la supraconductivité dans un domaines à coins

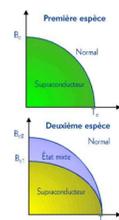
3.1 Motivation physique

- **Supraconductivité :** propriété que possèdent certains matériaux de laisser passer le courant sans dissipation d'énergie lorsqu'ils sont maintenus à température très basse.
- **Effet Meissner :** soumis à un champ magnétique extérieur suffisamment faible, le matériau repousse ce champ \Rightarrow lévitation.



2 types de supraconducteurs :

- **Supraconducteur de type I (κ petit) :** Soumis à un champ plus intense qu'un champ critique B_c (dépendant de la température), la supraconductivité disparaît. En dessous de ce champ, il laisse passer le courant sans résistance électrique et repousse les lignes de champ.
- **Supraconducteur de type II (κ grand) :** 2 champs critiques B_{c1} et B_{c2} en dessous de B_{c1} , état supraconducteur; au dessus de B_{c2} , état normal; entre B_{c1} et B_{c2} , état mixte : le flux magnétique pénètre l'objet par des petits tubes, appelés *vortex*, de plus en plus denses quand le champ augmente.



3.2 Applications

- Train MagLev (552 km/s),
- Imageries médicales : IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) ou RMN (Résonance Magnétique Nucléaire).



3.3 Modélisation mathématique

Théorie de Ginzburg-Landau (1950) :

Introduction d'un paramètre d'ordre ψ ($|\psi|^2$ proportionnel à la densité des électrons supraconducteurs).

Échantillon supraconducteur de section Ω , de caractéristique κ , soumis à un champ magnétique extérieur $\mathcal{H} = \sigma \text{rot} \mathbf{F}$ (\mathbf{F} normal à Ω , σ intensité du champ). \mathcal{A} potentiel magnétique induit.

Énergie libre du matériau :

$$\mathcal{G}(\psi, \mathcal{A}) = \underbrace{\int_{\Omega} \left(|\nabla - i\kappa \mathcal{A}|^2 |\psi|^2 + \frac{\kappa^2}{2} (|\psi|^2 - 1)^2 \right) dx}_{\text{énergie des électrons supraconducteurs}} + \underbrace{\kappa^2 \int_{\Omega} |\text{rot} \mathcal{A} - \mathcal{H}|^2 dx}_{\text{énergie magnétique}}$$

Points critiques de \mathcal{G} = solutions des équations d'Euler :

$$\begin{cases} -(\nabla - i\kappa \mathcal{A})^2 \psi = \kappa^2 (1 - |\psi|^2) \psi, & \text{sur } \Omega, \\ \text{rot}^2 \mathcal{A} = -\frac{i}{2\kappa} (\bar{\psi} \nabla \psi - \psi \nabla \bar{\psi}) - |\psi|^2 \mathcal{A} + \text{rot} \mathcal{H}, & \text{sur } \Omega, \\ \frac{\partial \psi}{\partial \nu} - i\kappa \mathcal{A} \psi \cdot \nu = 0, & \text{sur } \partial \Omega, \\ \text{rot} \mathcal{A} - \mathcal{H} = 0 & \text{sur } \partial \Omega. \end{cases}$$

Pour κ grand, on distingue trois champs critiques :

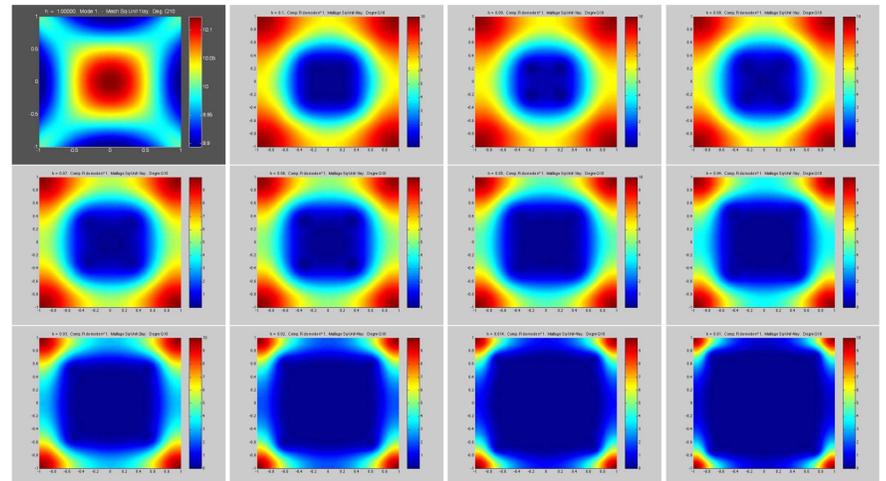
- $\sigma < H_{C1}(\kappa)$: Si $\sigma = 0$, $(\psi, \mathcal{A}) = (1, 0)$ est un point critique minimisant \mathcal{G} . Pour $\sigma < H_{C1}(\kappa)$, le seul minimiseur (ψ, \mathcal{A}) de \mathcal{G} vérifie $|\psi| \simeq 1$ (état supraconducteur).
- $H_{C1}(\kappa) < \sigma < H_{C2}(\kappa)$: état mixte. Les phases normale et supraconductrice coexistent.
- $H_{C2}(\kappa) < \sigma < H_{C3}(\kappa)$: La supraconductivité a disparu à l'intérieur et subsiste à la surface du matériau. Le minimiseur (ψ, \mathcal{A}) de \mathcal{G} est tel que $|\psi| > 0$ à la surface du matériau tandis que $|\psi| \simeq 0$ à l'intérieur.
- $\sigma > H_{C3}(\kappa)$: le point $(0, \sigma \mathbf{F})$ (état normal, supraconductivité détruite) est l'unique minimiseur.

Objectifs : Etudier le comportement de ψ selon la géométrie de Ω , regarder où apparaît la supraconductivité. Linéarisation des équations d'Euler au voisinage de l'état normal $(0, \sigma \mathbf{F})$, puis $h = \frac{1}{\kappa \sigma}$.

$$\begin{cases} -\left(h \nabla - i \frac{\mathcal{A}}{\sigma}\right)^2 \psi = \frac{1}{\sigma^2} \psi, & \text{sur } \Omega, \\ \left(\left(h \nabla - i \frac{\mathcal{A}}{\sigma}\right) \psi\right) \cdot \nu = 0, & \text{sur } \partial \Omega. \end{cases}$$

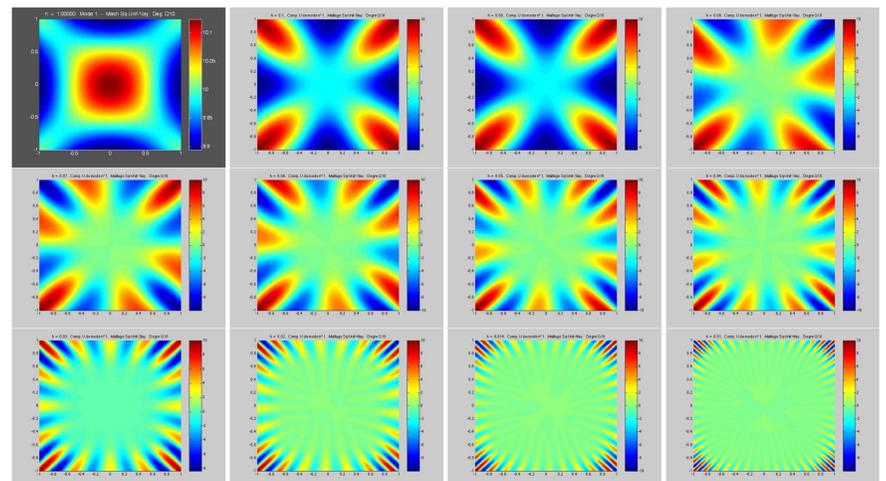
3.4 Simulations numériques sur un carré

Module du paramètre d'ordre



$h = 1, 0.1, 0.09, 0.08, 0.07, 0.06, 0.05, 0.04, 0.03, 0.02, 0.014, 0.01$

Partie réelle du paramètre d'ordre



$h = 1, 0.1, 0.09, 0.08, 0.07, 0.06, 0.05, 0.04, 0.03, 0.02, 0.014, 0.01$

Convergence des premières valeurs propres : $h^{-1} \mu_{h,n}$ versus h^{-1}

