



Référentiel des compétences

Diplôme d'Ingénieur Spécialité Matériaux et Nanotechnologies

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 la microélectronique et des nanotechnologies en général : 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 (propriétés mécaniques, thermiques, électriques, ... ; semi-conducteurs, métaux et alliages spéciaux, composites, nanomatériaux, céramiques, polymères, ...), des dispositifs microélectroniques (nouveaux composants, plus rapides et aux dimensions réduites, ...), des composants et des nanotechnologies (propriétés, méthodes de caractérisation et de réalisation de matériaux ou composants à l'échelle atomique). Les diplômés exercent dans les secteurs suivants : automobile, aéronautique, industrie des matériaux, matériels électroniques et informatiques, industrie des composants micro-optoélectroniques.

b. Filières en MNT

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, mini-projets, travail en salle blanche : réalisation d'un laser et d'un transistor MOS). Enfin, des professionnels interviennent sous formes de conférences ou dans l'enseignement de modules spécialisés.

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) :

- Ingénieur d'Etude
- Ingénieur de Recherche et Développement
- Ingénieur production
- Chef de projet - Pilote d'Etude
- Ingénieur qualité
- Consultant en haute-technologie

- Ingénieur commercial
- Conseil-expertise
- Chercheurs, Maître 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.

- Industries de l'automobile, de l'aéronautique et du spatial
- Microélectronique
- Nanotechnologies
- Instrumentation
- Industries de mise en œuvre des matériaux
- Ingénierie : collectivités locales, centres hospitaliers, ...
- Défense
- Matériel médical
- Matériels électroniques et informatiques
- Informatique et réseaux
- Télécommunications
- Mécanique

2. Référentiel des compétences

a. Maîtrise du domaine

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, ...).
- 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.

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.

Instrumentation, Electronique, Automatique, Logique, Mesures

- Connaître les principaux composants de l'électronique (diode, transistor bipolaire, FET, ampli-op, ...), 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.

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, ...).

b. Savoir, Concevoir

- ❑ Savoir réaliser l'étude et la mise au point de matériaux spécifiques ou nouveaux, de structures composites adaptées, pour répondre à des caractéristiques particulières.
- ❑ Savoir concevoir, réaliser et mettre en oeuvre des dispositifs microélectroniques et optoélectroniques.

- 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.
- Avoir une bonne approche de la gestion de production en entreprise, des outils associés et de leur mise en œuvre.
- 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, ...).
- Avoir une bonne approche du management de la qualité, de la sécurité et de l'environnemental en entreprise.

3. Référentiel des savoirs

Pour le niveau de maîtrise indiqué sur les tableaux suivants :

- niveau A : il maîtrise la méthode et domine les concepts
- niveau B : il est capable d'utiliser les différents concepts, maîtrise l'outil
- niveau C : l'ingénieur a reçu une information sur le sujet et est capable de la restituer (est capable d'en parler)
- Le référentiel se décompose en 4 groupes :
 - **Groupe A** : Sciences fondamentales de l'ingénieur
 - **Groupe B** : Sciences de base de la spécialité
 - **Groupe C** : Sciences technologiques de la spécialité (filière micro-optoelectronique et filière matériaux)
 - **Groupe D** : Sciences humaines

Groupe A	Disciplines	Niveau de maîtrise exigé		
		Niveau a : maîtrise méthodologique	Niveau b : maîtrise d'outil	Niveau c : information et expression
Sciences fondamentales de l'ingénieur	Méthodes mathématiques de l'ingénieur		X	
	Méthodes de calculs numériques et éléments finis		X	
	Probabilités et Statistiques		X	
	Programmation C		X	
	Systèmes informatiques et acquisition de données		X	

Groupe B	Disciplines	Niveau de maîtrise exigé		
		Niveau a : maîtrise méthodologique	Niveau b : maîtrise d'outil	Niveau c : information et expression
Sciences de Base de la spécialité	Propagation I et II	X		
	Electronique des Matériaux	X		
	Thermodynamique des matériaux	X		
	Mécanique Quantique	X		
	Circuits de l'électronique		X	
	Fonctions de l'Electronique		X	
	Métallurgie structurale, radiocristallographie, diffusion dans les solides	X		
	Propriétés électroniques et optoélectroniques des solides	X		
	Dispositifs électroniques et optoélectroniques	X		
	Traitement du signal		X	

Groupe C	Disciplines	Niveau de maîtrise exigé		
		Niveau a : maîtrise méthodologique	Niveau b : maîtrise d'outil	Niveau c : information et expression
Sciences Technologiques de la spécialité	Technologie des composants, fabrication de transistors MOS	X		
	Systèmes bouclés de régulation, circuits logiques			X
	Elaboration, caractérisation de nanostructures et dispositifs	X		
	Techniques d'analyse structurale : cristallographie, surfaces et interfaces, textures	X		
	Mécanique des matériaux		X	
	Matériaux céramiques : élaboration, propriétés	X		
	Analyse d'images			X
	Matériaux magnétiques		X	
	Plans d'expériences		X	

Groupe C	Disciplines	Niveau de maîtrise exigé		
		Niveau a : maîtrise méthodologique	Niveau b : maîtrise d'outil	Niveau c : information et expression
Sciences Technologiques de la spécialité <i>OPTION MICRO- OPTOELECTRONIQUE</i>	Nanostructures et optronique	X		
	Nanostructures et électronique	X		
	Optique intégrée : applications aux télécommunications optiques	X		
	Bio-microsystèmes		X	
	Technologie optoélectronique, fabrication de laser		X	
	Design de circuits VLSI			X
	Design de circuits VHDL			X
Sciences Technologiques de la spécialité <i>OPTION MATERIAUX</i>	Céramiques, structures		X	
	Composites et nanocomposites	X		
	Durabilité et corrosion	X		
	Métallurgie générale et mécanique	X		
	Polymères		X	
	Contrôle non destructif			X
	Choix des matériaux			X