



MASTERE GENIE DES SYSTEMES INDUSTRIELS

Coordinatrice du Mastère : Atidel B. Hadj-Alouane
Département Génie Industriel
Unité de recherche OASIS
ENIT : BP 37, Le Belvédère, 1002-Tunis
atidel.hadj@enit.rnu.tn

1. Le Génie Industriel

A l'interface entre les sciences de l'ingénieur, les sciences économiques et les sciences humaines et sociales, le Génie Industriel apporte une vision globale sur l'activité de l'ingénieur dans l'entreprise. Cette spécialité rencontre un franc succès partout dans le monde notamment parce qu'elle :

- forme à l'ingénierie aussi bien technologique qu'organisationnelle. En effet, cette position charnière permet une approche systémique des problèmes mais aussi une gestion plus rationnelle des ressources dans l'entreprise.
- répond à des besoins qui coïncident avec des exigences - toujours actuelles - des entreprises économiques: maîtrise des coûts, qualité, productivité, innovation.
- est polyvalente et multi-sectorielle

Cet espace de compétence occupé par l'Ingénieur Génie Industriel formé à l'ENIT a contribué, durant plus de 25 ans, à installer des fonctions jadis inexistantes ou marginalisées telles que la gestion scientifique de la production, l'installation et la gestion des Systèmes Assurance Qualité, la conception et la gestion performante des systèmes complexes liés à la logistique, la maintenance, l'énergie, l'information...etc.

2. Les objectifs et les débouchés de la formation

L'importance grandissante des fonctions managériales des systèmes de production conjuguée à la nécessité de maîtriser l'innovation dans le domaine des technologies avancées, fait que l'approfondissement de la formation en Génie Industriel s'impose aussi bien aux industriels qu'aux formateurs.

Cette formation doctorale se positionne à une double interface exigée par la nature interdisciplinaire du domaine. Il est indéniable que l'analyse des systèmes technologiques ou intégrés, quels qu'ils soient et à quelque échelle que ce soit, procède souvent de la même méthodologie. L'optimisation de leur performance mobilise quasiment les mêmes outils. L'approfondissement des connaissances liées à ces



méthodologies et outils permet d'appréhender, dans ce cas, la diversité mais aussi la complexité de tels systèmes souvent globaux et difficiles à décomposer.

Ce mastère offre les quatre options suivantes:

- Gestion des Systèmes de Production (GSP)
- Systèmes & Procédés Semi-conducteurs (SPS)
- Systèmes Energétiques (SE)
- Procédés en Polymères et Composites (PPC)

L'existence d'options permet l'approfondissement de domaines spécifiques à des applications génériques sans pour autant enfermer le candidat dans une spécialité définitive. Plus tard, l'engagement dans un travail de thèse déterminera, quant à lui, le domaine d'expertise du chercheur.

Ainsi cette formation permet à l'étudiant d'acquérir un savoir-faire de haut niveau dans un domaine pluridisciplinaire et lui ouvre un large spectre de débouchés vers :

- des postes d'enseignement et de recherche dans le domaine spécifié par l'option choisie (dans les universités ou les institutions de recherche).
- des postes de responsabilités intégrant une compétence à la fois scientifique, technique et managériale dans les divers secteurs économiques (systèmes de production de bien ou de services).

3. Organisation des études

La formation du Mastère s'étale sur trois semestres, le premier étant consacré à des cours et séminaires de recherche et les deux autres à la formation pédagogique et à l'initiation à la recherche. La formation du premier semestre comporte deux groupes d'enseignements organisés en un tronc commun (45 %) et en option (55%).

Le tronc commun

Le tronc commun comporte 3 modules obligatoires totalisant (90h), et choisis parmi 6, tous identifiés parmi les modules enseignés en formation initiale et axés principalement sur les concepts, outils et méthodes fondamentales nécessaires pour aborder les enseignements de l'option. Des séminaires de recherche seront organisés le long de l'année afin de couvrir des thématiques d'ouverture.

	Intitulé des cours	Volume horaire (h)
	<i>Un module parmi :</i>	
TC1-1	Optimisation	30
TC1-2	Simulation des Systèmes industriels	30
	<i>Un module parmi :</i>	
TC2-1	Systèmes de Conversion de l'Energie Solaire	30
TC2-2	Simulation des Systèmes Energétiques	30
	<i>Un module parmi :</i>	
TC3-1	Polymères	30
TC3-2	Semi-conducteurs et Supraconducteurs	30



Les options

Elles sont au nombre de quatre, couvrant les diverses thématiques traitées au département GI. Les modules supplémentaires spécifiques fixés pour chaque option du mastère sont présentés ci-dessous.

Option Gestion des Systèmes de Production

Heures

GSP1	Théorie des systèmes et contrôle	25
GSP2	Logistique intégrée	40
GSP3	Management par la valeur	25
GSP4	Théorie de la décision	25
Total		115

Option Systèmes et Procédés à Semi-conducteurs

Heures

SPS1	Procédés de croissance	35
SPS2	Procédés d'intégration électronique et optoélectronique	45
SPS3	Capteurs et instrumentation	35
Total		115

Option Systèmes Energétiques

Heures

SE1	Transferts thermiques	35
SE2	Energétique des bâtiments	35
SE3	Optimisation technico-économique des systèmes industriels	30
SE4	Méthodes numériques	15
Total		115

Option Procédés en Polymère et Composites

Heures

PPC1	Synthèse macromoléculaire	35
PPC2	Structures et propriétés des polymères	35
SPS3	Plasturgie et matériaux composites	45
Total		115



4. Le stage de recherche

Le stage de recherche est réalisé, selon les textes en vigueur, après la réussite des examens du premier semestre. Il s'étale sur deux semestres. Il relève d'un travail scientifique d'initiation à la recherche et d'approfondissement d'une problématique liée au Génie des Systèmes Industriels. Un intérêt particulier est donné à l'approche appliquée aussi bien au niveau du Système que du Procédé. De même qu'un lien avec l'environnement et en particulier le secteur productif sera privilégié.

La commission de Mastère, formée des enseignants intervenant dans la formation, examine chaque année, au moment opportun, les propositions de sujets de Mastère et autorise les stages. Le stage de Mastère est réalisé au sein d'un groupe de recherche ou dans un organisme économique sous la supervision d'un enseignant habilité par ladite commission.

Un mémoire de mastère, portant sur les travaux de recherche effectués, doit être rédigé par l'étudiant, validé par l'encadreur et déposé au service scolarité au moins un mois avant la date prévue de soutenance (généralement entre mi-avril et mi-juin) . Un rapport d'évaluation et une autorisation de soutenance, de la part de l'encadreur, doivent accompagner le dépôt du mémoire. La commission examine tout le dossier, fixe le jury et la date de soutenance du mémoire.

5. La formation pédagogique

La formation pédagogique concerne les candidats qui sont déjà affectés à des stages de recherche. Cette formation est assurée sous la forme d'un module de 30 h libellé « Module Pédagogique » comprenant les éléments suivants :

- 1) la préparation d'un cours
- 2) la préparation des évaluations
- 3) l'enseignement par multimédias
- 4) une recherche bibliographique.

Ces travaux feront l'objet d'un examen qui sera évalué par l'enseignant du module pédagogique et l'encadreur du mémoire de recherche, et d'un rapport écrit individuel qui sera exposé. Il est souhaitable que le module pédagogique se rapporte au sujet de recherche du candidat. Ce module est enrichi par des conférences données par des pédagogues confirmés.

6. Les laboratoires d'accueil

Les structures accueillant les stages de recherche du mastère GSI sont nombreuses. Certaines sont affiliées à l'ENIT, et d'autres sont des laboratoires étrangers ayant des liens de collaboration avec l'ENIT ou l'université tunisienne (à travers des conventions, des projets francophones, ...)



Ecole Doctorale Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Structures de l' ENIT

Unités de Recherche :

- 1 LPMS : Photovoltaïque & Matériaux Semi-conducteurs
- 2 EBSS : Energétique des Bâtiments et Systèmes Solaires
- 3 URSAM : Synthèse et Analyse des Matériaux
- 4 OASIS : Optimisation et Analyse des Systèmes Industriels et de Service
- 5 MaVOI : Management par la Valeur et Open Innovation

Laboratoires associés

- 1 LAG : Laboratoire d'Automatique de Grenoble
- 2 GILCO : Gestion Industrielle, Logistique et Conception, INP Grenoble
- 3 CENTOR : CENTre de recherche sur les Technologies de l'Organisation Réseau, Université Laval)
- 4 POLYGISTIQUE : Groupe de recherche en ingénierie de la logistique, Ecole Polytechnique de Montréal)
- 5 IOM : Information Organisation Management, Chaire de gestion générale et industrielle, Business School de la Technische Universität München (TUM), Allemagne,
- 6 CERTES, Université Paris 12
- 7 UNIMECA : Centre Interuniversitaire de mécanique et de technologie Marseille
- 8 LSIS : Laboratoire Science de l'Information et des Systèmes, Faculté des Sciences et Techniques de Marseille.

7. Le contrôle des connaissances

Le système d'évaluation et les conditions d'obtention du diplôme de Mastère sont régis par les textes en vigueur.

8. Critères de sélection des candidats

Les candidats détenteurs d'un Diplôme National d'Ingénieur (ou diplôme équivalent) ou d'une Maîtrise, dont le profil est jugé compatible par la commission du Mastère, ainsi que les élèves inscrits en 3^{ème} Année à l'ENIT, sont admissibles s'ils vérifient les conditions suivantes :

1. Pas de redoublement
2. Pas de passage en session de contrôle ou rattrapage
3. La moyenne de la dernière année est supérieure ou égale à 12 pour les ingénieurs et élèves de l'ENIT, et supérieure ou égale à 13 pour les candidats diplômés d'autres institutions (ingénieurs et titulaires de Maîtrise).

Les candidats admissibles sont classés selon la moyenne de leur dernière année. Ce classement est appliqué séparément à des groupes homogènes (ou catégories) représentant chacun une spécialité ou une institution (élèves en 3AGI, élèves en 3^{ème}



Ecole Doctorale Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Année ENIT, diplômés du GI, diplômés de l'ENIT, ingénieurs diplômés d'autres institutions et titulaires de Maîtrise).

L'admission est par la suite proposée en tenant compte de ce classement tout en s'assurant du niveau scientifique du candidat, des capacités d'accueil du Mastère ainsi que des quotas fixés par la commission pour les différentes catégories de candidats. Une liste complémentaire est éventuellement dressée.

Les candidats sélectionnés sont affectés aux options du Mastère (GSP, SPS, SE, ou PPC) selon leurs spécialités d'origine, leurs ordres de préférence, leur classement et la capacité d'accueil de chaque option. En cas de désistement de candidats, les effectifs des options seront complétés en ayant recours à la liste complémentaire.

9. Commission scientifique

Atidel B. Hadj-Alouane, MC	Responsable du Mastère GSI
Hanen Bouchriha, MA	Responsable de l'option GSP
Hassen Bouzouita, Professeur	Responsable de l'option SPS
Nadia Ghrab, Professeur	Responsable de l'option SE
Mohamed Baklouti, Professeur	Responsable de l'option PPC
Bahia Bejar, MC	GSP
Najoua Dridi, MA	GSP
Aïda Jebali, MA	GSP
Farah Zeghal, MA	GSP
Mohamed Abaab, Professeur	SPS
Ahmed S. Bouazzi, Professeur	SPS
Bahri Rezig, Professeur	SPS
Mounir Kanzari, MC	SPS
Chiheb Bouden, MC	SE
Karim Bourouni, MA	SE
Leïla Gharbi, MA	SE
Ridha Ben Cheikh, Professeur	PPC
Refaat Chaabouni, Professeur	PPC



10. Programmes des cours

Tronc Commun

Module : Optimisation

Code : TC1-1

Volume horaire : 30h

Coefficient : 2

Modélisation : Structuration des situations opérationnelles - Problèmes de formulation

Techniques d'optimisation : Introduction à l'optimisation - convexité - optimisation non linéaire continue - Programmation linéaire - Programmation dynamiques- graphes et réseaux.

Approches heuristiques : Algorithmes génétiques - Recuit simulé - Recherche tabou.

Module : Simulation des Systèmes Industriels

Code : TC1-2

Volume horaire : 30h

Coefficient : 2

Conception d'un modèle - calibrage - validation- Conduite d'un projet de simulation - Système continu et systèmes à événements discrets.

Module : Simulation des Systèmes Energétiques

Code : TC2-1

Volume horaire : 30h

Coefficient : 2

Techniques de modélisation des systèmes énergétiques complexes. Résolution de l'équation de la chaleur.

Simulation: Simulation en régime permanent des systèmes complexes - Comportement en régime dynamique des systèmes thermiques - Optimisation des systèmes de contrôle.

Etude de cas: Etude d'un système industriel.

Module : Systèmes de conversion de l'énergie solaires

Code : TC2-2

Volume horaire : 30h

Coefficient : 2

Le rayonnement solaire - Physique de la conversion thermique de l'énergie solaire- Les systèmes actifs à basses températures- Les systèmes passifs- Modélisation des systèmes solaires thermiques- Optimisation des systèmes par simulation.

Module : Polymères

Code : TC3-1

Volume horaire : 30h

Coefficient : 2

Classification - structures - synthèses - propriétés thermomécaniques - méthodes de mise en œuvre

Module : Semi-conducteurs et supraconducteurs

Code : TC3-2

Volume horaire : 30h

Coefficient : 2

Théorie des bandes - courant électrique dans un semi-conducteur - la jonction p-n - élaboration des semi-conducteurs.

Définition des supraconducteurs - semi-conducteurs de première espèce et de seconde espèce - paire de Cooper - courant électrique dans un supraconducteur - supraconducteurs à haute température - application des supraconducteurs.



OPTION Gestion des Systèmes de Production

Module: Théorie des Systèmes et contrôle

Code : GSP1

Volume horaire: 25h

Coefficient : 1,5

Applications générales de la théorie des systèmes - Aperçu historique - Définitions des concepts systémiques et terminologies. Classification des systèmes par types. Systèmes complexes. Rôle de l'ordinateur en systémique. Equations de bases. Etudes de cas.

Introduction au contrôle des procédés - comportements transitoires - contrôle par feed-back - réponses fréquentielles - techniques avancées - contrôle digital - software professionnel pour le contrôle des procédés.

Module : Logistiques Intégrée

Code : GSP2

Volume horaire : 40h

Coefficient : 2,5

Introduction à la logistique intégrée - Entreprises de classe mondiale - Nature des coûts pertinents et service à la clientèle - Conception de réseaux logistiques intégrés - Apport des technologies de l'information (TI) - Le choix de moyens de transport - L'optimisation de la structure du réseau logistique - Modèles de transport : problèmes de tournées de véhicules.

Module : Management par la valeur (MV)

Code : GSP3

Volume horaire : 25h

Coefficient : 1,5

Définition et concepts. - Le MV et la stratégie d'innovation - L'Analyse de la Valeur (AV), démarche et outils. - L'Analyse Fonctionnelle (AF) : outils et méthodes. Le cahier des charges fonctionnel (CdCf), la chaîne de valeur : meilleur équilibre entre performances attendues et ressources allouées. La conception d'un produit ou service à coût objectif (CCO). - Manager un projet par une démarche MV.- Le management par la valeur et l'approche open-innovation (Recherche empirique : méthodologie et résultats).

Module : Théorie de la décision

Code : GSP4

Volume horaire : 25h

Coefficient : 1,5

Théorie de la décision statistique : Notions de base, univers incertain, univers risqué, critères de décision, valeur espérée de l'information parfaite et de l'information imparfaite. Arbre de décision, analyse post-optimale, règle de décision bayésienne. Discrétisation d'une loi de probabilité continue. Théorie de l'utilité : notion de préférence, attitude vis-à-vis du risque, détermination d'une courbe d'utilité, axiomes de Von Neumann-Morgenstern .

Processus de décision markovien : Notions de base et exemples, revenu total actualisé.

Politique -optimale : résultat fondamentaux. Algorithme d'amélioration de la politique.

Algorithme des approximations successives. Réduction à un problème linéaire.



OPTION Systèmes & Procédés à Semi-conducteurs

Module : Procédés de Croissance

Code : SPS1

Volume horaire : 35h

Coefficient : 2

Croissance et épitaxie - défauts cristallins - cristaux massiques - épitaxie en phase vapeur - épitaxie en phase liquide - pulvérisation cathodiques réactive - nouvelles techniques de croissance.

Module : Procédés d'intégration électronique et optoélectronique

Code : SPS2

Volume horaire : 45h

Coefficient : 3

Systèmes d'intégration - caractérisation des matériaux pour circuits intégrés - procédés d'oxydation du silicium - diffusion des impuretés - techniques de dopage - photolithographie - contact et encapsulation - composants bipolaires et composants MOS.

Modulateurs électro optique et optoélectronique - Modulation dans un puits quantique - Intégration lasers -transistors - Intégration photo détecteurs - transistors - Systèmes de stockage optique - Systèmes photoniques - Systèmes multicouches et ingénierie de l'indice.

Module : Capteurs et Instrumentation

Code : SPS3

Volume horaire : 35h

Coefficient : 2

Classification des capteurs - Capteurs optiques à semi-conducteurs - Capteurs de rayonnement nucléaire - Capteurs à gaz - Capteurs piézo-électriques - Capteurs à fibres optiques. capteurs intelligents - réseaux de capteurs...

Normes et standards de mesures - Acquisition informatique du signal - Instrumentation virtuelle - Plan d'expériences - Traitement statistique et graphique de la mesure - Classification des transducteurs.



OPTION Systèmes Energétiques

Module : Transferts Thermiques

Code : SE1

Volume horaire : 35h

Coefficient : 2

Conduction : Equation générale de la chaleur - conduction bi-dimensionnelle en régime permanent - conduction en régime dynamique - méthodes numériques

Convection : Equations de bilan -équations de transfert - Changements de phase - Transfert de vapeur et condensation.

Rayonnement : Lois fondamentales - Echanges radiatifs dans les milieux semi-transparents - Propriétés radiatives des matériaux opaques.

Module : Energétique des Bâtiments

Code : SE2

Volume horaire : 35h

Coefficient : 2

Modélisation thermique des éléments du bâtiment - Bilan Thermique instantané du système bâtiment - Bilan thermique moyen - Confort thermique - Installations techniques - Optimisation énergétique du bâtiment.

Module : Optimisation Technico-économique des Systèmes Industriels

Code : SE3

Volume horaire : 30h

Coefficient : 2

Adéquation entre source d'énergie et besoin énergétique d'un processus industriel. Outils pour l'analyse économique d'un projet industriel. Optimisation de l'exploitation des systèmes en fonctionnement. Optimisation des systèmes au stade de développement d'un projet. Choix des investissements en avenir incertain.

Module : Méthodes Numériques

Code : SE4

Volume horaire : 15h

Coefficient : 1

Techniques numériques appliquées aux transferts de chaleur et de masse : Formulation des problèmes de transferts de chaleur et de masse. Limites des méthodes analytiques de résolution. Méthodes de discrétisation. Méthodes des fonctions de transfert pour la conduction. Résolution numérique des équations de transport. Calcul du champ de vitesse.



OPTION Procédés en Polymères et Composites

Module : Synthèse macromoléculaire

Code : PPC1

Volume horaire : 35h

Coefficient : 2

Caractères généraux - Polymérisation radicalaire - Polymérisation ionique et par coordination - Poly-condensation - Applications.

Module : Structure et Propriétés des polymères

Code : PPC2

Volume horaire : 35h

Coefficient : 2

Structure - enchaînement - cohésion - configuration - conformation - morphologie - cristallinité - masses moléculaires moyennes - méthodes d'analyse (RMN, IR - fractionnement - chromatographie d'exclusion stérique - tonométrie).

Module : Plasturgie-Rhéologie et Matériaux Composites

Code : PPC3

Volume horaire : 45h

Coefficient : 3

Rhéologie : Viscosité des solutions - viscosité linéaire des polymères - comportement rhéologique et structure microscopique - élasticité instantanée et retardée - modèle théorique et moléculaire - principe de superposition temps-température - théorie de l'écoulement des liquides - cas des polymères liquides - cas des solutions macromoléculaires - principe et description des rhéomètres

Procédés de mise en œuvre : Etude de l'extrusion - moulage - calandrage - thermoformage - revêtement des polymères - usinage et soudage des polymères.

Matrices dans les composites : Résines thermoplastiques, thermodurcissables et thermostables - céramiques .Les fibres renforts pour les composites : charges et additifs - fibres et tissus (verres, aramides, kevlar, métalliques)

Propriétés mécaniques : Contraintes de déformation - comportement élastique de composites unidirectionnels, orthotropes et multi-directionnels - mécanique de rupture et endommagement.

Mise en œuvre et architecture des matériaux composites : Moulage - pré-imprégné - compounds - stratifiés - sandwichs - Application et critères de choix des composites.