



MASTER RECHERCHE M2 SPECIALITE : Environnement naval

Arts et métiers ParisTech / Ecole navale

Mention: FISE (Fluides et Systèmes Energétiques)
Master Sciences et Technologies des Arts et Métiers Paris Tech

Lieu de la formation : Ecole Navale (Lanvéoc Poulmic, 29)

1. Objectif et positionnement de la spécialité

L'Ecole navale et son institut de recherche en partenariat avec Arts et Métiers Paris Tech propose une spécialité de master recherche rattachée à la Mention FISE du Master Sciences et Technologies des Arts et Métiers Paris Tech. La spécialité « environnement naval » apporte une ouverture vers le secteur maritime de la mention. Elle a pour but de dispenser des connaissances de base en lien avec les activités de recherche amont et appliquée développées à l'institut de recherche de l'Ecole navale (IRENav EA 3634) et par ses partenaires académiques et industriels dans le secteur du naval, de nautisme, des énergies marines....

L'offre de formation s'inscrit dans le contexte industriel de la conception des systèmes navals, de la conversion d'énergie, de l'émergence des énergies marines renouvelables dans l'environnement marin. Ces thématiques sont identifiées comme des priorités régionales et s'inscrivent dans les axes de recherche et développement du pôle Mer Bretagne. La spécialité s'intègre dans les champs disciplinaires de l'Ecole Doctorale des Sciences de la Mer (ED 156) de l'Université Européenne de Bretagne.

La formation est fondée sur des modules obligatoires composée de cinq à six modules, complétée en général par deux modules transverses (pour un total de 30 ECTS au premier semestre).

Du point de vue pédagogique, le point fort de la formation est de s'appuyer sur les compétences en recherche des intervenants et sur une combinaison d'approches théorique, expérimentale et numérique permettant l'acquisition de connaissances et de compétences spécifiques. **De plus elle intègre des travaux pratiques avancés s'appuyant sur les moyens de recherche expérimentaux et de modélisation de l'IRENav permettant aux étudiants d'être confrontés à des problèmes concrets en lien avec les activités de recherche.** De plus le soutien de la marine nationale permet de mettre en place des visites approfondies sur des bâtiments uniques opérationnels de très haute technologie et d'élargir la connaissance du milieu marin par une immersion au cœur d'un grand établissement de formation de la défense en lien direct avec l'environnement marin.

Du point de vue des débouchés, l'offre de master recherche a pour vocation de proposer une poursuite en thèse. Les relations de partenariat avec les institutionnels et les industriels du secteur naval ouvre des perspectives de thèse CIFRE ou de carrière dans le secteur industriel maritime et naval.

2. Publics de la spécialité

Les étudiants sont issus de la deuxième année du cursus ingénieur des Arts et Métiers Paris Tech ou d'une filière M1 universitaire. Des accords particuliers ont été mis en place vis-à-vis de certaines formations de masters brestoises afin de mutualiser les offres et donner une plus grande capacité de diversification de parcours aux étudiants. L'offre de formation est ouverte également au profit des doctorants dans le cadre des modules de cours obligatoires qu'ils sont amenés à suivre pendant leur thèse.

3. Modalités de recrutement et d'évaluation

L'admission se fait sur étude d'un dossier par une commission composée des intervenants du master, une lettre de motivation, une lettre de recommandation et un entretien personnalisé. Ce dernier a pour objet de tester la motivation du candidat et d'identifier clairement ses ambitions et ses perspectives professionnelles.

Pour les étudiants étrangers, l'obtention d'une bourse est fortement préconisée et l'inscription est autorisée après processus de validation par le responsable de la spécialité en lien avec la cellule des relations internationales de la direction des formations des Arts et Métiers Paris Tech.

Les modalités d'évaluation relèvent du règlement des études et des examens des Arts et Métiers Paris Tech. Un module de formation donne lieu à une évaluation par un examen écrit ou par un travail personnel de recherche. Une commission de suivi pédagogique et un jury regroupant des enseignants du Master établit un bilan à mi-parcours et en fin de formation. Les procès verbaux de cette instance sont communiqués au responsable de la formation.

Concernant l'évaluation des enseignements, chaque module est évalué par les étudiants indiquant les points forts et faibles du module et une enquête de concertation et de bilan est réalisée en fin de premier semestre.

4. Unités de recherche des intervenants

Les intervenants sont pour l'essentiel des enseignants-chercheurs des Arts et Métiers mis en délégation à l'Ecole navale et des intervenants d'organismes extérieurs reconnus dans leur domaine. Les enseignants-chercheurs réalisent leurs travaux de recherche à l'IRENav (EA 3634) et assurent la majeure partie de leurs enseignements à l'Ecole navale.

5. Unités de recherche d'accueil des stagiaires

En fonction de leurs projets et parcours personnels, les étudiants seront accueillis dans les groupes de recherche de l'IRENav et dans les laboratoires partenaires de l'institut.

6. Détail des modules

Module AB1 « Initiation à la recherche » 100 h (en anglais, obligatoire) 10 ECTS

Ce module prend une place importante dans la formation initiale de jeunes chercheurs. L'objectif du module est de traiter un projet de recherche individuel tutoré durant tout le premier semestre permettant à l'étudiant d'être immergé dans le laboratoire et d'être confronté concrètement à une activité de recherche dans le domaine de spécialité du MR en lien avec les autres modules. Les étudiants bénéficient dans ce cadre des installations et des moyens du laboratoire. L'originalité du module relève de la rédaction d'un document rédigé au format standard d'une communication de type congrès international avec les contraintes de fond et de forme usuellement attendues, une présentation en anglais en fin de premier semestre dans les conditions semblables à celles d'un congrès international.

Module A1 « Hydrodynamique Navale appliquée » 66 h, (obligatoire) 4 ECTS

L'objectif de ce module est d'introduire les éléments d'hydrodynamique navale tel que la propulsion, la résistance à l'avancement, le comportement dynamique sur houle et des éléments d'architecture navale vue sous l'angle de la stabilité des systèmes.

Contenu du module : 1^{ère} partie 10 h Propulsion (approche théorique et empirique, détermination hélice optimale) 2^{ème} partie (10 h), Résistance à l'avancement (approche théorique et empirique, méthodes des modèles). 3^{ème} partie Stabilité (10h), Travaux pratiques sur outil de simulation. Tenue à la mer (10h) : hypothèses de fluide parfait, problème de Cauchy, méthodes des singularités, modèles de houle (Airy, Stokes,...), problème de diffraction-radiation en présence d'obstacles dans l'écoulement, problème de diffraction-radiation avec surface libre, réponses aux fréquences de houle et aux basses fréquences. 4^{ème} partie (16h) hydrodynamique et vibrations. Vibration d'une structure en présence d'un fluide au repos et en mouvement (10h). Rappels des équations « fluide » et « structure » et mise en équations du système couplé fluide – structure, Analyse du problème de vibration d'une structure en présence d'un fluide lourd au repos et excitée par un écoulement : approche théorique et applications. Approche numérique (6h). Méthode de couplage, Modèle pour la structure, Modèle pour le fluide, Algorithme d'IFS (méthodes applications).

Travaux Pratiques (10h) : 1) Application numérique sur codes de calcul industriels: calcul d'une structure vibrante en air et en eau. 2) Analyse expérimentale et mise en évidence du couplage fluide structure dans le cas d'une structure vibrante immergée dans un fluide léger et lourd au repos.

Module A2 « Hydrodynamique physique » 48 h, (obligatoire) 4 ECTS

La première partie de ce module présente les phénomènes de transition rencontrés dans les systèmes et en particulier les écoulements. En introduisant des éléments de la théorie du chaos, on présente les instabilités et la transition vers la turbulence. Une séance de travaux pratiques sur un système de Taylor-Couette sert d'illustration. La deuxième partie s'intéresse à la physique des écoulements cisaillés de type couche limite, jets et sillages turbulents. On propose en particulier des méthodes de résolution basées sur des lois d'affinité des profils de vitesse moyenne et de frottement turbulents pour ces types d'écoulement. La troisième partie traite de la cavitation.

Contenu du module : 1^{ère} partie Instabilités et transition vers la turbulence (16h) : Eléments de théorie des systèmes dynamiques : attracteurs, bifurcations, chaos. Systèmes étendus, structuration spatiale, transport diffusif et convectif, Convection de Rayleigh-Bénard, Systèmes de Taylor-Couette et Taylor-Dean, Ecoulements ouverts, sillages, écoulements parallèles, couches limites, 2^{ème} partie Ecoulements cisaillés (22h) : Un premier chapitre concerne la couche limite et est décomposée de la façon suivante : couche limite laminaire, couche limite turbulente, mise en équation, solution affine sur plaque plane sans gradient de pression externe, formulation intégrale, méthode de résolution avec gradient de pression externe, décollement, phénoménologie de la turbulence dans la couche limite, distribution de la turbulence dans la couche limite, transition laminaire-turbulent en couche limite, Un deuxième chapitre concerne les sillages et jets turbulents : mise en équation, solution affine, distribution de la turbulence. Une dernière partie est dédiée à la cavitation (6h) : phénoménologie et description de la cavitation, prédiction de l'apparition de cavitation, éléments de modélisation de la cavitation. **6h TP sur tunnel hydrodynamique**

Module A3 «hydrodynamique numérique» 40 h, (obligatoire) 4 ECTS

Ce module a pour objectif de faire un rappel sur la méthode des éléments finis et l'étude des différentes méthodes de résolution des problèmes de mécanique des fluides à l'aide de modèles physiques qui nécessitent la mise en œuvre d'outils numériques (chaîne logicielle). Les différentes étapes de la résolution ainsi que les différents composants de la chaîne logicielle sont étudiés : géométrie, maillage,

modèles physiques, conditions aux limites, schémas numériques, algorithmes, calcul, convergence, analyse des résultats, validation. L'apprentissage de ces méthodes est complété par des séances de travaux pratiques sur outils logiciels.

Contenu du module : 1^{ère} partie Eléments finis (20h): Formulation variationnelle (faible) d'une EDP (problèmes d'élasticité linéaire, de transfert de chaleur par conduction, ...). Discrétisation en éléments finis : éléments réels et éléments de référence (représentation paramétrique). Intégration numérique (méthode de Gauss). Assemblage. Prise en charge des conditions limites essentielles (méthode des multiplicateurs de Lagrange). Quelques types d'éléments finis (linéaires, quadratiques, hermite). Résolution et applications (TD, TP) : 1D, 2D, 3D. 2^{ème} partie Hydrodynamique numérique (20h) : 1) Hydrodynamique numérique en fluide parfait: écoulements potentiels, méthodes de singularités, approches couplées séance de travaux pratiques. 2) Hydrodynamique numérique en fluide visqueux: géométrie et maillage, modèles physiques, méthodes numériques, approches couplées, applications, séance de travaux pratiques.

Module A4 « Conversion d'énergie / Energies Renouvelables Marines, 20 h, 1.5 ECTS (obligatoire)

Architecture des systèmes de propulsion électriques (10 h). Les Energies Renouvelables Marines (10h), les différentes sources d'énergie de la Mer. Etude de cas.

Le but de ce module est de donner aux étudiants des notions sur les chaînes de conversion d'énergie électrique dans le domaine maritime. Les élèves à travers l'étude des systèmes d'énergie/propulsion des navires tout électriques et des systèmes de récupérations d'énergie marine découvriront les spécificités de ces systèmes en lien avec les contraintes liées aux applications maritimes comme l'autonomie ou la résistance aux défauts par exemple. Le module traite de deux principaux sujets en 20 h de cours et TD.

- 1) Architecture des systèmes de propulsion électriques à bord des navires tout électriques(10h).
- 2) Architecture des systèmes de récupération d'énergie Renouvelables Marines (10h), application au cas hydrolien.

Module B1 « Observation du milieu marin » 48 h, 2.5 ECTS (optionnel)

Ce module concerne la description de l'environnement marin (fond océanique et état de mer) et les outils et méthodes d'observation et traite du développement durable appliqué à l'environnement naval.. Une attention particulière est portée sur le domaine de l'acoustique sous-marine à l'origine de l'essentiel des données disponibles pour l'étude de la morphologie et de nature des fonds océaniques. L'utilisation de ces données pour la description du milieu, son analyse et sa compréhension nécessite en premier lieu de connaître les techniques adaptées à leur acquisition et à leur traitement. A partir de ce constat ce module propose une introduction aux techniques d'acquisition et de traitement du signal des données d'acoustique sous-marine. Ce module est complété par une description des états de mer et des outils de prédiction. Un application SONAR est réalisée lors d'une sortie en mer.

Contenu du module : 1^{ère} partie Le domaine océanique : Les grands ensembles géographiques et géologiques, Outils et méthodes d'études (Prélèvement, acoustique, champ de potentiel, Télédétection), Les ressources minérales et hydrocarbures, 2^{ème} partie La donnée d'Acoustique Sous-Marine (ASM) : Base physique de l'ASM, Traitement du signal sonar, 3^{ème} partie (Outils d'acquisition et traitement de l'information acoustique : Bathymétrie, Imagerie sonar, Sismique ; 4^{ème} partie description des différents états de mer. 5^{ème} partie L'objectif de cette partie est d'introduire les concepts de durabilité dans un contexte d'environnement naval, à un cadre où le contexte économique et social du développement est également mis en exergue. Il doit permettre de mieux appréhender le cadre de référence du développement durable dans le contexte de l'environnement naval, les dimensions politiques et légales, économiques et sociales, les instruments et des cas concrets. Ce cours est complété par une étude de cas (rapport et soutenance) il est enseigné en anglais **Course syllabus** : Part I. Sustainable development in context,

Sustainable development in engineering, Some principles, Environment, poverty and development, Economic paradigm and sustainable development, Climate change and sustainable development, Towards efficient energy (Part I and II), The Africa context. Part II. Maritime environment: basics, Maritime environment as a whole, Ocean resources, Human impacts, Maritime transportation and energy.

Module B2 « Traitement du signal avancé » 30 h (optionnel) (4 ECTS)

L'objectif du module est d'enseigner différentes méthodes de traitement de signal avancées utilisées dans le domaine du traitement de données et de l'information, issues d'expériences ou de calculs. Le module est complété par la mise en pratique des méthodes sous forme de travaux pratiques individuels.

Contenu du module : méthodes spectrales, méthodes de décomposition : Ondelettes, POD, EMD...

Anglais 20 h (0.5 ECTS) : le module d'anglais est orientée vers les techniques de communication écrite et orale dans le secteur de la recherche scientifique (lien avec le module AB1)

7. Stage

La durée du stage est d'un semestre (de mars à septembre) , chaque stagiaire est suivi par un tuteur de l'équipe pédagogique du master. L'évaluation du stage est réalisée sur la base d'un rapport et de la présentation orale devant un jury. La rédaction du mémoire et la soutenance orale peuvent être réalisées soit en français soit en anglais suivant le lieu d'exécution du stage. Les stages peuvent être réalisés à l'IRENav en fonction des sujets proposés ou dans un autre laboratoire français ou étranger ou dans le milieu industriel sous réserve que le sujet relève d'un aspect recherche bien identifié.

8. Adresse et contacts

Secrétariat du Master Recherche

BCRM Brest

ECOLE NAVALE ET GROUPE DES ECOLES DU POULMIC - IRENAV

CC 600

29240 BREST Cedex

Secrétariat Master : Magalie Lamandé

02 98 23 41 41,

Fax : 02 98 23 38 57,

magalie.lamande@ecole-navale.fr

Responsable de la spécialité: Jacques André Astolfi

02 98 23 40 17,

jacques-andre.astolfi@ecole-navale.fr

Site web : <http://www.ecole-navale.fr>

