

## Objectifs

L'étudiant sera amené à se familiariser avec les phénomènes physiques observés dans les solides réels et avec les modèles théoriques utiles à leur interprétation. Des exemples de domaines d'applications de la physique des matériaux seront présentés.

### **Compétences attendues à la fin de l'UE :**

Être capable de faire le lien entre les propriétés macroscopiques d'un solide et les modélisations microscopiques. A l'issue de cette formation, l'étudiant :

- saura définir le réseau de Bravais, la maille et le motif associés à un composé et savoir les utiliser lors de la description des propriétés physiques ;
- maîtrisera les modèles permettant de décrire la structure de bandes électroniques et le spectre de phonons d'un solide réel ;
- connaîtra les différentes techniques expérimentales utiles pour l'appréhension des propriétés structurales/physiques d'un composé.

## Thèmes abordés / Notions et contenus

Généralités sur la matière condensée : repères historiques, ordres de grandeur, caractérisation phénoménologique des différentes classes de cohésion des solides ordonnés (moléculaires, ioniques, covalents, métaux)

Structures cristallines : réseau de Bravais. Réseau réciproque. Sondes expérimentales de l'espace réel (microscopies de champ proche), et de l'espace réciproque (diffraction de RX, neutrons, ou électrons)

Dynamique du réseau : modes normaux d'un réseau de Bravais monoatomique à une et à 3 dimensions, réseau avec une base, quantification des ondes élastiques, diffusion inélastique de la lumière ou des neutrons ;

Propriétés thermiques en relation avec les phonons : chaleur spécifique du réseau, modèles de Debye et Einstein, effets anharmoniques

Les électrons dans un potentiel périodique : théorème de Bloch, l'électron faiblement couplé au réseau, l'approximation des liaisons fortes, zones de Brillouin et structure de bande, application à quelques cas de métaux

Les semi-conducteurs : propriétés générales et structures de bandes. Concept de trou et de masse effective. Niveaux électroniques d'impuretés et occupation de ces niveaux dans un semi-conducteur intrinsèque ou dopé. Jonction P-N et applications (transistor, composants électroniques, cellules solaires, etc).

## Prérequis

Mécanique quantique : équation de Schrödinger, espaces vectoriels, théorie des perturbations.

Physique statistique : distributions de Fermi-Dirac et de Bose-Einstein

Physique des solides : description des électrons soumis à un potentiel nul.

## Ouvrages de référence

- *Physique des solides*, par N-W. Ashcroft et N-D. Mermin [EDP Sciences]
- *Physique de l'état solide*, par C. Kittel [Dunod]
- *Solid State Physics*, P. Hofmann [Wiley]

## Informations pratiques

### Crédits

6 ECTS

### Modalités d'enseignement

L'UE est enseignée à distance au second semestre.

### Modalités d'évaluation

- au cours du semestre, trois devoirs "à la maison", de moyenne DM
- en première session, une épreuve écrite, de note E1

La note finale de l'UE est  $N = \sup(E1 ; 0,7 \cdot E1 + 0,3 \cdot DM)$ .

En seconde session, une épreuve écrite E2 remplace la note E1 dans la formule précédente.

### Responsable de l'UE

Franck Vidal

Courriel : [franck.vidal@sorbonne-universite.fr](mailto:franck.vidal@sorbonne-universite.fr)