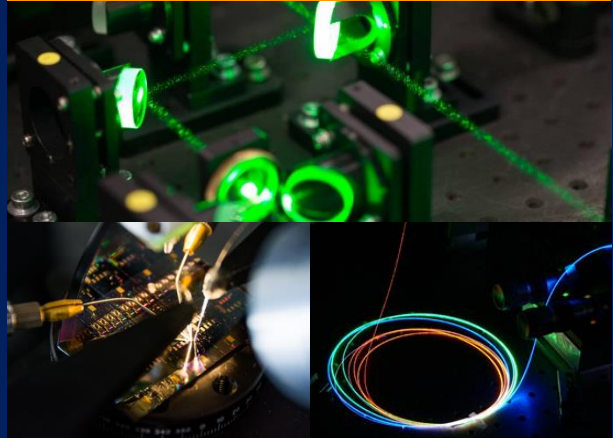


# Master

## Physics, Photonics & Nanotechnology



### MENTION

### PHYSIQUE FONDAMENTALE ET APPLICATIONS

### RESPONSABLES DU DIPLOME :

- Prof. Claude LEROY
- Prof. Benoît CLUZEL
- Dr. Aurélien COILLET

Secrétariat Pédagogique :




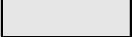








Mme Marielle COUTAREL

[marielle.coutarel@u-bourgogne.fr](mailto:marielle.coutarel@u-bourgogne.fr)



**SYLLABUS DE LA FORMATION**

**1<sup>ère</sup> Année**

Modules	Bloc de compétences de la fiche RNCP n°31808				Typologie des Cours	
	Usages avancés et spécialisés en outils numériques	Développement et intégration de savoir hautement spécialisé	Communication spécialisée pour le transfert de connaissances	Appui à la transformation dans un contexte professionnel		
UE 1	18%	9%	7%	0%		Semestre 1
UE 2	9%	14%	0%	0%		
UE 3	27%	5%	7%	0%		
UE 4	0%	0%	0%	0%		
UE 5	25%	4%	4%	15%		
UE 6	0%	0%	30%	44%		
UE 7	0%	14%	11%	4%		Semestre 2
UE 8	0%	17%	4%	0%		
UE 9	5%	16%	0%	0%		
UE 10	0%	13%	4%	19%		
UE 11	5%	16%	19%	19%		
UE 12	11%	4%	19%	19%		

UE 1	<b>Physique du Solide et de la Matière Molle</b>
	A. Dereux, P. Senet
6 ECTS 60 H	La première partie de ce cours se concentre sur la description quantique des électrons dans les cristaux (quasi-électrons) afin de maîtriser la description quantique de la conductivité électrique qui est un concept omniprésent dans les technologies à l'échelle nanométrique. Dans une deuxième partie, le cours présente une introduction à la physique statistique des systèmes moléculaires complexes (comme les biopolymères) avec des applications en nanosciences. Le cours est ensuite consacré à la description quantique du transport des électrons dans les métaux, les semi-conducteurs ainsi que dans les jonctions et les hétérostructures.
Contrôle Continu, Contrôle Terminal, Epreuve Pratique	

<b>UE 2</b>	<b>Physique Quantique</b>
	<b>S. Guérin, D. Sugny, H-R. Jauslin, V. Boudon</b>
6 ECTS 70 H	<p>Ce cours couvre les principes et les concepts de la physique quantique non relativiste, y compris la quantification, la superposition, la dualité onde-particule, l'effet tunnel, l'intrication et les systèmes composites, addition des moments angulaires, le spin, particules indiscernables, les problèmes dépendant du temps, et leurs applications modernes avancées pertinentes pour les technologies quantiques, en se concentrant sur la physique atomique et moléculaire et la spectroscopie, l'introduction à l'optique quantique et aux systèmes quantiques ouverts, à la dissipation quantique, et à l'introduction au contrôle quantique et au contrôle optimal.</p>
Contrôle Continu, Contrôle Terminal	<p>Nous utiliserons des outils numériques pour résoudre divers problèmes liés aux applications des Technologies Quantiques, telles que le contrôle quantique et la spectroscopie.</p>

<b>UE 3</b>	<b>Acquisition et Traitement du signal</b>
	<b>A. Coillet, B. Sinardet</b>
6 ECTS 50 H	<p>L'objectif de ce cours est de donner aux étudiants les outils de base et avancés nécessaires pour une acquisition, une interprétation et une transformation efficaces des données, toutes pertinentes pour le traitement de l'information. Le processus de contrôle et l'automatisation de l'acquisition des données sont réalisés à l'aide du logiciel LabVIEW et d'exercices pratiques spécifiques. Le contenu du cours comprend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'analyse d'un signal à l'aide de la transformée de Fourier,</li> <li>- la résolution d'équations différentielles par la transformée de Fourier,</li> <li>- les filtres de convolution et opérations de corrélation,</li> <li>- la transformée de Fourier discrète et algorithme de transformée de Fourier rapide pour le traitement des signaux,</li> <li>- la détection hétérodyne et mélange de fréquences,</li> <li>- les techniques de traitement avancées avec les transformées de Laplace et d'ondelettes,</li> <li>- LabVIEW : l'environnement de développement (outils de programmation, création d'applications par l'exemple),</li> <li>- l'acquisition de données (interfaces, drivers, measurement automation eXplorer, acquisition de données par ports intégrés, par liaison GPIB, par cartes d'entrée/sortie et NIDAQ).</li> </ul>
Contrôle Continu	

<b>UE 4</b>	<b>Mineure</b>
	<b>Intervenants extérieurs</b>
40 ECTS 40 H	Ce cours comprend des séminaires de laboratoire, des présentations par d'anciens étudiants du master, des visites de laboratoires, et des interventions industrielles. Il est modulé d'une année sur l'autre.
Contrôle Terminal	

<b>UE 5</b>	<b>Méthodes numériques pour la physique</b>
	<b>A. Dereux, M. Sala</b>
3 ECTS 40 H	<p>Ce module fournit aux étudiants une série d'outils numériques pour résoudre les problèmes liés à la physique moderne, y compris la modélisation des systèmes quantiques, l'analyse des données telles que les ajustements linéaires et non linéaires aux ensembles de données, les applications du calcul à haute performance, les techniques de visualisation et les méthodes d'analyse automatique:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- algèbre linéaire numérique pour l'informatique quantique,</li> <li>- intégration numérique,</li> <li>- modélisation : interpolation, ajustement de courbes, optimisation,</li> <li>- équations différentielles,</li> <li>- introduction à l'apprentissage automatique, y compris les techniques d'apprentissage profond,</li> <li>- calcul symbolique.</li> </ul> <p>Les langages de programmation utilisés sont Matlab ou Python. Les exemples d'applications seront chevaucheront les sujets des autres cours, en mettant l'accent sur les applications du cours sur la matière condensée quantique et la physique statistique. la matière condensée quantique et la physique statistique.</p>
Epreuve Pratique	

UE 6	Compétences Transversales Intervenants Extérieurs
4 ECTS 55 H	<p>Ce cours recouvre trois parties: la connaissance des entreprises, la communication et les langues étrangères (français ou anglais).</p> <p>Connaissance des entreprises: de la gestion de projets techniques à la maîtrise du processus d'innovation et au-delà, il existe un large éventail de compétences, d'aptitudes et de connaissances qu'il faut acquérir pour comprendre, participer et gérer les entreprises modernes. Ce cours est une fenêtre ouverte sur ces sujets, en se concentrant sur la gestion de l'innovation, la gestion de projet et les entreprises de haute technologie et les laboratoires de recherche de haute technologie, avec un accent particulier sur l'éthique et la compréhension des impacts des technologies modernes sur notre société.</p> <p>Communication: L'objectif de ce module est de doter les étudiants issus d'une formation scientifique des compétences nécessaires pour entrer en toute confiance sur le marché du travail compétitif. Le cours couvre plusieurs sujets concernant la confiance en soi, la présentation et les compétences de communication, en utilisant des techniques issues de l'analyse transactionnelle, de la programmation neuro-linguistique et de la communication non violente.</p>
Contrôle Continu, Contrôle Terminal	<p>Langues étrangères: Le cours de langue et de culture françaises est organisé pour améliorer les compétences individuelles en français langue étrangère, en proposant différents niveaux allant de A1 (débutants) à C1 (experts), en fonction du niveau initial des étudiants. Le cours aborde tous les aspects : compréhension orale et écrite, expression orale et écrite (EO), en mettant l'accent sur les aspects phonétiques et phonologiques, en particulier pour les débutants. Pour les francophones natifs, un cours de langue alternatif sera proposé (tel que l'anglais ou l'allemand avancé). Des discussions portant sur la science et la technologie et sur les défis mondiaux liés à l'environnement et à la santé seront organisées.</p>

UE 7	<b>Optique Guidée et technologies laser</b> <b>P. Tchofo-Dinda, Intervenants Extérieurs</b>
4 ECTS 40 H	<p>L'optique guidée est l'ensemble des concepts et des principes permettant de confiner la lumière et de guider sa propagation de sa source à sa destination. C'est un sujet qui s'est rapidement développé depuis l'invention des lasers et des fibres optiques. Actuellement, l'optique guidée irrigue abondamment le domaine des télécoms et des sources laser, avec une multitude de composants innovants (fibres optiques passives et actives, réseaux de Bragg, coupleurs, multiplexeurs, séparateurs, atténuateurs, isolateurs, etc.) qui constituent la couche physique des réseaux télécoms tels que MAN, WAN, et Internet. Le contenu de ce cours couvre les différentes propriétés des guides d'onde et aborde :</p>
Contrôle Continu, Contrôle Terminal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guides d'ondes diélectriques planaires.</li> <li>- Fibre optique à gradient d' indice.</li> <li>- Propriétés fonctionnelles des fibres optiques (ouverture numérique, atténuation, dispersion, effet Kerr).</li> <li>- Couplage de mode dans les guides d'ondes optiques.</li> <li>- Dispositifs basés sur le couplage de mode (coupleur directionnel, coupleur à réseau, multiplexeurs).</li> <li>- Composants optiques fibrés et/ou intégrés.</li> <li>- Guides d'ondes microstructurés.</li> </ul>

<p>UE 8</p>	<p><b>Optique Nonlinéaire</b> F. Chaussard, P. Mathey</p>
<p>4 ECTS 40 H</p>	<p>Les phénomènes optiques non linéaires tels que la conversion de fréquence optique ou la diffusion Raman sont devenus courants dans les dispositifs et matériaux optiques grâce aux avancées technologiques des lasers produisant des champs intenses avec des impulsions ultra-courtes. Ce cours introduit les concepts sous-jacents à l'optique non linéaire et vise à donner les ingrédients essentiels pour comprendre ses origines, ses conséquences et ses applications. Il est complété par un cours de matériaux pour l'optique non linéaire, conçu pour fournir aux étudiants des développements dans les milieux cristallins et vitreux impliqués dans les phénomènes linéaires et non linéaires et leurs applications. Le cours couvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la description de l'origine des non-linéarités à travers un modèle standard basé sur l'oscillateur anharmonique classique et une introduction au formalisme de la susceptibilité non-linéaire,</li> <li>- la dérivation de l'équation de propagation des ondes non linéaires,</li> <li>- propagation dans des matériaux anisotropes et dérivation des solutions concernant les conditions d'adaptation de phase,</li> </ul>
<p>Contrôle Continu, Contrôle Terminal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'étude des processus optiques : génération de seconde harmonique (SHG) ou doublage de fréquence, génération de fréquence par somme et différence (SFGDFG), amplification paramétrique optique et oscillation (OPA - OPO),</li> <li>- l'effet Kerr optique, la diffusion Raman stimulée,</li> <li>- l'effet Faraday,</li> <li>- les propriétés électro-optiques des cristaux,</li> <li>- la conjugaison de phase optique.</li> </ul>

<b>UE 9</b>	<b>Communications optiques</b> <b>P. Tchofo-Dinda, P. Grelu</b>
<b>4 ECTS</b> <b>40 H</b>	<p>L'objectif de ce module est de fournir aux étudiants une introduction rationnelle aux communications optiques modernes, en expliquant leurs possibilités, leurs limites actuelles et certaines de leurs perspectives. Le lien de communication optique longue distance à haut débit est une figure centrale de cette présentation. Les briques technologiques de l'optoélectronique sont présentées et expliquées : diodes laser, photodiodes, fibres optiques passives et dopées, composants intégrés aux fibres. Les formats de modulation et les méthodes de mesure de la qualité des transmissions numériques optiques (diagramme de l'œil, facteur Q) sont présentés, ce qui donne une vue d'ensemble de la conception des systèmes de télécommunications optiques.</p>
<b>Contrôle Continu,</b> <b>Contrôle Terminal</b>	<p>Plusieurs aspects importants du cours sont illustrés en laboratoire : Amplificateur à fibre et laser à fibre ; réflectométrie à fibre optique ; composants intégrés à la fibre et application à la mesure de la dispersion chromatique ; contrôle de la polarisation optique et application aux télécommunications optiques ; effets de propagation dans les télécommunications optiques.</p>

<b>UE 10</b>	<b>Micro-nano fabrication en salle blanche</b> <b>L. Markey, Personnels techniques ARCEN CARNOT</b>
<b>4 ECTS</b> <b>30 H</b>	<p>La micro-nanofabrication couvre les techniques expérimentales utilisées pour fabriquer des circuits intégrés ou pour intégrer des nano-objets sur un substrat. Ces techniques sont principalement basées sur l'héritage du secteur des semi-conducteurs de la microélectronique et son développement exponentiel depuis le début des années 60, mais elles ont également évolué au cours des deux dernières décennies vers des techniques plus diversifiées développées pour un nombre croissant d'applications, y compris par exemple la photonique sur puce pour la communication de données ou la biodétection. Les techniques de micro-nano-fabrication sont aujourd'hui utilisées pour un très grand nombre d'applications. Ce module propose des cours théoriques et des travaux de laboratoire sur le dépôt de couches minces, la lithographie et la gravure au plasma, qui sont les techniques de base dans ce domaine.</p>
<b>Epreuve Pratique,</b> <b>Contrôle Terminal</b>	



<b>UE 11</b>	<b>Lasers</b>
	<b>O. Faucher, E. Hertz</b>
5 ECTS 50 H	L'objectif de ce cours est de présenter un modèle semi-classique permettant une bonne compréhension des principes de fonctionnement des lasers et une description des principales caractéristiques de l'émission de lumière cohérente, comme par exemple la puissance laser, la fréquence laser, la largeur de bande spectrale et la structure des modes spatiaux. La première partie du cours couvre la description du milieu amplificateur, du système de pompage optique, de la cavité optique, des sources d'élargissement spectral et du fonctionnement monomode ou multimode. La seconde partie est consacrée à la structure spatiale des ondes laser et à leur propagation. Deux familles principales de modes de propagation gaussiens, associées aux géométries rectangulaire et cylindrique de la cavité laser, sont dérivées en tant que solutions particulières des équations de Maxwell. Le modèle présenté décrit la distribution transversale de l'énergie et les propriétés du front d'onde en fonction de la distance de propagation. Enfin, la loi ABCD est introduite pour décrire la modification du mode gaussien lorsqu'un faisceau laser se propage à travers divers éléments optiques.
Contrôle Continu, Contrôle Terminal	

<b>UE 12</b>	<b>Projet en laboratoire</b>
	<b>Membres du laboratoire ICB</b>
9 ECTS 6 sem.	
Contrôle Continu	Le projet de laboratoire est un stage de recherche supervisé par l'un des professeurs du master à l'Université de Bourgogne dans l'un des domaines de spécialité du master.