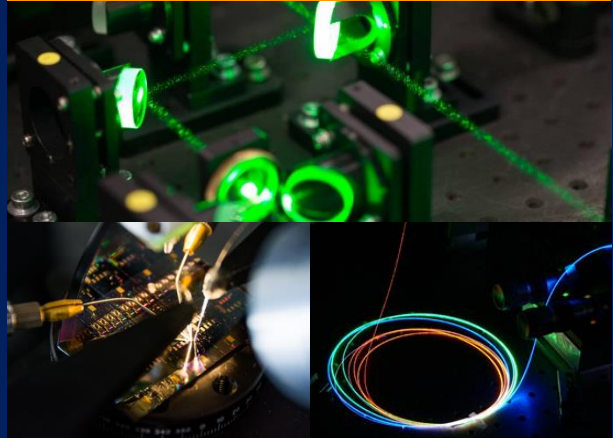


Master

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



2^{ème} 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	7%	11%	5%	0%	Cours Disciplinaires
UE 2	4%	12%	5%	0%	
UE 3	7%	11%	5%	0%	
UE 4	11%	9%	5%	0%	
UE 5	4%	12%	5%	0%	
UE 6	14%	7%	5%	0%	Cours Transverses
UE 7	4%	12%	5%	0%	
UE 8	7%	4%	8%	12%	Cours de formation professionnelle
UE 9	4%	4%	8%	16%	
UE 10	9%	4%	6%	10%	
UE 11	9%	4%	6%	10%	
UE 12	9%	4%	6%	10%	
UE 13	9%	4%	6%	10%	
UE 14	0%	0%	21%	6%	
UE 15	4%	2%	4%	26%	

UE 1	Technologies Quantiques S. Guérin, D. Sugny, F. Holweck, C. Latune
5 ECTS 44 H	Cette UE a pour objectif de présenter les concepts fondamentaux et les applications des technologies quantiques comme le calcul et la cryptographie quantique, l'optique quantique mais également les problématiques de mesure quantique et la simulation quantique. Des aspects communs à ces applications comme le contrôle quantique, la thermodynamique quantique, l'intrication quantique et les concepts de bases en information quantique sont décrits. Une attention particulière est portée sur les notions théoriques à connaître pour les travaux pratiques sur les technologies quantiques réalisés dans l'U.E. Practicals 2.
Contrôle Terminal	

<p>UE 2</p>	<p>Optique Ultrarapide O. Faucher, E. Hertz</p>
<p>5 ECTS 40 H</p>	<p>Cette UE a pour objectif de présenter les concepts fondamentaux et les applications des impulsions laser femtosecondes. Dans une première partie, les phénomènes d'optique linéaire et non linéaire rencontrés lors de la propagation d'une impulsion laser intense et ultra-courte sont décrits. Les techniques de blocage de mode et de compression d'impulsions sont ensuite abordées. La deuxième partie traite de la modélisation de processus d'interaction rayonnement matière en optique ultra rapide; mesures pompes-sondes, production de rayonnement TéraHertz, battements quantiques, génération d'harmoniques, effet Raman, écho de photon. La problématique liée à la métrologie d'impulsions ultra brèves, et particulièrement de la caractérisation temporelle et spectrale, est traitée en troisième partie. La dernière partie traite des différentes techniques permettant d'établir un façonnage temporel d'impulsions laser femtosecondes en allant des méthodes simples avec peu de paramètres de contrôle (étireur, compresseur) aux façonneurs les plus élaborés permettant un contrôle étendu de la forme des impulsions.</p> <p>/Acquis : Comprendre les techniques de production, de caractérisation et de mise en forme d'une impulsion laser ultra courte. Savoir modéliser les processus physiques résultant de l'interaction d'une impulsion laser avec un système quantique à l'aide des équations de Bloch Optiques. Comprendre le fonctionnement et problématiques expérimentales des techniques de caractérisations temporelles courantes (autocorrélation, FROG, SPIDER...) et de façonnage (étireur, compresseur, façonneur utilisant des SLM et ligne 4f, dazzler...).</p>
<p>Contrôle Terminal</p>	

UE 3	Optique Fibrée Avancée
	P. Grelu, F. Smektala, B. Kibler
5 ECTS 52 H	Ce cours présente : a) les effets physiques fondamentaux et les concepts qui sous-tendent la propagation d'impulsions optiques courtes et ultra-courtes dans des guides d'ondes diélectriques - b) les amplificateurs optiques à fibre et les lasers à fibre. Dynamique des lasers à fibre ultrarapides. Solitons optiques dissipatifs -c) Génération de supercontinuum ; ondes non-linéaires et phénomènes extrêmes ; fibres multimodes, transmission du moment angulaire orbital, modélisation numérique. - d) Verres et leurs propriétés optiques Verres d'oxyde, de fluorure et de chalcogénure, propriétés optiques non linéaires, fibres hybrides, nouvelles technologies de fabrication 3D.
Contrôle Continu (1/5) Contrôle Terminal (4/5)	

UE 4	Nanophysique, Nanophotonique
	G. Colas des Francs, A. Dereux, B. Cluzel
5 ECTS 60 H	<p>Nous abordons dans ce module les propriétés optiques et physiques des matériaux solides micro et nanostructurés. Les modes guidés et localisés dans les milieux stratifiés diélectriques, périodiques ou non, sont traités théoriquement dans une première partie. Les résonateurs optiques miniaturisés sont ensuite abordés et nous introduisons les notions de couplage fort, de couplage faible et d'effet Purcell lorsque qu'ils sont couplés à des émetteurs uniques tels que des boîtes ou des puits quantiques semiconducteurs. Dans une seconde partie nous abordons le cas des métaux et des modes optiques particuliers que sont les plasmons/polaritons de surface.</p> <p>Par le biais de travaux dirigés numériques exploitant les ressources du centre de calcul de l'université puis de projets personnels réalisés en autonomie, les étudiants sont amenés à mettre en oeuvre les méthodes numériques étudiées afin de déterminer les propriétés optiques et physiques usuelles des matériaux micro-nanostructurés telles que</p> <ul style="list-style-type: none"> - les relations de dispersion des modes électromagnétiques de volume, de surfaces, de films minces, de multicouches; - la réflectivité, la transmission, l'absorption de systèmes à symétrie planaires, - la diffusion de la lumière par des petites particules (résonance de Mie, de Fröhlich, etc); <p>Au travers des projets personnels réalisés, ce module d'enseignement reproduit les mises en oeuvre attendues d'un chercheur dans un laboratoire: compréhension d'articles contemporains et de textes de références, applications des concepts introduits dans les articles et textes dans des projets qui nécessitent une mise en oeuvre numérique, rédaction de rapports de qualité professionnelle en anglais scientifique.</p>
Contrôle Continu Intégral	

UE 5	Microscopies Avancées
	A. Bouhelier, E. Lesniewska
2 ECTS 30 H	Méthodes avancées de microscopie (optique, électronique et à sonde locale) appliquées aux nanosciences et à la science des matériaux. A la fin du cours, l'étudiant aura une connaissance du principe de fonctionnement des différents types de microscopes et de leurs domaines d'application respectifs. Les grandeurs physiques, physico-chimiques et tribologiques mesurables par les techniques de microscopie présentées seront introduites et le processus de formation et d'acquisition des images sera détaillé dans ce cours.
Contrôle Terminal	Connaissances : Sélectionner et mettre en œuvre des techniques avancées de microscopie pour répondre à un problème donné. Interpréter la formation des images et identifier les sources d'artefacts en relation avec les techniques de mesure.

UE 6	Nanobiosciences
	P. Senet, A. Nicolai - Cours Transverse
3 ECTS 40 H	Théorie et techniques numériques de modélisation de nano(bio)systèmes et de biomolécules. Maîtrise de l'utilisation d'un centre de calcul, des techniques de dynamique moléculaire tous atomes et à gros grains, techniques de machine learning et de réduction de dimensionnalité pour l'interprétation de grands ensembles de données de simulations, concepts théoriques de biophysique moléculaire et de paysage d'énergie libre. Réalisation d'un projet avancé de simulations numériques de nanosystèmes.
Contrôle Continu Intégral	

UE 7	Physique Atomique et Moléculaire C. Leroy, G. Guillon - Cours Transverse
2 ECTS 22 H	<p>Ce cours comprend deux parties. La première traite de la théorie, des modèles et des méthodes quantiques pour les processus collisionnels entre atomes et molécules. Une connexion entre les points de vue dépendant et indépendant du temps est établie. Les observables dynamiques comme la section efficace et les probabilités de transitions sont introduits. Nous proposons enfin des illustrations avec des simulations de systèmes réalistes, à haute ou basse énergie. A l'issue de cette partie, les étudiants sont en mesure de modéliser des processus dynamiques collisionnels dans différents contextes et les simuler avec les outils numériques.</p> <p>La seconde partie traite de l'Equation de Dirac. Après un bref rappel des outils mathématiques de base (lagrangien, impulsion, hamiltonien, équations d'Euler-Lagrange), nous introduisons la première tentative de réconciliation de la physique quantique et de la relativité restreinte avec l'équation de Klein-Gordon. Nous démontrons les limites de cette équation, en particulier le problème qu'elle pose avec l'introduction de la conservation de la densité de probabilité qui conduit à des densités négatives. L'équation de Pauli est ensuite introduite et ses limites sont expliquées. Nous introduisons ensuite la liste argumentée des conditions que doit respecter une équation quanto-relativiste, ce qui conduit naturellement à démontrer l'équation de Dirac. A partir de l'équation de Dirac, nous expliquons en particulier qu'elle contient naturellement le spin de l'électron sans qu'il soit nécessaire d'ajouter des conditions supplémentaires. Enfin, nous développons complètement l'équation de Dirac en la transformant à l'ordre v^2/c^2 de manière à faire apparaître tous les termes utilisés en physique atomique pour l'étude des atomes sous champ électrique et magnétique.</p>
Contrôle Terminal	

UE 8	Projet tutoré / Projet de Recherche
	Tuteur académique/industriel
3 ECTS 60 H	Les projets tutorés et projets de recherche sont construits dans une logique d'acquisition de compétences à partir de situations réelles de travail. Dans l'entreprise, le projet tutoré intègre l'accueil de l'apprenant dans la structure, l'accompagnement et la transmission de compétences, l'évaluation de l'apprenant. A l'université, le projet de recherche se définit autour de l'exploitation des situations, l'aide au repérage des compétences mises en œuvre, le lien avec les connaissances. D'une durée de 60 heures, il aura pour objet de renforcer les compétences de l'étudiant dans un des thèmes suivants par exemple (liste non exhaustive)
Rapport Final	<ul style="list-style-type: none"> - l'analyse de signaux optoélectroniques - la conception, l'alignement et la caractérisation de lasers - la nanofabrication en salle blanche - l'interfaçage et l'automatisation d'instruments - la calcul quantique...

UE 9	Mise en Situation Professionnelle (Alternance, Apprentissage)
	Tuteur industriel
6 ECTS 70 H	La mise en situation professionnelle est définie avec la participation de l'entreprise d'accueil. Elle a pour objet de renforcer les compétences de l'étudiant dans un domaine technique de spécialité à l'interface entre la formation et les compétences techniques à développer dans l'entreprise. Un examen sera réalisé et évalué au sein de l'entreprise conjointement par un représentant du centre de formation et le maître d'apprentissage.
Epreuve Pratique	

UE 10	Session Pratique 1 : Fibres Optiques
	C. Strutinsky, A. Coillet
2 ECTS 35 H	L'objectif visé par cette UE est la mise en pratique des concepts et outils fondamentaux acquis dans le domaine des fibres optiques. Les travaux pratiques proposés ciblent des expériences phares de l'optique fibrée, de la réalisation de composants fibrés à leur caractérisation et à leur implémentation dans un réseau matériel. Acquis : Être en mesure d'appliquer les acquis fondamentaux en optique fibré afin de réaliser et tester un réseau matériel à base de fibres optiques, d'en réaliser la mesure et d'en analyser les résultats en lien avec les concepts.
Epreuve Pratique	

UE 11	Session Pratique 2 : Technologies Quantiques
	O. Faucher, D. Sugny
2 ECTS 35 H	L'objectif visé par cette UE est la mise en pratique des concepts et outils fondamentaux acquis dans le domaine des technologies quantiques. Les travaux pratiques proposés ciblent des expériences phares de l'optique quantique sur l'intrication de photons, la violation des inégalités de Bell, la cryptographie quantique, ou encore la gomme quantique. Acquis : Être en mesure d'appliquer les acquis fondamentaux de la mécanique quantique et de l'optique ondulatoire afin de modéliser et prédire les résultats d'une expérience de technologie quantique, d'en réaliser les mesures et d'en analyser les résultats. Comprendre le fonctionnement et l'utilisation d'une source de photons uniques. Savoir ajuster un dispositif optique.
Epreuve Pratique	

UE 12	Session Pratique 3 : Nanophotonique
	B. Cluzel, A. Coillet, F. Chaussard
2 ECTS 35 H	L'objectif visé par cette UE est la mise en pratique des concepts et outils fondamentaux acquis dans le domaine de la nanophotonique. Les travaux pratiques proposés ciblent des expériences phares à l'échelle nanométrique telle que les pinces optiques, les résonances de plasmons de surface, le couplage par champ évanescent et les résonateurs à mode de galerie, la microscopie par sonde locale et la microscopie confocale. Acquis : Être en mesure d'appliquer les acquis fondamentaux de la nanophotonique afin de modéliser et prédire les résultats d'une expérience mettant en jeu des interactions de champ proche optique à l'échelle de l'objet unique, d'en réaliser les mesures et d'en analyser les résultats.
Epreuve Pratique	

UE 13	Session Pratique 4 : Optique et Laser Ultrarapides
	E. Hertz, P. Grelu, A. Coillet
2 ECTS 35 H	L'objectif visé par cette UE est la mise en pratique des concepts et outils fondamentaux acquis dans le domaine des lasers ultrarapides. Les travaux pratiques proposés consisteront à réaliser un laser à fibre femtoseconde, caractériser un train d'impulsions, utiliser des impulsions lasers pour les applications, et manipuler un faisceau laser en sécurité dans un montage avancé. Acquis : Être en mesure d'appliquer les acquis fondamentaux en sciences femtosecondes afin de modéliser et prédire les résultats d'une expérience mettant en jeu des lasers ultrarapides, d'en réaliser les mesures et d'en analyser les résultats.
Epreuve Pratique	

UE 14	Français/Anglais
	D. Bao
1 ECTS 20 H	L'objectif visé par cette UE est de mettre en pratique à l'écrit et à l'oral les connaissances en langue anglaise pour les étudiants francophones ou d'acquérir les notions de base de la langue et de la culture française pour les étudiants non francophones.
Contrôle Continu Intégral	

UE 15	Stage/Alternance
	Tuteur académique/industriel
20 ECTS 5-6 Mois	L'étudiant mobilisera le savoir acquis dans un contexte professionnel pour conduire un projet répondant à une problématique industrielle ou de recherche concrète. Outre les savoirs faire techniques acquis pendant la période de stage ou d'alternance qui seront spécifiques au projet confié à l'étudiant, celui-ci développera ses compétences en organisation personnelle, travail en équipe et développera ses capacités de communications à l'écrit et à l'oral dans le cadre de l'évaluation de cette unité d'enseignement. Un rapport de qualité professionnelle et une soutenance orale présentant le travail réalisé seront expertisés par un jury constitué d'acteurs académiques et industriels.
Contrôle Continu Intégral	