





5.00 crédits

30.0 h + 30.0 h

Q2

|   |   |
|---|---|
| Enseignants                                 | Charlier Jean-Christophe ;Piroux Luc ;  |
| Langue d'enseignement                       | Anglais<br>> Facilités pour suivre le cours en français   |
| Lieu du cours                               | Louvain-la-Neuve  |
| Thèmes abordés                              | Ce cours fournit une description physique des principaux phénomènes de transport électrique et thermique et de la thermoélectricité dans les matériaux. Il introduit également les principaux concepts en spintronique et décrit les particularités du transport électronique dans des nanostructures et systèmes de basse dimensionnalité, y compris les phénomènes quantiques. Finalement, les laboratoires permettent aux étudiants de se familiariser avec les dispositifs expérimentaux utilisés pour la mesure de ces propriétés de transport en fonction de la température et du champ magnétique.   |
| Acquis d'apprentissage                      | <p><b>A la fin de cette unité d'enseignement, l'étudiant est capable de :</b></p> <p><b>Contribution du cours au référentiel du programme</b></p> <p>Axe N°1 : 1.1 et 1.3<br/>                     Axe N°2 : 2.1 et 2.2<br/>                     Axe N°3 : 3.2 et 3.3<br/>                     Axe N°4 : 4.2 et 4.4<br/>                     Axe N°5 : 5.3 et 5.4</p> <p><b>Acquis d'apprentissage spécifiques au cours</b></p> <p>À l'issue de ce cours, l'étudiant sera en mesure de :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comparer les différentes classes de matériaux du point de vue de leurs propriétés de transport électrique et thermique;</li> <li>2. Expliquer les mécanismes physiques qui régissent les conductivités électrique et thermique à l'échelle atomique ainsi que l'influence de la température et d'un champ magnétique;</li> <li>3. Identifier les matériaux utiles pour la conversion thermoélectrique;</li> <li>4. Décrire des dispositifs de mesures électrique et thermique;</li> <li>5. Comprendre les fondements de la spintronique et identifier les architectures et matériaux utilisés ainsi que les principaux domaines d'applications;</li> <li>6. Identifier les phénomènes quantiques responsables des différences fondamentales enregistrées dans les propriétés de transport de systèmes de basse dimensionnalité ainsi qu'à l'échelle moléculaire;</li> <li>7. Relier les structures géométrique et électronique de nanostructures carbonées à leurs propriétés de transport;</li> <li>8. Appréhender par le biais de séances de laboratoires les méthodes expérimentales associées à la synthèse, la caractérisation et la mesure de propriétés de transport de matériaux ainsi que l'analyse des résultats obtenus.</li> </ol> |
| Modes d'évaluation des acquis des étudiants | <p>Les étudiants seront évalués :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• individuellement, par un examen écrit ou/et oralement, sur base des objectifs particuliers annoncés précédemment;</li> <li>• en groupe, sur base d'un rapport écrit du laboratoire.</li> </ul> <p>• La pondération est la suivante : partie Prof. L. Piroux pour 2/3 des points (partie examen oral pour 1/3 des points et rapport laboratoire pour 1/3 des points), partie Prof. J. C. Charlier (examen oral) pour 1/3 des points.</p>  |
| Méthodes d'enseignement                     | <p>Des enseignements magistraux (30h) alternent avec des séances de laboratoires autour de projets sélectionnés par les étudiants. Les laboratoires permettent l'apprentissage d'un éventail de méthodes expérimentales (synthèse de nanostructures, utilisation d'outils de caractérisation, réflexion autour d'un dispositif expérimental, mesure de propriétés de transport, analyse des données obtenues et lien avec la partie théorique).</p> <p>Les laboratoires portent sur une bonne quinzaine d'heures (8 séances d'une durée de deux heures chacune) et s'articulent autour de groupes de 3-4 étudiants. L'encadrement est assuré par des tuteurs tant pour le volet expérimental que pour l'analyse des résultats obtenus et la rédaction du rapport, ces 2 derniers volets couvrant la seconde partie du quadrimestre.</p>   |
| Contenu                                     | <p>1 : Matériaux massifs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductivité électrique : Expressions théoriques - Comparaison entre métaux, semi-conducteurs et semi-métaux - Mécanismes de collisions et dépendance en température - Lien avec la structure de bandes</li> </ul>  |

|                              |  |
|------------------------------|--|
|                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductivité thermique : Expressions théoriques des contributions électronique et du réseau - Mécanismes de collisions et dépendance en température ' Comparaison entre différentes classes de matériaux</li> <li>• Introduction à la thermoélectricité : Effets Seebeck et Peltier ' Influence du matériau ' Conversion thermoélectrique</li> <li>• Aspects expérimentaux : dispositifs de mesures électriques et thermiques</li> <li>• Influence d'un champ magnétique : Effet d 'un champ magnétique sur l'occupation des états électroniques et sur le transport électronique</li> </ul> <p>2 : Matériaux nanostructurés et systèmes de basse dimensionalité</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanostructures magnétiques : Introduction à la spintronique, magnétorésistance géante dans des multicouches magnétiques, magnétorésistance tunnel dans des jonctions tunnel magnétiques, perspectives et applications de la spintronique</li> <li>• Systèmes 2D : Exemples de gaz électronique bidimensionnels, occupation des états électroniques, effet d'un champ magnétique, effet Hall quantique, effets de localisation faible et forte</li> <li>• Systèmes 1D : Exemples de gaz électronique unidimensionnels, occupation des états électroniques, transport diffusif et ballistique, effet d'un champ magnétique, fluctuations universelles de conductance, blocage de Coulomb, quantification de la conductance, effet Aharonov-Bohm</li> <li>• Systèmes 0D : Point quantique et exemples illustratifs, transistor à un électron, transport moléculaire</li> </ul> |
| Ressources en ligne          | <a href="https://moodleucl.uclouvain.be/course/view.php?id=1_0023">https://moodleucl.uclouvain.be/course/view.php?id=1_0023</a>  |
| Bibliographie                | <p>Quelques livres sont disponibles à la BST.</p>  |
| Autres infos                 | <p>Ce cours suppose acquises les notions de base de sciences des matériaux, en physique quantique, en physique statistique, et en physique des matériaux dispensées en bac 2 et en bac 3 (par exemple, dans les cours LMAPR1805, LMAPR1491, et LMAPR1492).</p>   |
| Faculté ou entité en charge: | <p>FYKI</p>  |

| <b>Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)</b> |         |         |           |   |
|--|---------|---------|-----------|---|
| Intitulé du programme  | Sigle   | Crédits | Prérequis | Acquis d'apprentissage  |
| Master [120] : ingénieur civil en chimie et science des matériaux        | KIMA2M  | 5       |           |  |
| Master [120] : ingénieur civil physicien                                 | FYAP2M  | 5       |           |  |
| Master de spécialisation en nanotechnologies                             | NANO2MC | 5       |           |  |
| Master [120] : ingénieur civil en génie de l'énergie                     | NRGY2M  | 5       |           |  |