

## Plan de Cours GEI877 Circuits supraconducteurs quantiques

- 1 Supraconductivité (3h, semaine 1)
  - 1.1 Survol de la théorie BCS
  - 1.2 Modèle semi-conducteur et densité d'états
  - 1.3 Conductivité complexe
- 2 Circuits micro-ondes linéaires (6h, semaines 2 et 3)
  - 2.1 Des équations de Maxwell à l'équation des télégraphistes
  - 2.2 Ondes propagatives, ondes stationnaires et impédance ramenée
  - 2.3 matrices S, Z, Y, ABCD et de transfert
  - 2.4 Types de lignes de transmission
  - 2.5 Lignes de transmission couplées
  - 2.6 Spécificités des circuits supraconducteurs
- 3 La jonction Josephson (3h, semaine 4)
  - 3.1 Effet tunnel de paires de Cooper et de quasiparticules
  - 3.2 Les relations de Josephson
  - 3.3 Le modèle de la planche à laver
  - 3.4 Inductance de la jonction Josephson
  - 3.5 Marches de Shapiro
- 4 Quantification de circuits (7h, semaines 5 à 7)
  - 4.1 Quantification d'un circuit isolé (4h, semaine 5 et 6)
  - 4.2 Description de circuits ouverts (3h, semaines 6 et 7)
    - 4.2.1 Formalisme Lindblad
    - 4.2.2 Formalisme input-output
    - 4.2.3 Décomposition Caldeira-Leggett
- 5 Visualisation d'états quantiques dans un circuit (2h, semaine 7)
  - 5.1 Systèmes à deux niveaux: Sphère de Bloch
  - 5.2 Cavités: Représentation en espace des phases.
- 6 Théorie de l'effet tunnel inélastique (6h, semaines 8, 9)
  - 6.1 Théorie P(E)
  - 6.2 Émission d'une jonction polarisée en tension
  - 6.3 Réponse linéaire d'une jonction polarisée en tension
- 7 Circuits à faible nonlinéarité : Amplification (6h, semaines 10, 11)
  - 7.1 Amplificateurs à impédance effective négative
  - 7.2 Amplificateurs paramétriques
  - 7.3 Amplificateur paramétrique Josephson
  - 7.4 Amplificateur paramétrique à onde propagative
  - 7.5 Amplificateur à effet tunnel inélastique de paires de Cooper
- 8 Circuits à forte nonlinéarité (6h, semaines 12,13)
  - 8.1 Qubits
  - 8.2 Sources de photons uniques
  - 8.3 Détecteurs de photons uniques

### Lectures principales:

- 1 Approfondissement après le cours: Michael Tinkham: *Introduction to superconductivity*, 2nd edition (1996) Dover ISBN 0486 43503-2, chapitre 3. Le livre est une référence utile si vous travaillez sur les circuits supraconducteurs
- 2 A lire avant le cours (cours inversé): David M. Pozar *Microwave engineering*, 4<sup>th</sup> edition (2012) Wiley ISBN 978-0-470-63155-3. Une très bonne référence pour le génie micro-ondes.

- 4 A lire avant le cours (cours inversé): Vool et Devoret Int. J Circ. theor. Appl. 45 897 (2017)
- 5 Approfondissement après le cours: S. Haroche, J.-M. Raimond: Exploring the quantum, Oxford (2006), ISBN 978-0-19-850914-1. Un excellent livre pour approfondir la mécanique quantique et de bien comprendre la décohérence quantique et la cavity/circuit QED
- 6 Approfondissement après le cours: G.-L. Ingold, Yu. V. Nazarov: Charge Tunneling Rates in Ultrasmall Junctions dans H. Grabert, M. H. Devoret (ed): Single Charge Tunneling, NATO ASI Series B, Vol 294. (Plenum 1992), arxiv:cond-mat/0508728v1 (très mathématique)

### Évaluations

- Projet de conception (12.5%, chapitres 1,2)
- Devoir (12.5%. chapitres 3,4,5)
- Projet de simulation (12.5%, chapitre 7)
- Devoir (12.5%, chapitres 6,8)
- Examen final (50%)