

**Ingénieur spécialité
Matériaux et
Nanotechnologies
(MNT)**

Juin 2010

1. Référentiel des activités professionnelles

a. Objectifs et finalité professionnelle du diplôme

Le Département MATERIAUX et NANOTECHNOLOGIES a pour objectif de former et certifier des ingénieurs avec un spectre large, capables de gérer les aspects organisationnels, économiques, financiers, humains et techniques d'un projet dans le champ d'action d'un ingénieur dans le domaine des matériaux avancés, de l'instrumentation et des nouvelles technologies (microélectronique, optoélectronique et nanotechnologies associées): recherche et développement, études et conseils techniques, tests et mesures, production et maintenance, management de programme. Leurs compétences sont adaptées aux activités dans les domaines des matériaux avancés en général et la Physique de la matière condensée (propriétés mécaniques, thermiques, électriques, ... ; semi-conducteurs, métaux et alliages spéciaux, composites, nanomatériaux, céramiques, polymères, ...), de l'Instrumentation/mesure (contrôle non destructif, électronique, acquisition des données, gestion des capteurs, etc.), des dispositifs microélectroniques (nouveaux composants, plus rapides et aux dimensions réduites, ...), des composants et des nanotechnologies en général (propriétés, méthodes de caractérisation et de réalisation de matériaux ou composants à l'échelle atomique), des composants optoélectroniques (diodes, lasers, photovoltaïques, etc.), des nouvelles technologies de l'information et de la communication (matériaux et composants dédiés aux télécommunications, composants micro-électroniques, ..) et de l'énergétique (photovoltaïques, énergies renouvelables en général, solutions rationnelles en matière d'énergie). Les diplômés exercent dans les secteurs suivants : automobile, aéronautique, industrie des matériaux, matériels électroniques et informatiques, industrie des composants microélectroniques et optoélectroniques, Instrumentation, énergies renouvelables. Enfin, des professionnels interviennent sous forme de conférences ou dans l'enseignement de modules spécialisés. Le panel de conférenciers est choisi spécifiquement pour représenter un échantillon caractéristique des différents métiers liés à la spécialisation propre au département MNT. A titre indicatif, un élève ingénieur assiste à environ 25 conférences différentes lors de son cursus dans le département MNT.

b. Filières (éventuelles)

La formation très pluridisciplinaire, se déroule sur trois ans. L'enseignement permet, en année terminale, le choix entre deux parcours Matériaux et Micro-optoélectronique pour une petite partie de l'année terminale. Le détail des enseignements propres à chacune de ces filières est reporté dans le tableau du paragraphe 3. La formation est par ailleurs complétée par l'introduction de méthodes indispensables à l'ingénieur (mathématiques pour l'ingénieur, calcul numérique, plans d'expérience, communication, droit et gestion des entreprises, management et gestion de projets ...). L'enseignement pratique a également une place importante (travaux pratiques, miniprojets, travail en salle blanche : réalisation d'un laser et d'un transistor MOS).

c. Emplois-types

La formation de l'ingénieur INSA « Matériaux et Nanotechnologies » lui permet d'être opérationnel dans l'industrie, les PME-PMI, les laboratoires de recherche et développement et les cabinets de conseil. Les postes principaux qu'il occupe sont (la liste n'est pas exhaustive) :

- i. Ingénieur d'Etude
- ii. Ingénieur de Recherche et Développement
- iii. Ingénieur production
- iv. Chef de projet – Pilote d'Etude
- v. Ingénieur qualité
- vi. Consultant en haute-technologie
- vii. Ingénieur commercial
- viii. Conseil-expertise
- ix. Chercheurs, Maîtres de Conférences et Professeurs des Universités

d. Secteurs d'activités

La formation scientifique pluridisciplinaire des ingénieurs INSA MNT leur permettent d'aborder des secteurs variés et aussi de s'adapter facilement aux domaines émergents.

- i. Industries de l'automobile, de l'aéronautique et du spatial
- ii. Microélectronique
- iii. Nanotechnologies
- iv. Industrie des composants micro-optoélectroniques.
- v. Instrumentation
- vi. Industries de mise en oeuvre des matériaux
- vii. Ingénierie : collectivités locales, centres hospitaliers, ...
- viii. Energies renouvelables
- ix. Défense
- x. Matériel médical
- xi. Matériels électroniques et informatiques
- xii. Informatique et réseaux
- xiii. Télécommunications
- xiv. Mécanique

2. Référentiel des compétences

a. Compétences scientifiques et techniques

i. Maîtriser le domaine des Matériaux

- Avoir assimilé et maîtriser les notions et concepts de base relatifs à l'étude et à la caractérisation des matériaux et en particulier :
- Avoir acquis les notions de base de la thermodynamique des matériaux, maîtriser la lecture et l'exploitation des diagrammes de phases, des diagrammes TTT et TRC.
- Avoir assimilé les notions de base sur la mécanique des matériaux.
- Maîtriser les notions phénoménologiques relatives à la diffusion dans les solides.
- Avoir acquis les notions liées aux phénomènes physico-chimiques et structurales des surfaces et interfaces.
- Maîtriser les concepts fondamentaux de la cristallographie et des techniques d'étude en diffraction des rayons X (production des RX, absorption, fluorescence, grands instruments...).
- Maîtriser les techniques expérimentales de base utilisées pour la caractérisation des matériaux : métallographie optique, essais mécaniques, radiocristallographie, traitements thermiques, travail sous atmosphère contrôlée, analyses thermiques et avoir de bonnes notions sur les techniques expérimentales plus complexes : diffractométrie X, microscopie et diffraction électroniques, ...
- Posséder de bonnes connaissances sur la durabilité des matériaux (corrosion et protection des matériaux) et des notions de base sur les contrôles non destructifs.
- Notions sur les méthodes et critères de choix des matériaux (logiciels d'aide au choix).
- Posséder de solides connaissances sur les différentes classes de matériaux : Métalliques (ferreux, cuivreux, alliages légers, réfractaires, alliages spéciaux), Céramiques, Composites et nano-composites (à matrice métallique, à matrice organique), Matériaux polymères, biomatériaux, Matériaux semi-conducteurs, Diélectriques, nanotubes de carbone.
- Savoir réaliser l'étude et la mise au point de matériaux spécifiques ou nouveaux, de structures composites adaptées, pour répondre à des caractéristiques particulières.

ii. Maîtriser les domaines de l'Instrumentation, de l'Electronique et des Mesures

- Connaître les principaux composants de l'électronique (diode, transistor bipolaire, FET, ampliop,...), les bases des circuits électroniques linéaires ainsi que les principales fonctions de l'électronique : oscillateur, amplificateur classe A, B, C, D, convertisseur, PLL, modulation d'amplitude et de fréquence, démodulation.
- Avoir assimilé les méthodes et les outils nécessaires pour appréhender et concevoir des systèmes logiques.
- Avoir acquis une bonne connaissance des méthodes classiques concernant l'étude des boucles d'asservissement : modélisation d'un processus physique, réponses indicielles et fréquentielles, analyse des performances en boucle ouverte et en boucle fermée, synthèse des correcteurs.
- Connaître l'échantillonnage numérique, la gestion des cartes de périphériques et de ses registres ainsi que l'utilisation de langages avancés pour l'acquisition de données et la gestion de capteurs.

- Savoir créer, mettre au point et automatiser des expériences de caractérisation, d'analyses des propriétés structurelles et mécaniques des matériaux, des propriétés optiques et électroniques des matériaux et microstructures.
- Savoir utiliser les outils de calcul et de simulation indispensables (langage C, MatLab, FemLab, PSpice, ...).
- Savoir concevoir, réaliser et mettre au point une chaîne de capteurs et de mesures (étalonnage, acquisition des mesures, contrôle d'une ligne d'instrumentation, gestion et traitement des signaux, ...).

iii. Maîtrise du domaine de la Microélectronique

- Maîtriser les concepts et méthodes élémentaires de la Mécanique Quantique.
- Connaître la physique de l'état solide des semiconducteurs (notions de structure de bandes, applications à différentes familles de semiconducteurs).
- Maîtriser le fonctionnement physique des dispositifs électroniques de base, des hétérostructures et des systèmes de basse dimensionnalité (structures MIS, JFET, à transfert de charges, mémoires, ...)
- Connaître les notions de base dans l'élaboration et la caractérisation des matériaux, nanomatériaux et dispositifs (avec application à l'épitaxie des semiconducteurs).
- Avoir une bonne connaissance des étapes technologiques de réalisation des composants à semiconducteurs et une expérience des procédés en salles blanches.
- Savoir concevoir, réaliser et mettre en oeuvre des dispositifs microélectroniques.

iv. Maîtrise du domaine de l'Optoélectronique

- Maîtriser l'étude de la propagation électromagnétique et de ses applications en optique, optoélectronique (interactions rayonnement-matière), électromagnétisme.
- Connaître les principes de fonctionnement et de réalisation technologique des dispositifs optoélectroniques (DEL, lasers, photodiodes, matrices CCD, ...).
- Savoir concevoir, réaliser et mettre en oeuvre des dispositifs optoélectroniques.

v. Maîtrise des notions de base du domaine de l'Energie.

- Maîtriser le fonctionnement physique et les principes de fonctionnement des dispositifs photovoltaïques.
- Connaître les notions de base dans les techniques et productions des énergies (afin d'être en mesure de proposer et d'argumenter au plan technique et économique des solutions rationnelles en matière d'énergie), notamment : électricité, gaz, nucléaire, pétrole, énergies renouvelables

b. Compétences humaines

Cf. référentiel Humas commun à toutes les spécialités

Exemples :

Avoir une bonne approche du management de la qualité, de la sécurité et de l'environnemental en entreprise.

Avoir une bonne approche de la gestion de production en entreprise, des outils associés et de leur mise en oeuvre.

3. Référentiel des savoirs

- **niveau c** : l'ingénieur a reçu une information sur le sujet et est capable de la restituer (il est capable d'en parler)
- **niveau b** : il est capable d'utiliser les différents concepts, maîtrise l'outil
- **niveau a** : il maîtrise la méthode et domine les concepts.

a. Sciences fondamentales de l'Ingénieur

Domaine	Disciplines	Niveau de maîtrise exigé		
		Niveau a : maîtrise méthodologique	Niveau b : maîtrise d'outil	Niveau c : information et expression
Mathématiques	Mathématiques – Tronc commun 3 ^{ème} année Analyse	X		
	Mathématiques – Tronc commun 3 ^{ème} année Probabilités et statistiques	X		
	Méthodes Numériques		X	
	Optimisation mathématique		X	
Culture de l'ingénieur	Gestion du risque			X
	Introduction aux systèmes industriels de production		X	
	Energétique		X	

b. Sciences de base de la spécialité

Domaine	Disciplines	Niveau de maîtrise exigé		
		Niveau a : maîtrise méthodologique	Niveau b : maîtrise d'outil	Niveau c : information et expression
Sciences Physiques	Propagation	X		
	Mécanique quantique	X		
	Electronique des matériaux	X		
Instrumentation, mesure, techniques de calcul	Eléments finis		X	
	Transmission et Traitement du signal		X	
	Instrumentation et Mesures	X		
Electronique	Circuits de l'électronique		X	
	Fonct. de l'Electronique		X	
Physique de la Matière condensée	Physique du Solide	X		
	Physique des Semiconducteurs	X		
	Propriétés électroniques et optoélectroniques des solides	X		
Science des matériaux	Thermodynamique des Matériaux	X		
	Cristallographie	X		
	Métallurgie Générale et Structurale	X		
	Diffusion dans les solides	X		

c. Sciences technologiques de la spécialité

Domaine	Disciplines	Niveau de maîtrise exigé		
		Niveau a : maîtrise méthodologique	Niveau b : maîtrise d'outil	Niveau c : information et expression
Instrumentation, mesure, techniques de calcul	Circuits Logiques			X
	Automatique			X
	Méth. de Calcul Numérique		X	
	Analyse d'images			X
	Plans d'expérience		X	
	Grands Instruments		X	
Energie	Energies renouvelables		X	
Physique de la Matière condensée	Technologie des Composants Silicium	X		
	Dispositifs électroniques et optoélectroniques.	X		
	Elaboration et Caractérisation de Nanostructures et Dispositifs	X		
	Nanotubes de carbone		X	
	réalisation de transistors MOS et de lasers à semiconducteurs		X	
Science des matériaux	Mécanique des Matériaux métalliques		X	
	Milieux continus-Propriétés physiques, mécaniques et thermiques.	X		
	Microstructures des matériaux	X		
	Matériaux céramiques : élaboration, propriétés	X		
	Biopuces et Microsystèmes - Biomatériaux		X	

Domaine	Disciplines	Niveau de maîtrise exigé		
		Niveau a : maîtrise méthodologique	Niveau b : maîtrise d'outil	Niveau c : information et expression
Sciences et techniques de la spécialité PARCOURS MATERIAUX	Matériaux Avancés	X		
	Matériaux Polymères		X	
	Métallurgie Générale – Mécanique des matériaux	X		
	Choix des matériaux			X
	Durabilité et Corrosion	X		
	Contrôle Non Destructif			X
	Techniques d'analyses structurales : cristallographie, surfaces et interfaces, textures.	X		
Sciences et techniques de la spécialité PARCOURS MICRO- OPTOELECTRONIQUE	Optique intégrée : application aux télécommunications optiques	X		
	Optique non linéaire	X		
	Propriétés Electriques des Nanostructures	X		
	Propriétés Optiques des Nanostructures	X		
	Advanced Semiconductor lasers		X	
	Applications of lasers and photonics		X	
	Conception de circuits (VLSI, VHDL)			X

4. Sciences Humaines et Sociales

Cf. référentiel Humanités commun à toutes les spécialités