
PROGRAMME INGÉNIEUR

2025-2026

2e année / 3e année

Option Disciplinaire Océan

OD OCEAN

RESPONSABLE DU PROGRAMME

Lionel GENTAZ



INGÉNIEUR - OD OCEAN

1er Semestre

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 73	12	Tronc commun	ENVMA HNUM1 INTHY TEMER	Environnement marin et chargement Hydro num 1 Intro Tenue à la mer et stabilité
UE 74	13	Tronc commun	HNUM2 HYDEX MANCR P1OCEAN PRPOR	Hydro num 2 Hydrodynamique expérimentale Manoeuvrabilité et ancrages Projet 1 Profils portants

2e Semestre

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 83	14	Tronc commun	APPRO CONAV EOLIEN INTFS P2OCEAN	Approfondissements Connaissance du navire et du monde maritime Eolien en mer IFS Projet 2

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Environnement marin et chargement [ENVMA]

Responsable(s) du cours : Guillaume DUCROZET

Objectifs

Ce cours présente les modèles simples d'ondes de surface en mettant en avant les limites d'applicabilité de chacun en hydrodynamique et génie océanique. L'extension aux états de mer réels (i.e. aléatoires) est exposée avec une introduction aux modèles de prévision océano-météorologiques. La réponse (mouvements, chargements) de structures marines à ces champs de vagues est explicitée. Enfin, les notions d'analyse d'extrêmes (houle, mouvements) sont introduites.

Après avoir terminé le cours, les étudiants seront capables de :

- Identifier la théorie des vagues adéquate pour modéliser une onde régulière donnée.
- Décrire en détail la physique des ondes dispersives.
- Développer ou utiliser des modèles numériques de propagation des ondes.
- Interpréter et utiliser les données Metocean dans le cadre de l'ingénierie océanique.

Plan de l'enseignement

Introduction

Ondes de gravité

- Equations générales - échelles multiples
- Ondes dispersives
 - o Linéaire (Airy Wave)
 - o Modèles non-linéaires (Stokes, stream function)
 - o Réfraction des ondes de gravité
- Ondes non-dispersives (eau peu profonde)
 - o Equations de Boussinesq
 - o Onde solitaire
 - o Equation KdV ; houle cnoïdale

Houle statistique

- Modélisation d'états de mer irréguliers
- Spectres de houle usuels
- Génération-propagation houle à l'échelle océanique (océano-météo)

Chargements et réponse

- Chargements sur un petit corps
- Réponse d'un grand corps sur un état de mer réel

Méthodologies de design de structures en mer

- Evaluation des réponses extrêmes et de la fatigue dans un état mer (statistiques court terme)
- Evaluation des réponses extrêmes et de la fatigue sur la durée de vie d'une structure marine (statistiques long terme)

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Water wave mechanics for engineers and scientists, Robert G. Dean & Robert A. Dalrymple, Advanced Series on Ocean Engineering (vol.2)

Water waves and ship hydrodynamics: an introduction, A.J. Hermans

Theory and application of ocean surface waves, C.C. Mei, M. Stiassnie & D.K.P. Yue, Advanced Series on Ocean Engineering

(vol.23). Part I : Linear aspects ; Part II : Non-linear aspects

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Intermédiaire
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Intermédiaire

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures / Lutte contre les changements climatiques

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Le cours Environnement marin et chargement intègre les enjeux du développement durable, notamment à travers les exemples d'application présentés dans les enseignements et les thématiques abordées lors des travaux dirigés. En raison de sa nature disciplinaire, les connaissances et compétences acquises peuvent être mobilisées dans de nombreux domaines en lien avec le développement durable.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.5)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	14 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Hydro num 1 [HNUM1]

Responsable(s) du cours : Lionel GENTAZ

Pré-requis

FLUID (E11)
INTHY
ENVMA
TEMER

Objectifs

Présentation des méthodes numériques basées sur la résolution des méthodes intégrales (ou méthode des singularités). Les écoulements générés par des singularités ponctuelles sont d'abord présentés. Les équations de Fredholm pour des distributions continues de singularités sont ensuite obtenues et discrétisées. Une application informatique est proposée pour un problème simple (corps en mouvement en milieu infini).

Le problème de la résistance à l'avancement est abordé pour illustrer la prise en compte de la surface libre dans les méthodes de singularités.

Présentation des schémas de différences finies pour discrétiser des équations aux dérivées partielles. Application des aspects couche limite vus dans le cours INTHY par la programmation d'un problème de couche limite laminaire par différences finies.

Plan de l'enseignement

Méthodes intégrales

- modèle fluide parfait potentiel
- singularités élémentaires : source, puits, doublet, tourbillon
- distribution continue de singularités
- établissement des équations intégrales
- établissement de l'équation de Fredholm
- discrétisation et résolution : méthode des éléments frontières
- prise en compte de la surface libre

Résistance à l'avancement

- hypothèse de Froude; décomposition de la résistance
- traitement du problème de résistance à l'avancement par des méthodes aux éléments frontières

Différences finies

- principe des schémas aux différences finies
- notions de consistance, stabilité, convergence
- étude de l'influence des schémas sur la stabilité
- généralisation à la discrétisation des équations de Navier-Stokes

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

V. Bertram, Practical Ship Hydrodynamics, 2000

G. Delhommeau, les problèmes de diffraction-radiation et de résistance de vagues: étude théorique et résolution numérique par la méthode des singularités, 1987

J.H. Ferziger & M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Ed. Springer, ISBN 978-3-540-42074-3, 2002

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Intermédiaire
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Intermédiaire

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Les méthodes numériques sont un moyen d'étudier et d'optimiser le comportement et les performances des structures océaniques en mer afin de réduire leur impact sur l'environnement et leur besoins en énergie.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.6)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.4)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	8 hrs	16 hrs	6 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Intro [INTHY]

Responsable(s) du cours : David LE TOUZÉ

Pré-requis

Cours de mécanique des fluides. Par exemple le cours de Physique et dynamique des fluides (FLUID) de première année du cycle ingénieur centralien.

Objectifs

Ce cours a pour objectifs :

- d'introduire les problématiques de l'hydrodynamique dans le génie océanique, et les essais en bassin et la simulation numérique s'y rapportant,
- de faire quelques rappels de mécanique des fluides et de mécanique du solide, utiles pour la compréhension du comportement des structures marines,
- de présenter les éléments de modélisation qui vont être utilisés tout au long de l'année dans les différents cours proposés.

Plan de l'enseignement

- Thématiques industrielles et de recherche concernées par l'hydrodynamique et le génie océanique ; chargements hydrodynamiques et comportement des structures flottantes soumises à ces chargements ; introduction à l'hydrodynamique expérimentale et visite des bassins du LHEEA de Centrale Nantes
- Classes d'approximation des écoulements rencontrés en hydrodynamique : principaux problèmes en hydrodynamique à surface libre ; équations de Navier-Stokes et conditions aux limites de surface libre ; approximations Euler, fluide parfait potentiel ; quels modèles utiliser pour traiter un problème donné
- Introduction à la couche limite et à la turbulence : analyse aux ordres de grandeur des équations de Navier-Stokes; notions de couche limite et échelles caractéristiques; théorie de couches limites laminaires et turbulentes ; approche statistique de la turbulence ; écoulements turbulents de paroi
- Introduction à la simulation numérique : méthodologie pour la simulation numérique d'un problème physique ; spécificités de la simulation numérique de l'hydrodynamique d'une structure marine ; liens problèmes-méthodes ; éléments sur les maillage, résolution, pré- et post-traitement, liens logiciel/matériel

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Molin B., Offshore Structure Hydrodynamics. Cambridge University Press, 2023.
Faltinsen O., Sea loads on ships and offshore structures. Cambridge University Press, 1990.

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Intermédiaire
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Intermédiaire

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours d'introduction à l'hydrodynamique pour le génie océanique fournit les bases nécessaires à la conception et à l'optimisation de structures marines durables, notamment pour les énergies marines renouvelables et la décarbonation du transport maritime. Il contribue au développement d'innovations industrielles sobres en énergie et respectueuses des milieux marins, en lien avec les Objectifs de Développement Durable relatifs à l'énergie propre et aux infrastructures durables.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	24 hrs	6 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Tenue à la mer et stabilité [TEMER]

Responsable(s) du cours : Vincent LEROY

Pré-requis

Mathématiques
Introduction à l'Hydrodynamique
Environnement Marin

Objectifs

Le cours est divisé en deux parties :

La première traite du problème de tenue à la mer dont l'objectif est de donner une présentation complète de la théorie linéarisée de l'interaction fluide-structure, traitée dans un cadre déterministe. Les approches fréquentielles et temporelles sont décrites. De plus, les relations fondamentales entre ces solutions sont systématiquement soulignées. Les effets du second ordre basse et haute fréquence sont expliqués et illustrés. En travaux pratiques, des méthodes d'ingénierie seront appliquées à l'étude de la réponse sur houle d'une éolienne flottante.

La seconde partie est consacrée à la stabilité du navire. L'objectif est de définir les outils mathématiques pour décrire et déterminer la stabilité d'un navire, définir les problèmes particuliers de stabilité ainsi que les calculs réglementaires pour les navires certifiés.

Plan de l'enseignement

Tenue à la mer

- Objectifs, cadre théorique
- Rappel de la théorie des systèmes linéaires
- Approche Petits Corps
- Formulation du problème aux limites. Linéarisation
- Approche fréquentielle
- Approche temporelle
- Effets non linéaires

Stabilité du navire

- Caractéristiques et équilibre d'un objet flottant (flotteur)
- Mouvement du flotteur
- Problèmes particuliers de stabilité
- Inclinaisons transversales
- Calculs de stabilité réglementaires
- En TP, utilisation d'un logiciel traitant le problème de stabilité d'un objet flottant et utilisé dans l'ingénierie navale

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Molin, B. (2023). Offshore structure hydrodynamics. Cambridge University Press.

Molin, B. (2002). Hydrodynamique des structures offshore. Editions TECHNIP.

J.N. Newman (1977). Marine Hydrodynamics. MIT Press.

O.M. Faltinsen (1990). Sea Loads on Ships and Offshore Structures, Cambridge University Press.

1991. Statique des corps flottants. cours ENSM

R. Servières (1992). Théorie du navire. ENSTA

R. Hervieu (1985). Statique du navire. Éditions Masson, Paris,

Résolution A.749 : code on intact stability for all types of ship covered by IMO instruments

Chapitres II-1 de la SOLAS : convention internationale de 1974 sur la sauvegarde de la vie humaine en mer, à jour des amendements en vigueur)

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Intermédiaire
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Intermédiaire

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Cours d'hydrodynamique et de stabilité permettant notamment le développement des énergies renouvelables en mer, et la sécurité des navire.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.6)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.4)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	18 hrs	10 hrs	4 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Hydro num 2 [HNUM2]

Responsable(s) du cours : Zhe LI

Objectifs

On aborde ici la simulation numérique des écoulements de fluide réel par la résolution des équations de Navier-Stokes moyennées au sens de Reynolds (équations RANS).

Seront traitées la modélisation de la turbulence, l'état de l'art concernant la simulation numérique par des approches fluide visqueux dans l'industrie, les problématiques classiques du couplage vitesse-pression, les méthodes de prise en compte des interfaces, les méthodes de résolution des systèmes linéaires basés sur des matrices de grande taille et creuses, l'approche volumes finis.

En TP, les étudiants utilisent le code commercial STAR-CCM+ sur des problèmes modèles : cavité entraînée, écoulement de Poiseuille, écoulement turbulent sur une colline. Le code commercial Fine-Marine pour l'écoulement autour d'un navire avec vitesse d'avance en mer calme.

Plan de l'enseignement

- modélisation de la turbulence (équations de Navier-Stokes moyennées au sens de Reynolds et fermeture par hypothèse de Boussinesq, simulation grandes échelles, simulation directe)
- état de l'art sur l'utilisation actuelle des codes Navier-Stokes dans l'industrie
- problématique et résolution du couplage vitesses-pression
- problèmes liés à la localisation des inconnues
- prise en compte de la surface libre (méthodes de suivi, méthodes de capture)
- méthodes itératives pour résoudre des systèmes linéaires comportant des matrices creuses et de grande taille
- introduction à la méthode des volumes finis

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

J.H. Ferziger, M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Intermédiaire
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Intermédiaire

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours s'inscrit dans une démarche de développement durable et de responsabilité sociétale en formant à des outils de simulation (RANS/volumes finis) permettant d'optimiser les écoulements et donc de réduire la consommation d'énergie et les émissions des systèmes industriels (ex. résistance à l'avancement des navires). L'usage de la simulation numérique limite le recours aux prototypes et aux essais coûteux, diminuant l'empreinte matière/énergie de la R&D, tout en améliorant la sécurité et la fiabilité via une meilleure compréhension des phénomènes turbulents et des interfaces.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.6)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.4)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	12 hrs	12 hrs	6 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Hydrodynamique expérimentale [HYDEX]

Responsable(s) du cours : *Félicien BONNEFOY*

Pré-requis

Physique et Dynamique des Fluides - FLUID
Environnement Marin - ENVMA
Tenue à la Mer - TEMER

Objectifs

Les objectifs du cours sont tout d'abord de présenter un état de l'art des techniques expérimentales utilisées en hydrodynamique navale et offshore, en présentant notamment les essais en bassin de houle et bassin de traction disponibles à l'ECN.

On aborde les notions de résistance à l'avancement, d'auto-propulsion, de manoeuvrabilité, de génération de houle, de courant et de vent

Plan de l'enseignement

Les différents aspects du cours sont illustrés par des exercices dirigés sur feuille (traitement du signal spécifique à la houle) et des travaux pratiques (semaine dans les installations expérimentales du LHEEA).

En TD, les bases de traitement du signal nécessaires à l'analyse des données expérimentales sont rappelées et mises en oeuvre sur machine.

En TP, quatre séances sont proposées parmi les sujets :

- la résistance à l'avancement en bassin de traction
 - la tenue à la mer d'une éolienne flottante
 - la stabilité d'un navire
 - essais en eau libre de la propulsion d'une hélice
- Sont désormais hors de portée des étudiants, suite à une restriction de budget
- la tenue à la mer en profondeur finie sur une structure posée au fond (petit bassin de houle)
 - la turbulence d'un jet aérodynamique plan

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- B. Molin, 2002, Hydrodynamique des structures offshore, Editions Technip
S.A. Hughes, 1995, Physical models and laboratory techniques in coastal engineering, Advanced series on ocean engineering, Vol. 7
N. Newman, Marine Hydrodynamics
O.M. Faltinsen, Sea loads on ships and offshore structures
V. Bertram, Practical Hydrodynamics
S. Chakrabarti, Offshore structure modelling

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Intermédiaire
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Intermédiaire

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Le cours décrit de manière détaillée les nombreuses études en bassin de houle et en bassin de traction qui ont trait aux énergies marines renouvelables. Le DD est ainsi abordé au travers de la production d'énergie marine renouvelable. Un accent est mis sur la production via les éoliennes flottantes, que ce soit en cours ou en TP.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	8 hrs	4 hrs	20 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Manoeuvrabilité et ancrages [MANCR]

Responsable(s) du cours : Félicien BONNEFOY

Pré-requis

Physique et Dynamique des Fluides - FLUID
Environnement Marin - ENVMA
Tenue à la Mer et Stabilité - TEMER

Objectifs

Ce cours est divisé en deux parties :

La première partie est consacrée à la manoeuvrabilité des navires ou d'autres structures flottantes, à la modélisation et aux applications relatives à ce problème.

Dans la seconde partie, les principales caractéristiques des ancrages utilisés dans l'ingénierie marine et offshore sont présentées. La partie pratique consiste à prendre en main un logiciel de calcul d'ancrages utilisé dans l'industrie.

Plan de l'enseignement

Pour la partie manoeuvrabilité, l'étude porte sur les capacités de manoeuvre d'un navire. La cinématique est décrite dans le repère mobile du navire, les efforts détaillés dans une approche modulaire incluant la carène, le propulseur, le gouvernail et leurs interactions. Les moyens et méthodes d'études expérimentaux et numériques sont présentés. Les différents aspects du cours sont illustrés par des exercices dirigés sur feuille et sur machine.

Pour la partie ancrages, l'utilisation de ces dispositifs dans l'ingénierie marine et offshore est détaillée. Les avantages et inconvénients de chaque type d'ancre sont expliqués.

Un logiciel utilisé dans l'industrie est utilisé dans la partie pratique pour des problèmes modèles de structures offshore ancrées au fond marin et soumises à la houle et aux courants : les mouvements des structures et les efforts agissant dans les ancrages sont calculés et analysés.

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

V. Bertram, 2000, Practical Ship Hydrodynamics, Butterworth Heinemann

E.M. Lewandowski, 2004, The Dynamics of Marine Craft, Manoeuvring and Seakeeping, World Scientific

T.I. Fossen, 2011, Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control, Wiley

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Intermédiaire
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Intermédiaire

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Les deux parties du cours, la manœuvrabilité des navires et l'ancrage des structures offshore influencent directement le développement durable en réduisant les risques d'accidents, de dommages aux écosystèmes marins et de pollution, grâce à des systèmes de contrôle et de fixation plus précis et sécurisés. Le cours traite de l'optimisation de ces technologies pour améliorer l'efficacité opérationnelle et la sécurité tout en limitant l'empreinte environnementale des activités maritimes et offshore.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	16 hrs	6 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Projet 1 [P1OCEAN]

Responsable(s) du cours : Lionel GENTAZ

Pré-requis

FLUID, Physique et Dynamique des fluides en EI1
Tous les cours proposés en OD OCEAN

Objectifs

P1OCEAN constitue la première partie du projet de 80h fait dans l'option océan.
Le but du projet est d'utiliser les connaissances acquises en cours d'année sur des projets concrets proposés par des enseignants-chercheurs et chercheurs de l'ECN ou des industriels.
Durant ce projet, les étudiants travaillent par groupes de 2 ou 3.

Plan de l'enseignement

Les sujets sont proposés durant le mois d'octobre.
Les étudiants se répartissent en groupes et choisissent un sujet fin octobre.
Les groupes avancent sur leur sujet jusqu'en janvier.
Une soutenance d'avancement est proposée fin janvier aux étudiants pour valider l'avancement de leur projet.

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

tous les supports proposés dans les différents modules de l'option

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - Compétent

Compétences observées via cet enseignement

- C1 : Concevoir et prototyper des dispositifs innovants et créateurs de valeur
 - Intermédiaire
- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - Intermédiaire
 - Compétent
- C3 : Conduire des programmes complexes ou de changement de façon responsable
 - Intermédiaire

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Les projets proposés aux étudiants portent autant que possible sur des thématiques en lien avec la lutte contre le réchauffement climatique (étude de navires à propulsion vélique, réduction de la traînée d'un navire par optimisation d'hydrofoils, étude de concepts d'éolienne flottante, modélisation et étude de systèmes houlomoteurs ...)

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	1	0 hrs	0 hrs	0 hrs	32 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Profils portants [PRPOR]

Responsable(s) du cours : Antoine DUCOIN

Objectifs

L'objectif de la partie profils portants est de donner les bases pour la prédiction des performances hydrodynamiques, et des écoulements associés, par des approches fluide parfait et fluide visqueux. Des applications pour chacune de ces approches seront proposées aux étudiants.

La partie propulsion permet de définir les caractéristiques essentielles des hélices, d'étudier leur performance, leur dimensionnement et leur utilisation.

Plan de l'enseignement

Profils portants:

Cours:

1- Introduction: paramètres géométriques, paramètres physiques, similarités, classification des écoulements

2- Analyse des écoulements et des performances

3/4 - Méthodes potentielles: théorie des profils minces, théorie de la ligne portante

Travaux dirigés: application de la théorie des profils minces

Travaux pratiques: application de la méthode de la ligne portante (matlab), étude des effets visqueux et des effets d'épaisseur (xfoil)

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Intermédiaire
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Intermédiaire

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Contribution aux enjeux du développement durable L'enseignement des profils portants appliqués à la mécanique des fluides contribue directement aux enjeux du développement durable en formant les futurs ingénieurs à la compréhension, l'analyse et l'optimisation des écoulements autour de surfaces portantes, dans une logique de performance hydrodynamique, d'efficacité énergétique et de sobriété des ressources. La maîtrise des phénomènes de portance et de traînée permet de concevoir des systèmes plus efficaces et durables, réduisant les pertes énergétiques et les impacts environnementaux dans de nombreux secteurs (aéronautique, naval, énergies renouvelables...). Enjeux sociétaux et responsabilité de l'ingénieur Cet enseignement participe à la formation d'ingénieurs responsables et conscients de leur rôle sociétal, capables de : -concevoir des profils portants garantissant la sécurité et la fiabilité des systèmes (stabilité, marges de fonctionnement), -contribuer au développement de technologies favorisant une mobilité plus durable et une production d'énergie respectueuse des écosystèmes.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.6)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.4)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Approfondissements [APPRO]

Responsable(s) du cours : Zhe LI

Objectifs

Sont proposées ici différents approfondissements s'appuyant sur des éléments abordés dans certains des cours présentés précédemment :

Partie 1 - Problème de l'optimisation multi-objectifs appliqué à l'hydrodynamique d'une structure marine

Partie 2 - Tendances futures des méthodes numériques actuelles et méthodes émergentes

Partie 3 - Introduction à la mécanique du voilier

Plan de l'enseignement

Partie 1 - Optimisation :

- Présentation des principaux algorithmes d'optimisation (gradient, génétique ...)
- TP avec un logiciel d'optimisation : tests des algorithmes pour une fonction donnée puis optimisation d'un bulbe d'étrave de navire pour réduire la résistance à l'avancement

Partie 2 - Futur des méthodes numériques :

- Etat de l'art et tendances futures des méthodes numériques appliquées à l'hydrodynamique à surface libre
- Méthodes innovantes émergentes : Volumes Finis (ordre élevé et raffinement adaptatif de maillage), Eléments Finis, Lattice-Boltzmann Method, Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)
- Cas de la méthode SPH adaptée aux problèmes à dynamique rapide (impacts, slamming, déferlement)
- TP d'utilisation de la méthode SPH

Partie 3 - Introduction à la mécanique du voilier :

- Equilibre des forces s'exerçant sur un voilier
- Principes de l'architecture navale
- Projet navire dans le cas d'un voilier
- Visite d'un port d'hivernage

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Compétent
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Compétent
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Compétent

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours s'inscrit dans une démarche de développement durable en visant la réduction de la consommation énergétique et des émissions via l'optimisation hydrodynamique (ex. bulbe d'étrave). L'usage des méthodes numériques permet de limiter les essais physiques et donc l'empreinte matière/énergie en R&D, tout en améliorant la sécurité (impacts, slamming). La partie voilier met en avant une mobilité bas-carbone et sensibilise aux bonnes pratiques liées au milieu marin (port, environnement).

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	10 hrs	6 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Connaissance du navire et du monde maritime [CONAV]

Responsable(s) du cours : Lionel GENTAZ

Pré-requis

TEMER (stabilité du navire)

Objectifs

Ce cours est une introduction à la connaissance du navire, la construction navale et aux aspects principaux du projet de conception d'un navire.

L'accent est mis sur les problématiques d'énergie à bord, de propulsion et de structure du navire.

En TP, les étudiants réalisent une boucle de conception itérative d'un navire typique d'un projet de conception dans le domaine naval.

Des conférences présentent les dernières évolutions concernant la décarbonation du transport maritime avec un accent mis sur la propulsion vélique.

Plan de l'enseignement

Connaissance du navire

- management de projet :

catégories des navires et leur utilisation

boucle de design

éléments de construction des navires

- énergie à bord :

production de l'énergie à bord des navires et exemples

- propulsion du navire :

décomposition de la résistance à l'avancement

propulsion par hélice : ligne d'arbre, hélices utilisées ...

autres types de propulseurs (azimutaux, épicycloïdaux)

- structure du navire :

présentation de la structure d'un navire

rappels résistance des matériaux

calcul des structures pour des contraintes locales puis globales

- conférences sur :

la décarbonation du transport maritime

les nouveaux usages de la propulsion vélique

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Goulet, J, Boutin, J-P, Lerouge, F. Aide-mémoire de résistance des matériaux, éditions Dunod

Delaplace, A, Gatuingt, F, Ragueneau, F. Mécanique des structures-résistance des matériaux, éditions Dunod

Latteur, P. Calculer une structure, de la théorie à l'exemple, éditions Académia

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Compétent
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Compétent
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Compétent

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables / Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Des conférences données par des professionnels du domaine permettent d'aborder les aspects liés au développement durable dans le secteur naval et les actions actuelles menées en ce sens. Ces conférences abordent la déconstruction durable des navires avec un focus sur le secteur de la plaisance en France, la décarbonation du transport maritime (impact dans le réchauffement climatique, sources des émissions de gaz à effet de serre, contraintes réglementaires, solutions techniques et opérationnelles, carburants alternatifs ...) et les nouveaux usages de la propulsion vélique (intérêt de l'utilisation du vent dans le transport maritime, les solutions technologiques, les projets en cours et futurs, les outils au service de la propulsion vélique ...).

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.5)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	20 hrs	2 hrs	8 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Eolien en mer [EOLIEN]

Responsable(s) du cours : Vincent LEROY

Pré-requis

Profils portants
Environnement Marin
Tenue à la Mer

Objectifs

- Connaître le déploiement actuel de l'éolien terrestre et en mer, et les enjeux des déploiements futurs
- Acquérir une bonne compréhension du fonctionnement des éoliennes
- Estimer les performances des éoliennes et des parcs
- Connaître les théories ou méthodes pour la modélisation des éoliennes flottantes
- Expérimenter le dimensionnement spécifique aux éoliennes flottantes

Plan de l'enseignement

- Ressource éolienne, potentiel d'implantation et capacité éolienne installée dans le monde et en Europe. Quelques informations sur les impacts environnementaux, retombées économiques et cout des projets éoliens
- Les composants d'une éolienne standard et les principe généraux de fonctionnement (rotor, chaîne de transmission, génératrice)
- Productible et effets de parcs
- Spécificités de l'éolien en mer. Catégories de fondations fixes et flottantes des éoliennes.
- Analyse de la dynamique d'une éolienne flottante

Des exercices numériques accompagnent ce programme pour apprendre à dimensionner une éolienne à axe horizontal, d'estimer la production des éoliennes et les effets de parcs et pour introduire la problématique du dimensionnement des flotteurs et leur couplage avec les éoliennes.

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Introduction to wind energy systems 2013, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K

Wind Energy Handbook, 2001 John Wiley & Sons, Ltd

Wind energy explained , - Theory, Design and Application. 2009 John Wiley & Sons, Ltd

Wind resource assessment - A practical guide to developing a wind project. 2012 John Wiley & Sons, Ltd

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Compétent
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Compétent
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Compétent

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Modélisation des éoliennes offshores, permettant le développement des énergies renouvelables.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	20 hrs	2 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

IFS [INTFS]

Responsable(s) du cours : Antoine DUCOIN

Objectifs

I. Cours de base en interaction fluide structure (Antoine Ducoin)

L'objectif est de donner les bases pour la modélisation et la résolution de problèmes d'interaction fluide structure en milieux marins.

- état de l'art des différents types d'interaction fluide-structure
- éléments théoriques ; lois d'équilibre à l'interface fluide-structure ; masse d'eau/raideur ajoutée, amortissement ajouté, analyse dimensionnelle d'un problème d'interaction fluide structure
- Etude des vibrations sous écoulements: cylindre flexible en écoulement (mouvements forcés, mouvements libres), analyse des phénomènes de résonance; pale flexible en écoulement, étude des phénomènes de divergence statique et du flottement par des méthodes potentielles.
- Méthodes numériques en interaction fluide-structure : algorithmes de couplage (temps-espace, itératif/monolithique ...), méthodes de déformation de maillage, formulation ALE.

TP: déformation d'une pale sous écoulement sous STARCCM+, analyse des instabilités structurelles.

II. Vibrations du navire (Hervé Le Sourné)

L'objectif de ce cours est de donner l'ensemble des éléments nécessaire à une étude ingénieur pour le calcul du comportement vibratoire d'un navire.

Plan de l'enseignement

Partie I.

cours1: introduction et mise en équation

cours2: vibration sous écoulement

cours3: méthodes numériques

Partie II.

Cours 1: vibration du navire

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C1 : Représenter et modéliser
 - Compétent
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Compétent
 - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
 - Compétent

Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Industrie, innovation et infrastructures / Lutte contre les changements climatiques / Vie aquatique

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

L'enseignement de l'interaction fluide–structure contribue directement aux enjeux du développement durable en formant les futurs ingénieurs à la conception, l'analyse et l'optimisation de systèmes soumis à des sollicitations fluides, dans une logique de performance, de sécurité et de sobriété des ressources. La maîtrise des phénomènes d'interaction entre fluides et structures permet : -la réduction des consommations énergétiques (aérodynamique et hydrodynamique optimisées), -l'augmentation de la durée de vie des structures par la prévention de phénomènes vibratoires, de fatigue ou de rupture, Enjeux sociétaux et responsabilité de l'ingénieur L'enseignement de l'Interaction fluide structure participe à la formation d'ingénieurs responsables, capables de : -garantir la sécurité des structures marines liés aux écoulements (vents/courants importants, vibrations, instabilités), -prendre en compte les impacts sociétaux des choix technologiques (acceptabilité des ouvrages, nuisances vibratoires ou sonores).

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.6)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.4)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	18 hrs	8 hrs	4 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD OCEAN

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Projet 2 [P2OCEAN]

Responsable(s) du cours : Lionel GENTAZ

Pré-requis

FLUID, Physique et Dynamique des fluides, EI1
Tous les cours proposés en OD OCEAN

Objectifs

P2OCEAN constitue la seconde partie du projet, à la suite de P1OCEAN.
Le but du projet est d'utiliser les connaissances acquises en cours d'année sur des projets concrets proposés par des enseignants-chercheurs et chercheurs de l'ECN ou des industriels.
Durant le projet, les étudiants travaillent par groupes de 2 ou 3.

Plan de l'enseignement

Des plages horaires sont prévues dans l'emploi du temps pour les groupes puissent avancer sur leurs sujets et interagir avec leurs encadrants.
La soutenance finale est programmée fin mars avant le départ des étudiants en stage.

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

tous les supports conseillés dans les différents modules de l'option Océan.

Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - C2C2 : Résoudre et arbitrer
 - Intermédiaire
 - Compétent

Compétences observées via cet enseignement

- C1 : Concevoir et prototyper des dispositifs innovants et créateurs de valeur
 - Intermédiaire
- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
 - Intermédiaire
 - Compétent
- C3 : Conduire des programmes complexes ou de changement de façon responsable
 - Intermédiaire

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Les projets proposés aux étudiants portent autant que possible sur des thématiques en lien avec la lutte contre le réchauffement climatique (étude de navires à propulsion vélique, réduction de la traînée d'un navire par optimisation d'hydrofoils, étude de concepts d'éolienne flottante, modélisation et étude de systèmes houlomoteurs, ...)

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	2	0 hrs	0 hrs	0 hrs	48 hrs	0 hrs