



Mastère

Modélisation en Hydraulique et Environnement (MHE)

Université Tunis El Manar

Etablissement : ENIT

BP.37 -1002 Tunis le Belvédère

Tel : 71 874 700 – Fax : 71 872 729,

<http://www.enit.rnu.tn>

Ecole Doctorale Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Tél : (+216) 71 874 700 (Postes 452 & 572)

ecole.doctorale@enit.rnu.tn

<http://www.edsti.enit.rnu.tn/>

Coordinatrice du Mastère :

Hédia Chakroun

Département Génie Civil

Laboratoire de Modélisation en Hydraulique et Environnement (LMHE)

ENIT : BP.37 -1002 Tunis le Belvédère

Tél : 71 874 700 (poste 490) – Fax 71 872 729

hedia.chakroun@enit.rnu.tn

1. Le Mastère de Modélisation en Hydraulique et Environnement

La formation doctorale pilotée par le Laboratoire de Modélisation en Hydraulique et Environnement (LMHE) et dont à la base se trouve le Mastère de Modélisation en Hydraulique et Environnement (MHE), contribue depuis sa création en 1991 à la formation par la recherche des enseignants chercheurs et au renforcement du potentiel scientifique et technique des institutions publiques et privées dans le domaine de l'eau et de l'environnement. Le Mastère de Modélisation en Hydraulique et Environnement s'adresse :

- Aux ingénieurs diplômés du Génie Civil et Rural
- Aux ingénieurs du Génie Energétique, de l'Environnement et des Procédés, de Géologie

- Aux titulaires d'une maîtrise en Sciences physiques, Mathématiques ou équivalents qui désirent se former à la recherche scientifique dans les thématiques de l'eau et de l'environnement.

L'objectif du mastère est d'initier et de former les étudiants - chercheurs aux méthodes d'identification, d'analyse, de prévision et de contrôle, essentiellement par modélisation mathématique, des problèmes liés au cycle hydrologique et ses flux associés, à la gestion de la pollution hydrique ainsi qu'aux systèmes hydrauliques.

Cette formation s'inscrit dans le cadre du renforcement des capacités du secteur de l'eau. Cela concerne un large spectre de thématiques : modélisation hydrologique des hydro-systèmes en rapport avec les problèmes du cycle hydrologique, amélioration des connaissances des écoulements complexes appliqués aux problèmes rencontrés en environnement, prédétermination des systèmes fluides industriels de transfert et de transformation. Tout en s'inscrivant dans les disciplines des Sciences Pour l'Ingénieur, ces thématiques restent suffisamment générales au plan académique pour intéresser également les étudiants ayant suivi une formation générale de maîtrise en physique, mécanique ou dans des disciplines des Sciences de l'Univers. De ce fait, le mastère de Modélisation en Hydraulique et Environnement oriente vers des thèses dans tous les domaines de l'hydraulique, des sciences hydrologiques et de la mécanique des fluides et de ses applications.

Le Mastère de Modélisation en Hydraulique et Environnement comporte deux options :

- Fluides, Procédés et Environnement (FPE)
- Transferts d'eau et flux associés en Bassins Versants (TBV)

2- Présentations des options du Mastère MHE

2a. Option Fluides, Procédés et Environnement

L'option Fluides, Procédés et Environnement (FPE) est une formation qui couvre les aspects fondamentaux et de modélisation en mécanique des fluides en visant les applications aux systèmes industriels et environnementaux. Elle s'appuie sur une approche transdisciplinaire associant les méthodes de l'hydrodynamique et du génie des procédés et vise deux objectifs généraux de formation :

- La maîtrise des outils de modélisation des systèmes de fluides de l'environnement
- L'étude des processus de transfert dans les systèmes de fluides en visant les applications aux systèmes utilisés en génie des procédés et en traitement de l'eau

La formation comporte des activités de modélisation de simulation d'écoulements de fluides et de manipulation des codes numériques. L'accès à l'option Fluides, Procédés et Environnement (FPE) du Mastère de MHE nécessite une formation initiale de niveau suffisant en physique et en mathématiques et un niveau minimal en mécanique des fluides et en analyse numérique.

2b. Option : Transferts d'eau et flux associés en Bassins Versants (TBV)

L'option Transferts d'eau et flux associés en Bassins Versants (TBV) correspond à une formation en relation avec les problèmes liés au cycle hydrologique et ses flux associés et à la pollution hydrique en bassin versant. L'ensemble des problématiques de ressources en eau et d'environnement nécessite la mise en œuvre de méthodologies où la conceptualisation des phénomènes, leur modélisation et simulation appuyées par l'observation et l'expérimentation représentent des étapes-clés vers la conception et la mise en œuvre de réponses adéquates. Cela concerne deux classes de problèmes généraux :

- Celles relatives à la connaissance des systèmes hydrologiques, tous particuliers et différents dans leur fonctionnement et leurs connexions avec leur environnement ainsi que dans les efforts et les moyens consentis ou à déployer pour les investiguer à travers les réseaux de mesure
- Celles qui concernent la compréhension et la quantification des processus et des phénomènes qui ont lieu dans les systèmes et qui, sans cesse, se présentent avec des degrés croissants de complexité et d'interdépendances.

L'option Transferts d'eau et flux associés en Bassins Versants (TBV) offre aux étudiants les outils qui leur permettent de résoudre les problèmes posés. Cela couvre les méthodes statistiques, géostatistiques, mathématiques et numériques qui représentent des outils et des champs de recherche dont la maîtrise s'avère essentielle pour la modélisation des systèmes hydriques.

3- Organisation générale du Mastère

3.a Corps professoral

La formation est principalement assurée par les enseignants permanents du Laboratoire de Modélisation en Hydraulique et Environnement. Elle s'appuie également sur des enseignants étrangers associés à cette formation dans le cadre du réseau scientifique du LMHE et qui contribuent dans les modules de la formation principale. La formation s'appuie aussi sur des enseignants tunisiens issus d'autres équipes de recherche et qui interviennent notamment dans les ateliers, conférences et séminaires de la formation pédagogique.

3.b Laboratoires d'accueil

La formation du Mastère en MHE organisée par le LMHE bénéficie d'un appui très important dans le cadre des programmes nationaux et internationaux de recherche du laboratoire de MHE. Plus particulièrement, le Mastère de MHE est soutenu par un ensemble d'équipes et de laboratoires d'accueil du réseau scientifique international du LMHE. Au niveau national, les laboratoires d'accueil sont principalement l'IRD, l'INRS, et le CITET. Au niveau international, le réseau scientifique du LMHE comporte essentiellement l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT), l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSAT), l'École Nationale Supérieure des mines de Paris, l'IWS de Stuttgart, l'INRS-ETE du Québec, l'université de Coimbra et l'Institut supérieur Technologique de Lisbonne

(Portugal), le CHYN de l'Université Neuchatel. Ces laboratoires soutiennent le mastère de MHE en enseignement, en encadrement et en accueillant des étudiants en stages.

3.c Organisation des cours

Dans chaque option, les enseignements qui se déroulent durant le premier semestre sont organisés en unités d'enseignement (UE) dont chacune est composée d'un ou de de 2 modules. Dans chaque option, il y a 4 UE fondamentales, suivies en tronc commun et 2 UE optionnels. Les modules de composent de cours intégrés et d'ateliers (informatique, de laboratoire, de terrain ou de travaux personnels ou dirigés). Ces enseignements privilégient les phénomènes et les approches de modélisation. Ils ont pour but de donner aux étudiants les bases conceptuelles et méthodologiques pour aborder les problématiques de la recherche et les techniques modernes de modélisation et de simulation.

3.d Contrôle des connaissances

Les contrôles et examens se déroulent à la fin de chaque session de cours. Les coefficients de chaque UE sont équivalents au nombre de crédits de l'UE (voir plan d'étude). La moyenne par module est calculée en tenant compte de la note attribuée aux autres activités (atelier, laboratoire, présentations, sorties...). Les étudiants admis sont alors appelés à réaliser un mémoire de recherche durant le second semestre du Mastère.

4. Programmes des enseignements

4.a- Unités d'enseignement fondamentales (communes)

UE01 : Mécanique des Fluides Environnementale

Objectifs : Notions théoriques de base nécessaires à l'étude des phénomènes associés à l'hydrodynamique et aux transferts dans les fluides environnementaux. Ce cours traite des phénomènes qui contrôlent l'hydrodynamique et les transferts dans les systèmes aquatiques continentaux et littoraux en vue de leur modélisation.

Programme : Equations de base des géofluides et approximations, ondes dans les fluides géophysiques, hydrodynamique et transferts dans les hydrosystèmes de surface, les principaux forçages externes, écoulements secondaires et transferts verticaux, équations des modèles locaux de transport, modèles hydrodynamiques intégrés 2D & 1D, modélisation de la dispersion des polluants en zones côtières, aspects hydrobiologiques des hydrosystèmes

UE02 : Ecoulements Turbulents Mono & Multiphasiques

Objectif : L'objectif du cours est d'introduire les principales méthodes de simulation numérique et de modélisation de la turbulence. Il traite ensuite les écoulements diphasiques, bilans de masse et quantité de mouvement, modèles à deux fluides et problème de fermeture.

Programme : Physique des écoulements turbulents et mécanismes fondamentaux, modélisation et simulation numérique des écoulements turbulents, fermeture en un point de la turbulence, classification des modèles de turbulence

UE03 : Méthodes Numériques

Objectif : Ce cours vise à donner les outils de base nécessaires à la modélisation mathématique et numérique des problèmes des écoulements et des transferts.

Programme : Rappels sur les méthodes numériques, le modèle mathématique des phénomènes de transfert en dynamique des Fluides, les niveaux d'approximation en dynamique des fluides et leur classification, les schémas numériques de base en mécanique des fluides, les techniques de discrétisation de base, résolution des équations de Navier Stokes.

UE04 : Hydrogéologie & Transferts en Milieu Poreux

Objectifs : Description physique et modélisation mathématique des phénomènes de transferts en milieux poreux. Etudes de cas typiques de diffusion, convection, dispersion en écoulements mono et polyphasiques.

Programme : Rappels sur les équilibres thermodynamiques entre phases et les phénomènes interfaciaux, écoulements polyphasiques non miscibles, écoulements polyphasiques miscibles, transferts réactifs en milieu poreux, transferts de chaleur, transferts de chaleur avec changement de phase.

4.b- Option : Transferts d'eau et flux associés en Bassins Versants (TBV)

UE05 Option TBV : Cette UE comprend 2 modules

Hydrochimie

Objectifs : Décrire et quantifier expérimentalement et analytiquement la composition chimique des eaux.

Programme : chimie minérale, chimie organique et cycles géochimiques, géochimie

Codes en Hydrologie & Hydrogéologie & Propagation des Crues

Objectifs : Donner une initiation en analyse et description des processus hydrologiques (quantité, qualité) spatio-temporels multivariés

Programme : Notion de dépendance en processus multivariés, régression linéaire simple et multiple, Analyse en Composantes Principales, processus temporels multivariés, analyse spectrale, introduction à la géostatistique.

UE06 Option TBV : Cette UE comprend 2 modules

Transformation Pluies-débits et Echanges en Biosphère/Atmosphère

Objectifs : Formulation de la transformation pluie-débit à différentes échelles spatio-temporelles et méthodes d'identification.

Programme : Bilan hydrologique en bassin versant, transferts d'échelle en zone non saturée, paramétrisation de la zone non saturée à l'échelle du bassin versant, modèles de convolution, modèles conceptuels à réservoirs, notion d'aire élémentaire représentative et de réponse hydrologique unitaire, modèles conceptuels discrétisés, calage des modèles, analyse des incertitudes

Analyse Multicritères et Systèmes Décisionnels en GIRE

Objectifs : Bien poser et solutionner des situations de décision faisant intervenir un ou plusieurs critères et objectifs dans la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).

Programme : Introduction à la théorie de décision en GIRE, Principes de base des analyses multicritères et applications en GIRE, Approches d'analyses multicritères par agrégations totales, Approches d'analyses multicritères par agrégations partielles, Systèmes spatiaux d'aide à la décision en GIRE.

4.c- Option : Fluides, Procédés et Environnement (FPE)

UE05 Option FPE : Cette UE comprend 2 modules

Circuits Hydrauliques

Objectifs : Ce cours a pour objectif d'introduire l'approche intégrale de l'hydraulique classique. Maîtriser les outils de base pour aborder des recherches dans le domaine de l'hydraulique industrielle.

Programme : Equations de base de l'hydraulique, modélisation des écoulements transitoires, écoulement en charge dans les conduites et dans les systèmes hydrauliques, écoulements dans les turbomachines, modélisation des écoulements internes, la cavitation, autres problèmes relatifs aux écoulements dans les turbomachines : instabilités, coup de bélier, etc.

Turbomachines Hydrauliques

Objectifs : modélisation de l'écoulement internes aux turbomachines hydrauliques.

Programme : Equations régissant l'écoulement interne à une pompe ou turbine hydraulique. Méthodes de résolution. Modélisation et prédiction de la cavitation.

UE06 Option FPE : Cette UE comprend 2 modules

Codes en MDF

Objectifs : Le cours a pour objectif une initiation à la simulation numérique d'écoulements turbulents à géométries complexe au sein desquels peuvent se produire des transferts thermiques et de matière.

Programme : Retour sur les modèles de turbulence et leur implantation dans les codes CFD - initiation par simulation d'une situation d'un écoulement en charge laminaire puis turbulent - Analyse du comportement dynamique de certains écoulements industriels - Initiation à la simulation des systèmes à fluides multiphasiques.

Procédés de L'eau

Objectifs : Le cours concerne l'étude des principaux procédés de traitement et d'épuration des eaux.

Programme : les réacteurs en traitement d'eau, modélisation des cinétiques chimiques, croissance biologique et biodégradation de la matière organique, traitement biologique des effluents, la désinfection des eaux, bioréacteurs à membrane, simulation des procédés biologiques d'épuration.

PLAN D'ETUDES MASTERE M2: MODELISATION EN HYDRAULIQUE ET ENVIRONNEMENT

				Volume Horaire					Evaluation			
	Régime	Unité d'enseignement	Modules	Cours	TD	TP	T Perso	Total (h)	Crédits	Coeff. UE	Cont. cont	Examen
UE01	F	Mécanique des fluides I	Mécanique des fluides environnementale	45				45	4	4	X	X
UE02	F	Mécanique des fluides II	Ecoulements turbulents mono et multiphasiques	45	15			60	4			
							15	15	1	5	X	X
UE03		Méthodes numériques	Méthodes numériques	30	15			45	4			
	F						15	15	1	5	X	X
UE04		Hydrogéologie	Hydrogéologie & transferts en milieux poreux	30				30	3			
	F						15	15	1	4	X	X
UE05	OP/TBV	Option TBV*	Hydrochimie	15	15			30	3			
			Codes en hydrologie & hydrogéologie et propagation de crues	15	15			30	2			
							15	15	1	6	X	X
UE06	OP/TBV	Option TBV	Transformation pluie-débits et échanges en bios./atmos.	15	15			30	3			
			Analyses Multicritères et Systèmes Décisionnels en GIRE	15	15			30	3	6	X	X
			TOTAL OPTION TBV	210	90	0	60	360	30			
UE05	OP/FPE	Option FPE*	Circuits hydrauliques	15	15			30	3			
			Turbomachines hydrauliques	15				15	2			
						15		15	1	6	X	X
UE06	OP/FPE	Option FPE	Codes en MDF	15	15			30	2			
							15	15	1			
			Procédés de l'eau	15	15			30	3	6	X	X
			TOTAL OPTION FPE	210	75	15	60	360	30			

* En plus des UE fondamentales (F), le candidat doit choisir entre l'option TBV (Transfert en Bassins Versants) et l'option FPE (Fluides et Procédés de l'Environnement)