

Master Nanosciences et Nanotechnologies

Programme des UEs du parcours « Nanoélectronique » de l'année de M2

Responsable : Fabienne MICHELINI

fabienne.michelini@univ-amu.fr

I- Vue d'ensemble du M2 (semestres 3 et 4) :

	NanoPhy	NanoElec	Ingénierie Matériaux		NanoPhy	NanoElec	Ingénierie Matériaux
SEMESTRE 3	Professionalisation 3 (3 ECTS) Initiation à l'entrepreneuriat - Qualité, sécurité, environnement et risques professionnels - Management de projets et ressources humaines			SEMESTRE 4	Nanosciences émergentes (UE d'ouverture) (2 ECTS)		
	Anglais 3 (3 ECTS)				Nanotechnologies, environnement et société (2 ECTS)		
	Séminaires étudiants (2 ECTS)		Matériaux & dispositifs pour l'énergie (8 ECTS) # Matériaux pour l'énergie A # Matériaux pour l'énergie B		Applications avancées des nanosciences et nanotechnologies (2 ECTS)		
	Nanomagnétisme et spintronique (6 ECTS)				Nanobiosciences ou simulations numériques avancées/ Compléments de nanoélectronique ou nanosciences 3 ECTS à choix : 1) Nanobiosciences (3 ECTS) 2) Méthodes de simulations avancées (3 ECTS) 3) Integration and reliability (3 ECTS)		
	Techniques de nano-fabrication (4 ECTS)	Quantum Nanoelectronics (8 ECTS) # Low dimensional systems # Emerging concepts for devices # Quantum transport			Matériaux & santé (6 ECTS) # Matériaux et santé A # Matériaux et santé B		
	Photonique et nanophotonique (3 ECTS)	Hybrid electronics 1 (4 ECTS à choix : 2 UEs parmi 3) 1) Sensors (2 ECTS) 2) Organic optoelectronics (2 ECTS) 3) Advanced memories (2 ECTS)			Durabilité des matériaux (8 ECTS) # Corrosion et vieillissement # Protection et recyclabilité		
	Mécanique des solides et nanomécanique (3 ECTS) Surfaces et interfaces, nano-objets sur surfaces et imagerie des nano-objets (6 ECTS) # Surfaces et interfaces, nano-objets sur surfaces # Caractérisation de nanostructures par microscopie à champ proche	Hybrid electronics 2 (4 ECTS au CMP) # Hybrid electronics 2A # Hybrid electronics 2B			Matériaux pour l'énergie et durabilité : TPs (2 ECTS)		
	Stage en laboratoire ou en entreprise (4 mois) (21 ECTS)			Stage en entreprise (30 ECTS)			

Le programme détaillé des UE du **parcours « Nanoélectronique » (NE)** est présenté ci-après. Le responsable de l'UE (laboratoire de rattachement et adresse mail), sa répartition horaire (TD, cours magistral CM) ainsi que les modalités de contrôle des connaissances (MCC) en termes de pourcentage d'examen final (ET) et de contrôle continu (CC) sont précisés à chaque fois.

II- Programme détaillé des UEs du M2 NE :

1. UE « Professionnalisation » (UEPROF1, S3, 3ECTS)

Responsables 2018-2019 : Laurence MASSON (CINaM, laurence.masson@univ-amu.fr), Florence VACANDIO (MADIREL, florence.vacandio@univ-amu.fr)
Heures : 18h TD
Contenu : <i>Présentation et visites de laboratoires d'AMU adossés au Master (CINaM, ICR, IM2NP, MADIREL) et présentation des sujets de stages filés.</i>
Modalités de contrôle des connaissances (MCC) : !!!%Examen terminal (ET), !!!%Contrôle Continu (CC) <i>Rédaction d'une fiche par quadrinôme présentant le laboratoire + sujet du stage dans l'UE Projets tuteurés de nanosciences (S2) .</i> <i>Oraux individuels de 15 min (type audition, avec plusieurs jurys en parallèle).</i>

2. UE « Anglais » (S58AN3M2 , S3, 3ECTS)

Responsable 2018-2019 : xxx
Heures : xxx
Contenu : <i>Titres des enseignements :</i>
MCC : xxx

3. UE « Séminaires étudiants » (S58PP2M3, S3, 2ECTS)

Responsable 2018-2019 : Conrad BECKER (CINaM, conrad.becker@univ-amu.fr)
Heures : 18h TD
Contenu : <i>Cette UE constitue une introduction à la préparation de séminaires scientifiques.</i> <u>Titres des enseignements</u> : <ul style="list-style-type: none">• <i>Introduction à la présentation scientifique</i>• <i>Interaction et accompagnement</i>• <i>Présentations</i>
MCC : <i>oral</i>

4. UE « Nanomagnétisme et spintronique » (S58PH3M4, S3, 6ECTS)

Responsable 2018-2019 : Michael KUZMIN (IM2NP, michael.kuzmin@univ-amu.fr)
Heures : 24h CM, 30h TD
<p>Contenu :</p> <p><i>Le cours est structuré en deux parties :: la première partie introduit les propriétés magnétiques des matériaux, les bases du magnétisme atomique, les modèles ferromagnétiques et les spécificités liées aux nanomatériaux. La deuxième partie aborde le transport électronique classique et le transport dépendant de spin, le magnétisme en dimensions réduites à travers les couches ultra-minces et les couplages inter-couches dans des hétérostructures, le transfert et le transport de spin dans des nanostructures avec les différentes applications (capteurs magnéto-résistifs GMR, STT-MRAM, nano-oscillateurs à transfert de spin), les différentes techniques pour la création et la détection des courants de spin (pompage de spin, effet Hall de spin inverse).</i></p> <p><u>Titres des enseignements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Nanomagnétisme : Dia- et paramagnétisme, antiferromagnétisme, ferromagnétisme (théorie du champ moléculaire, modèle de Heisenberg), anisotropie magnétique, domaines magnétiques (théorie de Kittel), hystérésis, nanoparticules (monodomaine) et nanofils ferromagnétiques, enregistrement magnétique, résonance magnétique, mesures magnétiques</i> • <i>Transport et Spintronique :</i> <ul style="list-style-type: none"> ✚ <i>Transport : théorie semi-classique de transport (équation de Boltzmann), collisions (phonon, impuretés...), recombinaisons (radiative, Auger...), les simplifications à faible perturbation (dérive-diffusion, mobilité), fort champ, le transport balistique (système de basse dimensionnalité), transmission (différents systèmes), théorie quantique de transport (modèle de Luttinger)</i> ✚ <i>Spintronique : magnétisme des films ultra-minces et hétérostructures (anisotropie, configurations magnétiques non-colinéaires, DMI, couplage d'échange inter-couches, exchange bias), magnéto-résistance géante, magnéto-résistance tunnel (applications), injection, accumulation et relaxation de spin dans les métaux, effet Hall de spin, couple de transfert de spin</i>
<p>MCC : 63% ET, 37% CC</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Examen terminal : examen écrit</i> • <i>Contrôle continu : préparation des exercices, articles, travail en classe</i>

5. UE « Quantum Nanoelectronics » (S58PH3E5, S3, 8ECTS)

Responsable 2018-2019 : Nicolas CAVASSILAS (IM2NP, nicolas.cavassilas@univ-amu.fr)
Heures : 48h CM + 24h TD
<p>Contenu :</p> <p>Introduction à la nanoélectronique quantique selon trois axes formant les trois éléments constitutifs (EC) de l'UE.</p> <p>EC « Low dimensional systems » (S58PH3E5AJ, 3 ECTS) L'étudiant devra comprendre en quoi des systèmes de basse dimensionnalité, en engendrant des phénomènes quantiques, peuvent être utile aux composants que ce soit dans le domaine de l'électronique et de l'optoélectronique.</p> <p>EC « Emerging concepts » (S58PH3E5BJ, 2 ECTS) Cette UE prendra la forme d'une série de séminaires encadrés. Chacun des 6 intervenants exposera un sujet de recherche actuel montrant comment des effets quantiques sont mis à profit en électronique et optoélectronique.</p> <p>EC « Quantum transport » (S58PH3E5DJ, 3 ECTS) Un nano-dispositif quantique forme un système quantique ouvert hors-équilibre en interaction. Cet enseignement formel de donnera les bases méthodologiques du traitement des tels systèmes au-delà du formalisme de Landauer.</p> <p><u>Titres des enseignements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Low dimensional systems</i> • <i>Emerging concepts</i> • <i>Quantum transport</i>
MCC : 67%ET, 23%CC

6. UE « Hybrid electronics 1 » (S58PH3E6, S3, 4ECTS)

2 UEs à choix parmi les 3 UEs (2ECTS)

- a) advanced memories
- b) organic optoelectronics
- c) sensors

a. UE « Sensors » (S58PH3E6A, S3, 2 ECTS)

Responsable 2018-2019 : David GROSSO (IM2NP, david.grosso@im2np.fr)
Heures : 12h CM, 6h TD
<p>Contenu :</p> <p><i>Ce cours décrit les différentes familles de capteurs (i) physiques (température, pression, vitesse...) (ii) chimiques (composés gazeux, liquides, solubilisés), et (iii) biologiques (biomolécules, enzymes, anticorps...) et les différents modes de transduction (optique, électrique, mécanique...) qui y sont associés.</i></p> <p><u>Titres des enseignements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Capteurs physiques • Capteurs biologiques • Capteurs chimiques
MCC : 100% ET

b. UE « Organic optoelectronics » (S58PH3E6B, S3, 2 ECTS)

Responsable 2018-2019 : Judikaël Le ROUZO (IM2NP, judikael.le-rouzo@univ-amu.fr)
Heures : 12h CM, 6h TD
<p>Contenu :</p> <p><i>Dans cette UE seront vus les différents composants actuels de l'optoélectronique organique (OLEDs, Laser, Cellules solaires). Une introduction aux semiconducteurs organiques sera faite. Une présentation des différents phénomènes physiques permettra de comprendre le fonctionnement des composants. Des exemples récents d'architecture et / ou de performances des dispositifs seront étudiés.</i></p> <p><u>Titres des enseignements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Organic semiconductors • Organic Photonic • Optoelectronic organic devices (architecture/optoelectronic behavior/performances)
MCC : 100% ET (oral de présentation sur une étude d'un document scientifique)

c. UE « Advanced Memories » (S58PH3E6C, S3, 2 ECTS)

Responsable 2018-2019 : Philippe CHIQUET (IM2NP, philippe.chiquet@univ-amu.fr)
Heures : 12h CM, 6h TD
<p>Contenu :</p> <p><i>L'UE "Advanced Memories" propose une étude détaillée des grandes familles de dispositifs mémoires, omniprésents dans les objets technologiques actuels. Une fois le contexte économique/industriel lié à ce type de composants présenté, un état de l'art permettra d'identifier les dispositifs mémoire principaux. Le fonctionnement de ceux-ci sera ensuite détaillé, en expliquant en particulier les phénomènes physiques sous-jacents.</i></p> <p><u>Titres des enseignements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Généralités sur les dispositifs mémoire : contexte économique/industriel, grandes familles de mémoires, caractéristiques importantes (fiabilité, endurance, rétention, consommation) • Mémoires volatiles • Mémoires non-volatiles "traditionnelles" : Flash, EEPROM... (généralités + architectures spécifiques optimisées) • Mémoires non-volatiles "avancées" : mémoires résistives, ferroélectriques, magnétiques, à composants organiques • Etude d'un dispositif mémoire spécifique (au choix)
<p>MCC : 50% ET, 50% CC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen terminal : examen écrit. • Contrôle continu : document à rendre – travail de groupe

7. UE « Hybrid electronics 2 » (S58PH3E7, S3, 4ECTS)

Responsable 2018-2019 : Thierry DJENIZIAN (CMP, thierry.djenizian@emse.fr)

Heures : 24h CM, 12h TD

Contenu :

Cette UE s'articule autour de deux éléments constitutifs majeurs pour la microélectronique avancée.

EC « Hybrid electronics 2A » (S58PH3E7A, 2 ECTS)

This course is dedicated to the principle of electrochemical energy storage for flexible microelectronics. It will be presented recent progress achieved in the field of Li-ion microbatteries. The principles will be explained in terms of basic electrochemistry and thermodynamics. The relationship between properties at the atomic level with the performance of the power sources will be highlighted. Particularly, an insight into the use of nanostructured materials to improve the storage capacity, rate capability, and cyclability will be given.

Seminars on microfabrication will be given by foreign professors from renowned universities is dedicated to the microfabrication processes. It will be presented recent progress achieved in the field of microtechnologies (high resolution patterning techniques, self-assembly processes, atomic layer deposition techniques, etc.). Particularly, an insight into micropatterned surfaces will be given for modern applications including sensors, biosensors, energy production and storage systems, lab-on-a-chip, smart devices...

EC « Hybrid electronics 2B » (S58PH3E7B, 2 ECTS)

Electronic devices have evolved from rigid, planar, and packaged formats into highly flexible, curvilinear and unpackaged physical designs. Rapid development of soft/stretchable inorganic/organic electronics, wireless communication modules, biosensors, and soft encapsulating substrates underlies this ascension in recent years. As a result, we have observed advances in system level mechanics with implications for emerging biomedical devices, human-machine interface designs, e-skins, prosthetics, surgical/nonsurgical robotics, plastronics and flexible optical instruments for imaging and telecommunication. After more than two decades of academic and industry research, this new class of electronics is poised to have commercial impact. During this class, we will detail the different fabrication techniques, characterization and applications of this new kind of electronic devices.

Titres des enseignements :

- *Microbatteries*
- *Microfabrication*
- *Molecular Electronics*
- *Stretchable Electronics*

MCC : 100% ET

8. UE « Nanosciences émergentes » (S58PH4M2, S4, 2 ECTS)

Responsable 2018-2019 : Conrad BECKER (CINaM, conrad.becker@univ-amu.fr)
Heures : 18h CM
Contenu : <i>L'UE dispensera un cours spécialisé sur des thèmes scientifiques d'actualité en relation avec les nanosciences, dispensé par différents intervenants internes et externes (par exemples PR invités) à AMU. Partiellement en anglais.</i> <u>Titres des enseignements</u> : <ul style="list-style-type: none">• <i>Introduction aux différents domaines des nanosciences</i>• <i>Définition des nanosciences émergentes</i>• <i>Thèmes d'actualités émergents</i>
MCC : 100% ET

9. UE « Nanotechnologies, environnement et société » (S58PR4M3, S4, 2 ECTS)

Responsable 2018-2019 : Laurence MASSON (CINaM, laurence.masson@univ-amu.fr)
Heures : 18h CM
<p>Contenu :</p> <p><i>L'UE consiste en une série de cours donnée par des intervenant extérieurs exposant l'éta de l'art en matière d'impact économique, environnemental, sur la santé humaine des nanotechnologies ainsi que la réglementation en vigueur.</i></p> <p><i>Titres des enseignements :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Historique du développement économique et industriel des nanotechnologies</i> • <i>Stabilité, transformation des nanoobjets durant leur utilisation/cycle de vie</i> • <i>Devenir et transport des nanoparticules dans la colonne d'eau et les milieux poreux</i> • <i>Impact des nanomatériaux sur la santé humaine</i> • <i>Evaluation des risques environnementaux</i> • <i>Réglementation et nanomatériaux</i>
<p>MCC : 100%ET</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Examen terminal : 1h30 écrit</i>

10. UE « Applications avancées des Nanosciences et Nanotechnologies » (S58PH4M1, S4, 2ECTS)

Responsable 2018-2019 : Conrad BECKER (CINaM, conrad.becker@univ-amu.fr)
Heures : 9h TD en pédagogie active
<p>Contenu :</p> <p><i>L'UE consiste en la préparation par les étudiants, organisés en trinômes, d'une présentation orale autour d'une thématique scientifique illustrant une application des nanosciences qu'ils auront choisie. Chaque trinôme est suivi et accompagné par un enseignant qui apporte son aide à la conception du projet et de la présentation. Ils seront formés présentation scientifique et à la recherche bibliographique avec l'accompagnement d'un enseignant et construiront ensuite en autonomie leur projet de présentation.</i></p> <p><u>Titres des enseignements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction à la présentation scientifique • Accompagnement des étudiants • Présentations
<p>MCC : 100% ET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen terminal : Présentation en trinôme de 30 min (10 min pour chaque étudiant du trinôme).

11. UE à choix : « Nanobiosciences » / « Méthodes de simulations avancées » / « Integration and reliability » (S4, 3 ECTS)

a. « Nanobiosciences » (S58PH4P1A)

Responsable 2018-2019 : Stéphane GRIMALDI (BIP, stephane.grimaldi@univ-amu.fr)
Heures : 18h CM, 9h TD
<p>Contenu :</p> <p><i>L'objectif de cette UE est de montrer comment les concepts et les techniques des nanosciences peuvent être utilisés pour décrypter le fonctionnement de systèmes biologiques aux échelles nanoscopiques et en tirer des applications potentielles. L'accent sera plus particulièrement mis sur les mécanismes de capture et de stockage d'énergie et leurs interconversions: énergies lumineuse, chimique, mécanique, transfert d'information.</i></p> <p><u>Titres des enseignements :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • I- Introduction aux nanobiosciences • II- Analyse des grands systèmes de conversion et stockage d'énergie – Bioénergétique • III- Conversion énergie chimique – énergie mécanique • IV- Conversion énergie-transfert d'information
<p>MCC : 70% ET, 30 % CC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen terminal : examen écrit • Contrôle continu : présentation individuelle d'un article scientifique en relation avec le sujet

b. « Méthodes de simulations avancées » (S58PH4P1B)

Responsable 2018-2019 : Fabienne MICHELINI (IM2NP, fabienne.michelini@univ-amu.fr)
Heures : 9h CM, 18h TP
Contenu : <i>Cette UE sera dédiée à la programmation HPC (High Performance Computing) en langage fortran et utilisant la bibliothèque MPI : paradigmes et applications aux nanosciences et nanotechnologies. Elle fait suite aux UEs de simulations des semestres 1 et 2. Elle est programmée sur le mésocentre d'AMU (personne liée : Nicolas Ferré).</i> <u>Titres des enseignements :</u> <ul style="list-style-type: none">• <i>Paradigmes de la programmation parallèle</i>• <i>Architectures HPC</i>• <i>Applications à des problèmes de nanosciences et nanotechnologies</i>
MCC : 100% CC <ul style="list-style-type: none">• <i>Contrôle continu : TPs projets sur machine</i>

c. « Integration and reliability » (S58PH4E1A)

<p>Responsable 2018-2019 : Jean-Luc AUTRAN (IM2NP, jean-luc.autran@univ-amu.fr)</p>
<p>Heures : 18h CM, 9h TP</p>
<p>Contenu :</p> <p><i>Cette UE constitue une introduction aux problématiques d'intégration des composants en microélectronique ULSI (Ultra Large Scale Integration) et de fiabilité électrique et radiative des technologies CMOS avancées. Les aspects intégration et fiabilité seront traités via une description de la physique des composants et des phénomènes physiques qui régissent i) la réduction des dimensions des dispositifs à l'échelle déca-nanométrique et ii) leur sensibilité aux mécanismes de dégradation électrique ou induits par le rayonnement, qu'il soit naturel ou artificiel.</i></p> <p><u>Titres des enseignements</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Evolutions et règles d'intégration des composants en microélectronique ULSI</i> • <i>Fiabilité électrique des technologies CMOS avancées</i> • <i>Effets des radiations et fiabilité radiative des technologies CMOS avancées</i>
<p>MCC : 50%ET, 50%CC</p>