

Master Marine Sciences

Parcours Physique océan et climat

Objectifs

Objectifs scientifiques :

L'objectif de la mention est double : d'abord donner les bases de la connaissance du domaine selon chaque spécialité, Physique de l'Océan et Climat, Géophysique Marine, Hydrodynamique Navale et en parallèle renforcer la formation sur les outils et méthodes mises en œuvre dans les métiers sur lesquels débouchent ces spécialités. Le deuxième aspect a fait l'objet d'une réflexion particulière en 2010 afin de mettre en exergue les méthodes que devrait maîtriser chaque étudiant à l'issue de son master. Le premier volet « connaissances » est développé pour chacune des trois spécialités dès le Master 1^{ère} année et représente à peu près la moitié du contenu pédagogique. Le deuxième volet « outils » est dévolu aux méthodes « mathématiques appliquées », « traitement de données » et « modélisation numérique ». Il est mutualisé entre les trois spécialités.

L'objectif affirmé de la mention Marine Sciences (ex Physique Marine) est double (i) former à la recherche et (ii) fournir également des bases méthodologiques solides de type Physique de l'Ingénieur pour ceux qui arrêteront leurs études à la fin du master.

Scientific objectives

Teach the scientific bases for the various specialties (mechanics, applied maths, computer science, scientific writing and presentation); this is done during the first year. This allows students to study one specialty of their choice (ocean physics and climate, marine geophysics or naval hydrodynamics) for which they have a few courses during M1 and most courses during M2. The master is international and is mostly taught in English.

Objectifs professionnels :

La demande de nos diplômés par les industriels et les laboratoires tant en Sciences de l'ingénieur qu'en Sciences de l'Univers croît régulièrement pour au moins trois raisons : les préoccupations croissantes sur l'état physico-chimique de la planète et du climat, la gestion des ressources de l'environnement marin et les applications navales liées à la Défense, trois domaines dans l'étude desquels Brest s'est taillé une solide réputation.

Les objectifs professionnels découlent directement de nos objectifs scientifiques. Il y a donc deux types d'orientation professionnelle à l'issue du master, la poursuite en doctorat ou l'intégration dans le monde industriel.

professional objectives :

study the evolution of the marine environment, of the Earth resources or natural hazards in particular in the marine environment or study naval engineering (ship and platform design...).

The ever increasing pressure of climate change on human activities and the central role of the seas in mankind's future drive a growing need for engineers and researchers in these fields, both in the private and public sectors.

Compétences acquises

Compétences

1 .Savoirs :

Connaissance de l'oceanographie physique, d'elements de dynamique atmospherique, de theorie, d'analyse de donnees in situ et de modelisation numerique. Specialisation hauturiere ou cotiere, possibilite d'option

2 .Savoir-faire :

Le titulaire de ce diplôme a acquis un certain nombre de savoir-faire mais sa pratique reste limitée. Cependant la formation donnée vise

à développer une autonomie de raisonnement et d'acquisition des techniques principales utilisées dans ces gisements d'emploi.

ENGLISH:

1 . Knowledge :

Knowledge of geophysical fluid dynamics, physical oceanography and a few elements of atmospheric dynamics ; theory, analysis of in situ data, numerical modeling; specialisation in deep ocean or coastal ocean dynamics; possibility of optional courses

2 . Know-how:

the student will have acquired some know-how, but still with a limited practice. Nevertheless, the training gives him/her autonomy in reasoning and the main practical and useful techniques for the jobs concerned.

Conditions d'accès

> En Master 1 : bac+3.

> En Master 2 : bac+4 ou sur validation des acquis de l'expérience (VAE).

Poursuite d'études

[Voir les enquêtes de l'Observatoire de l'UBO](#)

Insertion professionnelle

Ce professionnel peut exercer dans les domaines suivants :

> Environnement océanique hauturier, côtier ou littoral ;

> Mesures et modélisations ;

> Applications dans les secteurs parapétroliers, des énergies marines, des prévisions océaniques, des pollutions marines ;

> Recherche fondamentale sur la dynamique de l'océan, du système couplé océan-atmosphère et du climat.

Il peut exercer les emplois suivants :

> Chargé d'études recherche et développement

> Chercheur/Chargé d'études en recherche fondamentale (après une thèse)

> Enseignant-chercheur (après une thèse et un concours)

[Voir les enquêtes de l'Observatoire de l'UBO](#)

Infos pratiques

Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) à Brest Technopole
Ouvert en stage

Contacts

Responsable pédagogique

CARTON Xavier (Master 2)

xavier.carton@univ-brest.fr

Contact administratif

Scolarité IUEM

scolarite-iuem@univ-brest.fr

Responsable Secrétariat pédagogique

Scolarité IUEM

scolarite-iuem@univ-brest.fr

Programme

M1

semestre 7 PM POC

Enjeux et problématiques des sciences de la mer et du littoral (conférences 2 jours)	3h
Anglais	22h
Programmation scientifique (CTRE)	20h
Fluides 1a formation théorique	40h
Fluides 1: formation experimentale	10h
Mathématiques Appliquées 1	30h
Modélisation numérique 1	30h
Analyse de données 1	40h
Introduction à la dynamique des fluides géophysiques	36h
Introduction Océan et Climat	40h

semestre 8 PM POC

Oral scientifique (CTRE)	20h
Anglais	22h
Formation biblio & projet individuel	20h
Mathématiques appliquées 2	30h
Modélisation numérique 2	20h
Analyse de données 2	46h
Méthodes avancées en océanographie	30h
Fluides 2	50h
Projet	280h

M2

Dernière mise à jour le 21 février 2018

semestre 9 PM POC

Anglais Scientifique	20h
Communication Scientifique et Techniques Professionnelles (CTRE)	20h
Observation circulation et masses d'eaux	25h
Mesures in situ	25h
Dynamique des fluides géophysiques	25h
Option (une seule au choix)	
- Télédétection terre-mer 1 (ENSTA Bretagne)	25h
- Bases de données - Big data	49h
- Systèmes dynamiques pour les fluides planétaires	20h
- Cycle du carbone océanique et climat	20h
- Interactions physique-biologie (hors mention)	
Parcours côtier	
- Dynamique côtière	28h
- Vagues 1 - Hydrodynamique	20h
- Vagues 2 - Milieu côtier	10h
- Dynamique sédimentaire (ENSTA Bretagne)	30h
- Modélisation numérique côtière 1 (ENSTA Bretagne)	30h
- Modélisation Numérique Côtière 2 (ENSTA Bretagne)	30h
Parcours hauturier	
- Modélisation numérique hauturière	25h
- Théories de la circulation océanique generale et equatoriale	35h
- Dynamique oceanique de meso echelle	25h
- Dynamique de l'atmosphère	30h
- Turbulence oceanique	15h
Ondes Océaniques	16h
Option stage terrain (hydro-océano) (ENSTA Bretagne)	70h

semestre 10 PM POC

Stage (de mars à septembre)

Enjeux et problématiques des sciences de la mer et du littoral (conférences 2 jours)

Présentation

Véritable porte d'entrée au domaine des Sciences de la Mer et du Littoral, cette UE permet aux nouveaux entrants du Master 1 d'échanger avec les étudiants des autres champs disciplinaires et d'identifier les questions scientifiques clés et les problématiques communes des différentes disciplines impliquées dans le domaine de formation SML, tout en se sensibilisant aux défis sociétaux et en valorisant concrètement les intérêts des approches interdisciplinaires et de la démarche d'observation dans les sciences de la Mer et du Littoral.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 3h

Pré-requis nécessaires

Licence 3 ou équivalence

Compétences visées

Connaissances : Connaître la « culture disciplinaire » (méthodes, contraintes, histoire, problématiques, codes culturels, « jargon ») des autres mentions du master SML.

Savoir-être : Ouverture aux autres cultures disciplinaires, curiosité, capacités relationnelles et sens du collectif.

Savoir-faire : Présenter sa propre discipline/ mention de manière riche, intéressante et claire. Identifier les préconçus et les aspects parfois incompréhensibles de sa propre discipline. Utiliser différents médias, faire preuve de créativité.

Descriptif

Contenu de l'enseignement :

Approche disciplinaire-Présentations des mentions : Présentations par les étudiants et par les enseignants des 8 mentions du domaine SML ; Ressources numériques complémentaires en ligne.

Approches interdisciplinaires-Présentation transverses : Présentations de l'observatoire, de projets interdisciplinaires, de la ZABRI, etc...

Approches thématiques-Ateliers de l'UE Sciences et Société : Préparés et présentés par les M2 dans le cadre de l'UE Sciences & Société.

Méthodes d'enseignement :

Projet autonome : Les étudiants de chaque mention préparent en groupe et en toute autonomie une présentation de leur propre mention et leurs représentations initiales d'une autre mention.

Ressources numériques complémentaires: MOODLE-cours et vidéos

1 ½ journées en amphi : Présentations des différentes mentions par les enseignants et par les étudiants, présentation de l'observatoire et de projets interdisciplinaires de recherche, de valorisation économique ou sociale de la recherche. QCM et débat.

Participation à deux ateliers de l'UE de M2 Sciences & Société : ½ journée

Bibliographie

MATTOR K. M. et al. (2014). Transdisciplinary research on environmental governance: A view from the inside, Environmental Science & Policy, Vol. 42, pp. 90-100.

POHLHl, C. (2008). « From science to policy through transdisciplinary research », Environmental Science & Policy, Vol. 11, Issue 1, pp. 46-53.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	100%	Questions à choix multiples

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	Autre modalité	Autre nature			Reprise de la note de session 1

Anglais

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 11h

Cours Magistral : 11h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit et/ou Oral	120	3/5	Coeff Anglais = 1/2 UE PVP
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		2/5	coeff Anglais = 1/2 UE PVP

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Oral	15	1/1	coeff Anglais = 1/2 UE PVP

Programmation scientifique (CTRE)

Présentation

Ce cours vise à donner un bagage minimum en programmation scientifique. On y aborde:
Gestion des variables : scalaires, chaînes de caractères, tableaux. Instructions graphiques. Contrôle des boucles. Production de figures.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 10h

Cours Magistral : 10h

Pré-requis nécessaires

aucun

Compétences visées

programmation scientifique sous Matlab

Descriptif

Il s'agit d'un apprentissage par la pratique du langage Matlab

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Dossier		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Oral - exposé	45	100%	

Fluides 1a formation théorique

Présentation

Ce cours couvre

- > description des fluides
- > cinématique et déformation
- > dynamique
- > vorticité
- > mouvements permanents
- > mouvements irrotationnels
- > aérodynamique
- > couches limites laminaires
- > écoulements visqueux
- > ondes de surface et hydraulique

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 16h

Pré-requis nécessaires

Connaissances en mécanique classique et en fonctions de plusieurs variables réelles, de la licence de mathématiques ou de physique

Compétences visées

Connaissance de la dynamique des fluides homogènes incompressibles pour des applications hydrodynamiques, aérodynamiques ou géophysiques

Connaissance des phénomènes, maîtrise des équations sous jacentes, de leurs solutions mathématiques exactes ou approchées, capacité à relier l'expérience et la théorie

Descriptif

En nous appuyant sur UE Fluides expérimental, nous utilisons des exemples physiques vus en laboratoire ou dans la nature, nous les analysons pour en extraire la formulation théorique ; des exemples et des exercices permettent d'appliquer et de maîtriser ces notions.

Des exemples types sont vus en cours – les exercices sont à faire à la maison pour acquérir les compétences pratiques

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CC	Ecrit - devoir maison		50%	
	CT	Oral	30	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30		

Fluides 1: formation expérimentale

Présentation

Mise en évidence et visualisation du caractère déformable des fluides
 Lien entre propriétés microscopiques des fluides (molécules libres, interactions de Van der Waals, forces et structure internes) et caractère macroscopique (déformabilité, viscosité)
 notion de poids directionnel et de pression omnidirectionnelle (comparaison solide-liquide, ouverture latérale d'un récipient)
 Réversibilité – irréversibilité de l'évolution des fluides (traceurs)
 Déformation de l'élément fluide (traceurs)
 force de flottabilité/Archimède
 notion de vorticité et de rotation (vorticimètres) –  coulements quasi-2D (bulles de savon)
 expériences de Bernoulli (vidange d'une cuve, mesure du jet de sortie)
  coulements a surface libre, effet d'un obstacle de fond, ressaut hydraulique, ondes de surface
  coulements autour d'un obstacle axisymétrique ou d'une aile d'avion, portance, traînée

+ analyse de vidéos d'expériences en laboratoire

1 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 10h

Pré-requis nécessaires

Connaissances en mécanique classique de la licence de mathématiques ou de physique
 capacités expérimentales d'étudiants licenciés en physique

Compétences visées

Compétence en réalisation d'expériences de mécanique des fluides ou en conception de dispositifs expérimentaux simples pour des applications hydrodynamiques, aérodynamiques ou géophysiques

Bibliographie

Springer Handbook of Experimental Fluid Mechanics, 2007

Tropea, Cameron, **Yarin**, Alexander, **Foss**, John F. (Eds.)

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - rapport		50%	
	Autre modalité	Oral	10	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30		

Mathématiques Appliquées 1

Présentation

1) Rappels et compléments mathématiques: Equations différentielles ordinaires d'ordre 1 et 2 à coefficients constants – Séries entières

2) Caractérisation des solutions d'équations différentielles linéaires et non-linéaires

- > Notion de flot, portrait de phase, rappel sur l'existence et l'unicité des solutions
- > Linéarisation autour d'un équilibre et notion de stabilité. Introduction à la méthode de Lyapunov pour la stabilité des équilibres.

3) Détermination de solutions d'équations différentielles du second ordre :

- > Développement en série des solutions, théorème de Fuchs.
- > Solutions approchées par méthode de perturbation.

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Dirigés : 10h

Pré-requis nécessaires

Intégration des équations différentielles ordinaires *linéaires*.

Compétences visées

Fournir les méthodes de base pour discuter les solutions d'équations différentielles ordinaires. Une telle familiarité est nécessaire car les applications sont nombreuses dans les milieux continus "solides ou fluides". Les solutions exactes ne sont en général pas connues et ce cours présente également des méthodes approchées selon la nature des équations: soit sous forme de séries convergentes, soit sous forme de développements asymptotiques lorsqu'un petit paramètre peut être identifié (méthode de perturbation).

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	2/3	
	CC	Autre nature		1/3	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	45		

Modélisation numérique 1

Présentation

A) Discrétisation spatiale des fonctions et des opérateurs. Stencil, ordre, précision. Méthodes en volumes finis vs. différences finies. Grilles décalées. L'opérateur laplacien en 1D et 2D, conditions aux limites, vecteurs propres. Résolution d'un problème elliptique. Méthodes de résolution itératives.

B) Discrétisation en temps : intégration des équations différentielles ordinaire

- > schémas explicites, implicites
- > stabilité, convergence, ordre
- > schémas multi-pas de temps (Runge-Kutta, Adams Bashforth ...)

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 12h

Travaux Pratiques : 18h

Pré-requis nécessaires

Algèbre linéaire, équations différentielles ordinaires, dérivées partielles.

Compétences visées

Connaître les méthodes de base pour la discrétisation des équations différentielles. Être capable d'implémenter ces méthodes dans le langage Matlab. Connaître les propriétés fondamentales de ces discrétisations. Savoir utiliser ces méthodes pour résoudre un problème nouveau

Descriptif

Classe inversée. Pratique sur ordinateur dans le langage Matlab.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	2/3	
	CC	Autre nature		1/3	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30	100%	

Analyse de données 1

Présentation

Ce cours aborde

1. Analyse spectrale des données (Transformée de Fourier, Spectrogrammes, Filtres, Correction de réponse instrumentale) ;

2. Analyse statistique de données :

> Notions de base : variable aléatoire, PDF, CDF, distributions, moments, estimateurs, théorème de limite centrale.

> Méthodes d'inférences (méthode de Monte Carlo, bootstrap, jackknife, inférence bayésienne), construction d'intervalles de confiance et test d'hypothèses.

> Théorie des valeurs extrêmes : Loi d'extremum généralisée, distributions de Pareto. Etc.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 16h

Pré-requis nécessaires

aucun

Compétences visées

Connaissances – compétences acquises :

1 .La notion de Transformée de Fourier, différents types de présentation des données dans le domaine spectral, l'analyse des données en temps-fréquence avec spectrogrammes, les notions basiques de filtrage et présentations des filtres en termes de pôles et zéros, capacités à conduire l'analyse spectrale avec le logiciel MATLAB ;

2 .Notions de bases de l'analyse de donnée statistique (statistiques descriptives, statistiques inférentielles) et application à l'analyse de données géophysiques.

Descriptif

Ce cours se fait en salle informatique. Il combine cours et mise en pratique sur ordinateur.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	60%	
	CC	Autre nature		40%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120		

Introduction à la dynamique des fluides géophysiques

Présentation

Ce cours traitera des points suivants. Le nombre entre parenthèse est le nombre typique de séances.

Rappel des Equations d'Euler (1)

La rotation terrestre (1) Accélération dans un système en rotation. Champs de gravité, forme de la terre.

Hydrodynamique avec forte rotation (2) Nombre de Rossby, Théorème de Taylor – Proudman – Poincaré (TPP), Ecoulements bidimensionnels. Courants d'inertie, équilibre cyclostrophique, géostrophique et vent du gradient.

Applications de la géostrophie et hydrostatique (3) Géopotential (hauteur dynamique). Vent thermique. Applications au cas océanique. Le cas du fluide compressible et applications au cas atmosphérique. Cartes météorologiques.

Le modèle shallow water (1) Equations en eau peu profonde (*shallow water*) ou encore équations des ondes longues pour enveloppes fluides minces (océan- atmosphère). Le cas de la sphère : l'approximation traditionnelle des forces de Coriolis, le plan #.

Ondes d'inertie gravité (1)

Modèle quasi-géostrophique et ondes de Rossby (2) Dérivation intuitive de l'équation quasi-géostrophique via conservation de vorticité potentielle.

La dynamique des ondes lentes de fréquence $\ll f$. Relation de dispersion. Pourquoi la propagation est elle vers l'Ouest ? Effets de la stratification dans un modèle à deux couches.

Frottement et rotation (1) Transport d'Ekman. Pompage d'Ekman.

La circulation océanique forcée par le vent (2) L'équilibre géostrophique planétaire et sa divergence horizontale : relation de Sverdrup. Le couplage des couches d'Ekman avec l'écoulement géostrophique intérieur. Le rôle fondamental du rotationnel du vent. L'impossibilité de fermer une circulation sans frottement : les courants de bord Ouest.

La circulation thermohaline (2) La circulation observée est thermohaline mais la théorie est encore loin de pouvoir la rationaliser. Formation des eaux profondes, importance de la diffusion verticale, l'éroulement de la circulation thermohaline.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 12h

Cours Magistral : 24h

Pré-requis nécessaires

un cours de base en mécanique classique et un cours d'introduction a la mécanique des fluides

Descriptif

Cours magistral et homeworks réguliers pour s'appropriier les concepts.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	50%	
	CC	Autre nature		50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30	100%	

Introduction Océan et Climat

Présentation

Le cours (CM 20h) présentera les différentes composantes du système climatique. L'accent sera porté sur la structure moyenne de l'océan, l'atmosphère et la glace de mer, et de leurs interactions, ainsi que sur la variabilité climatique naturelle passée, actuelle et sur les changements futurs. Les connaissances acquises seront appliquées à des problèmes typiques de la dynamique à grande échelle du Climat qui seront ensuite résolus soit de manière analytique (TD 10h) ou numérique (TP 10h).

5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Pratiques : 10h

Travaux Dirigés : 10h

Pré-requis nécessaires

Connaissances en mécanique des fluides et maîtrise des outils mathématiques classiques (dérivée, intégrale, ODE à coefficients constants, opérateurs vectoriels)

Compétences visées

A l'issue de ce cours, l'étudiant devra être capable

- > de traiter des problèmes physiques simples liés à la dynamique du climat terrestre
- > d'appliquer les connaissances acquises pour s'informer auprès des documents scientifiques destinés aux pouvoirs publics et ainsi de développer un certain esprit critique vis-à-vis des décisions prises par les politiques ou informations relayées par certains médias.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	50%	
	CC	Autre nature		50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30		

Oral scientifique (CTRE)

Présentation

Les séances se déroulent ainsi : 6 étudiants présentent un sujet scientifique devant la classe, à la fin le public pose des questions. S'ensuit une partie débriefing, d'abord par les étudiants entre eux qui identifient les points forts et les points à améliorer. Le professeur donne ses propres conseils après. L'évaluation porte sur la qualité de la présentation, la réponse aux questions, la capacité à en poser soi-même. La progression au cours du semestre compte pour 20% de la note finale

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 18h

Cours Magistral : 2h

Pré-requis nécessaires

aucun

Compétences visées

Apprendre l'art de raconter la science à ses pairs. Contenu, forme, attitude générale. Améliorer l'articulation entre les transparents et le discours.

Descriptif

Cours introductif présentant les attendus d'une bonne présentation. Coaching individuel à la fin de chaque présentation

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30	100%	

Anglais

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 11h

Cours Magistral : 11h

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	165	1/3	coeff Anglais = 1/2 UE PVP
Autres	CC	Ecrit et/ou Oral		1/3	coeff Anglais = 1/2 UE PVP
Autres	Autre modalité	Oral	15	1/3	coeff Anglais = 1/2 UE PVP

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	CT	Oral	15	1/1	coeff Anglais = 1/2 UE PVP

Formation biblio & projet individuel

Présentation

Cette UE se compose

- > d'une formation aux outils de la recherche bibliographique par le personnel de la bibliothèque universitaire
- > de présentation par des professionnels et des doctorants des débouchés possibles après le M2

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Travaux Dirigés : 10h

Pré-requis nécessaires

aucun

Compétences visées

- > savoir retrouver un pdf sur internet
- > être sensibilisé aux problèmes de déontologie quant à l'utilisation du travail d'autrui
- > bien comprendre la distinction entre plagiat et citation.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Ecrit - rapport		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Ecrit - rapport		100%	

Mathématiques appliquées 2

Présentation

Ce cours présente

Description des EDP

- > classification
- > théorème de Cauchy

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 10h

Cours Magistral : 20h

Équations paraboliques, nature et forme

- > solution des EP homogènes en domaine fini
- > solution avec forçages ou CL non homogène
- > principe de superposition
- > utilisation des transformées de Fourier ou de Laplace en domaine infini

Équations hyperboliques, nature et forme

- > solution des EH du second ordre en domaine infini, notion de caractéristique
- > solution en domaine fini
- > solution des EH du premier ordre

Équations elliptiques, nature et forme

- > problèmes de Poisson et de Laplace

Pré-requis nécessaires

Connaissances en fonctions de plusieurs variables réelles, de la licence de mathématiques ou de physique

Descriptif

Classification des EDP et des méthodes ; description des solutions/ exemples en classe, exercices en devoirs maison, lien entre EDP et dynamique des fluides ou physique générale

Bibliographie

Farlow : *Partial differential equations for scientists and engineers*, Dover.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Écrit - devoir surveillé	150	2/3	
	CC	Autre nature		1/3	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30	100%	

Modélisation numérique 2

Présentation

Ce cours présentera les outils pour l'intégration des équations aux dérivées partielles en 1D et 2D. Le cours abordera les problèmes de conditions aux limites, précision, stabilité, conservation. Ces problématiques seront présentées sur les équations suivantes

- > chaleur
- > transport
- > Burgers
- > ondes
- > système d'équations fluide : Euler incompressible et shallow water

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 12h

Travaux Pratiques : 8h

Pré-requis nécessaires

Le cours "modélisation numérique 1" du S7: discrétisation spatiale d'un problème, intégration numérique des équations différentielles ordinaires

Compétences visées

Conforter la pratique de la programmation scientifique. Mieux comprendre les cours de physique grâce à une approche numérique de la résolution des problèmes.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	50%	
	CC	Autre nature		50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30	100%	

Analyse de données 2

Présentation

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Travaux Pratiques : 16h

Travaux Dirigés : 20h

- > Mesures et quantité statistiques élémentaires : covariance, matrice de données (S-form), normalisation d'un jeu de donnée (1h CM + 2h TD/TP)
- > Méthodes d'interpolation : linéaire, polynôme du second degré, spline cubique (2h CM + 4h TD/TP)
- > Méthodes d'interpolation optimale (2h CM + 4h TD/TP)
- > Méthodes de « fit » basées sur les moindres carrés (2h CM + 4h TD/TP)
- > Introduction aux analyses en composantes principales (1h30 CM + 3h TD/TP)
- > Analyses Spectrales 2D (1h30 CM + 3h TD/TP)

Le module intègre aussi une sortie de terrain en mer (16h)

Pré-requis nécessaires

Algèbre linéaire (niveau L1-L2) – Programmation scientifique (L3) - Analyse de données 1 (M1)

Compétences visées

- > Appliquer les outils statistiques et mathématiques couramment rencontrés dans le traitement et l'analyse de données
- > Privilégier l'aller-retour entre la formulation mathématique d'une méthode statistique et son implémentation numérique
- > Avoir le savoir théorique et technique pour appréhender une « nouvelle » méthode présentée dans une littérature spécialisée et l'implémenter numériquement

Descriptif

L'enseignement présente des cours magistraux (30%) et des séances de travaux dirigés sur machine (70%). Pour chaque méthode, les cours magistraux mettent l'accent sur : i) le contexte scientifique de son utilisation ; ii) le cadre théorique et statistique sur laquelle elle repose ; iii) sa formulation mathématique. Les séances de travaux dirigés sur machine mettent l'accent sur : i) le passage d'une formulation mathématique à une formulation numérique sous la forme d'un algorithme ; ii) le codage sous MATLAB et/ou PYTHON ; iii) l'application à un jeu de données concret ; iv) une présentation critique des résultats avec une estimation des incertitudes et des études de sensibilité pour les paramètres d'entrée.

L'évaluation se compose de deux devoirs surveillés qui ont lieu sur machine et d'un projet à faire à la « maison ». Les devoirs surveillés ont une partie écrite (30%) et une partie pratique sous MATLAB (70%).

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	50%	
	CC	Autre nature		50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30	100%	

Méthodes avancées en océanographie

Présentation

Le cours est en deux parties, chacune sur une semaine complète.

Partie 1 : modéliser l'océan : tourbillons et ondes. Elements de base de la dynamique des vortex. Dynamique quasi-géostrophique (vortex, ondes de Rossby, turbulence). Ondes dans les fluides (surface, interne, Rossby). Flux d'énergie, sillages, résonance, réflexion. Effets non-linéaires dans les ondes internes et de Rossby.

Partie 2 : observer l'océan : circulation thermohaline dans l'Atlantique. Le mélange et l'AMOC. Le réseau Rapid. Le réseau Argo : contenu de chaleur et circulation.

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Travaux Pratiques : 20h

Pré-requis nécessaires

Introduction Océan-Climat + Introduction dynamique des fluides géophysique

Descriptif

Il s'agit d'une UE commune entre l'Université de Southampton et l'UBO. L'UE se déroule sur 2 semaines à temps plein et comporte 2 parties. Elle est associée à une mobilité des étudiants. Pendant une semaine tous les cours ont lieu à Brest, les anglais sont là. La deuxième semaine les étudiants de l'UBO vont étudier à Southampton. Nous sommes en recherche d'un troisième partenaire européen afin de bénéficier d'un financement européen (jusqu'à présent le financement de la mobilité vient du labex mer).

Le cours est basé sur une grande interactivité entre le prof et les étudiants, ainsi qu'entre les étudiants entre eux. La première semaine (à Brest) est organisée autour de TP. Chaque jour est dédié à un processus. On commence par un cours de présentation, s'ensuit une séance de TP, rythmée par de régulières petites synthèses sur ce qui vient d'être vu. La deuxième semaine est basée sur le même principe avec en plus des travaux en petits groupe.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - rapport		70%	
	CT	Oral	12	30%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - rapport		100%	

Fluides 2

Présentation

Cette UE présente la dynamique des fluides stratifiés et/ou compressibles

Ondes : cinématique, phase stationnaire, vitesse de groupe, théorie des rayons, applications aux ondes de gravité et aux ondes acoustiques

Instabilités hydrodynamiques : instabilités de cisaillement, théorème du point d'inflexion, Instabilités de Kelvin Helmholtz, Instabilités de Rayleigh-Bénard, sources d'énergie.

Systèmes dynamiques : une approche de la non-linéarité, les bifurcations et apparition du chaos.

Turbulence : Concepts de stirring et mixing, le mélange turbulent à la Taylor, l'approche statistique, le problème de la fermeture des équations de la turbulence (diffusivité turbulente), les tensions de Reynolds, les sources d'énergie de la turbulence, turbulence homogène isotrope (cascade inertielle et le spectre en $k^{-5/3}$, échelles de dissipation), turbulence au voisinage d'une paroi (couche limite visqueuse, couche logarithmique, la couche extérieure - the defect law).

5 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 10h

Cours Magistral : 25h

Travaux Dirigés : 15h

Pré-requis nécessaires

Un premier cours de mécanique des fluides, analyse vectorielle (divergence, rotationnel et théorèmes associés)

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	50%	
	CC	Autre nature		50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	45	100%	

Projet

Présentation

il s'agit d'un projet de recherche effectué dans un laboratoire. Le projet est encadré par un chercheur ou assimilé. Il mené tout au long du semestre avec deux phases:

8 crédits ECTS

Volume horaire

Stages : 280h

- > une phase de prise en main du sujet, en parallèle des cours
- > une phase à temps plein, en mai-juin

Pré-requis nécessaires

aucun

Compétences visées

- > capacité à résoudre des problèmes nouveaux
- > capacité à atteindre des objectifs
- > curiosité et ouverture d'esprit
- > sens de l'initiative et autonomie
- > efficacité, organisation

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	15	40%	
	CT	Ecrit - rapport		30%	
	CT	Autre nature		30%	note encadrant

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - rapport		50%	
	CT	Oral	15	50%	

Anglais Scientifique

Présentation

Il s'agit de présenter aux étudiants l'évolution de la science et de la méthode scientifique à travers les temps et le lien entre la réalisation de la recherche scientifique et l'écriture ou la communication de ses résultats. Ensuite les étudiants apprendront à rédiger et à présenter des sujets scientifiques en anglais et verront comment rendre l'écriture scientifique en anglais la plus efficace possible.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 12h

Pré-requis nécessaires

M1 physique marine ou équivalence

Compétences visées

Compétence des étudiants en lecture et synthèse d'articles scientifique en anglais, rédaction d'écrits scientifiques en anglais (rapports, manuscrits et articles) et en expression orale en anglais (présentation orale d'articles scientifiques); connaissance (sommaire) de l'histoire des sciences et de la philosophie des sciences.

Descriptif

1. L'histoire des sciences et de la philosophie des sciences : *évolution des méthodes, approches et des modes de communication.*
2. Les différents modes de communication scientifique : *rapports techniques ou de données, manuscrits de thèse ou de master, articles scientifiques, présentations orales, posters.* Approche par classe (points communs à plusieurs modes), puis par mode avec théorie puis mise en pratique. Lecture, résumé et analyse critique de rapports et d'articles scientifiques.
3. Communiquer efficacement en anglais : *Comment structurer l'information scientifique au niveau de l'article, du chapitre, du paragraphe et de la phrase pour la communiquer plus efficacement au lecteur. Les pièges à éviter pour les francophones.*

Bibliographie

John Losee (1993) *A Historical Introduction to the Philosophy of Science.* Oxford: Oxford UP.

David Jones, and David Kaiser. *STS.003 The Rise of Modern Science, Fall 2010.* (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu>

<http://www.nature.com/scitable/ebooks/english-communication-for-scientists-14053993/contents>

<https://cgi.duke.edu/web/sciwriting/index.php>

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40mn pour toutes les matières

Communication Scientifique et Techniques Professionnelles (CTRE)

Présentation

Ouvrir l'étudiant au monde de la recherche par des participations à des séminaires ou des conférences ; faire connaître les opportunités professionnelles régionales, nationales ou internationales; apprendre la mise en valeur des connaissances et compétences personnelles en vue d'une embauche.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 10h

Cours Magistral : 10h

Pré-requis nécessaires

Validation des UE PVP de licence et de M1

Compétences visées

connaissance du monde du travail et de son fonctionnement (recherche publique, entreprises privées)

capacité à mener une recherche d'emploi et à se présenter par écrit et par oral

capacité à analyser ses compétences en relation avec une offre d'emploi

Descriptif

Elements professionnels

Séminaires de recherches

Conférences scientifiques

salons professionnels ; rencontres avec des professionnels; journées professionnelles

visite de laboratoires, instituts ou entreprises

travail sur le CV, la lettre de motivation, l'entretien d'embauche et la recherche d'emploi

travail sur les compétences personnelles et professionnelles

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Observation circulation et masses d'eaux

Présentation

Ce cours vise à donner une vision globale et descriptive de l'océanographie physique. L'étudiant acquiert une « culture générale » en océanographie physique qui doit lui permettre de comprendre : i) le rôle joué par l'Océan dans le système climatique, ii) pourquoi tant d'efforts sont déployés par la communauté internationale pour mieux observer et modéliser l'Océan. L'étudiant apprend à maîtriser les quantités physiques couramment utilisées en hydrologie. Il acquiert une connaissance de l'état moyen de l'Océan au travers de la distribution des propriétés physiques de l'eau de mer, des courants moyens, des forçages, et des grands équilibres dynamiques qui régissent la circulation océanique. A l'issue du cours, l'étudiant connaît les grandes masses d'eaux de l'Océan Atlantique. Il prend aussi conscience que l'Océan est turbulent, et de l'impact des processus de fine échelle sur la production primaire. Il appréhende le rôle des interactions Océan/Glace de Mer sur le Climat.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 5h

Cours Magistral : 20h

this course provides a global and descriptive view of physical oceanography
physical properties of the ocean, of mean currents, of forcings and of the main equilibria governing ocean circulation, are described

The main water masses are presented, as well as the role of turbulence in the ocean and of sea ice-ocean interactions

Pré-requis nécessaires

M1 Physique ou équivalent

Compétences visées

Ce cours vise à donner une vision globale et descriptive de l'océanographie physique. L'étudiant acquiert une « culture générale » en océanographie physique qui doit lui permettre de comprendre : i) le rôle joué par l'Océan dans le système climatique, ii) pourquoi tant d'efforts sont déployés par la communauté internationale pour mieux observer et modéliser l'Océan. L'étudiant apprend à maîtriser les quantités physiques couramment utilisées en hydrologie. Il acquiert une connaissance de l'état moyen de l'Océan au travers de la distribution des propriétés physiques de l'eau de mer, des courants moyens, des forçages, et des grands équilibres dynamiques qui régissent la circulation océanique. A l'issue du cours, l'étudiant connaît les grandes masses d'eaux de l'Océan Atlantique. Il prend aussi conscience que l'Océan est turbulent, et de l'impact des processus de fine échelle sur la production primaire. Il appréhende le rôle des interactions Océan/Glace de Mer sur le Climat.

this course provides a global and descriptive view of physical oceanography
physical properties of the ocean, of mean currents, of forcings and of the main equilibria governing ocean circulation, are described
The main water masses are presented, as well as the role of turbulence in the ocean and of sea ice-ocean interactions

Descriptif

- > Les propriétés physiques de l'eau de Mer (1h30)
- > Thermodynamique de l'eau de Mer (1H30)
- > Les forçages de la circulation océanique (1h30)
- > La distribution spatiale des propriétés de l'océan (1h30)
- > L'équilibre géostrophique et la dynamique d'Ekman (3h)
- > La circulation océanique (1h30)
- > Les masses d'eaux : formation, propriétés et distribution – application à l'Atlantique Nord (1h30)
- > La notion de traceurs passifs et la distribution des traceurs biogéochimiques (1h30)
- > Une description qualitative des processus de mélange des propriétés aux différentes échelles (3h)
- > La dynamique de la couche de mélange océanique (1h30)
- > L'impact de la turbulence océanique sur la biologie (3h)
- > Introduction à la Glace de Mer (3h)

physical properties and thermodynamics of seawater
 spatial distribution of water masses
 main ocean currents
 passive tracers - mixing processes
 the mixed layer
 ocean turbulence - impact on biogeochemistry
 introduction to sea ice

Bibliographie

Fieux, Michèle : L'Océan Planétaire, Presses de l'ENSTA, Paris, 421p, 2010
 Open University Course Team, Ocean Circulation, Pergamon Press, 238p, 1989
 Open University Course Team, SeaWater : Its composition, properties and behaviors, Pergamon Press, 168p, 1989
 Talley, Lynne D., G. L. Pickard, W. J. Emery, J. H. Swift : Descriptive Physical Oceanography – an introduction, Elsevier, 6th edition, 555p, 2011

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		40%	
	CT	Écrit - devoir surveillé	120	40%	
	CT	Oral - exposé	15	20%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Mesures in situ

Présentation

Connaissances générales sur la métrologie, les techniques et méthodes d'acquisition de données in situ en Océanographie, des systèmes de mesures, et des méthodes de traitements et d'analyse des données. Prise en main de jeu de donnée

knowledge of metrology, measurement technique, in situ data processing

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Dirigés : 5h

Pré-requis nécessaires

Les étudiants doivent posséder un bagage en mathématiques, probabilités/statistiques et des bases en informatique

basic knowledge in mathematics, probability, computer science

Compétences visées

Connaissances fondamentales pour une océanographe physicien sur les méthodes de mesure *in situ* pour une bonne connaissance des données utilisées, donc une bonne utilisation des données.

basic knowled for physical oceanographers for a proper use of data

Descriptif

- > Introduction sur la nécessité, les enjeux et les problématiques de la mesure in situ en océanographie physique
- > Introduction à la métrologie et au référencement des grandeurs.

- > Mesure de la température
 - > Échelle Internationale de Température
 - > Rattachement à la thermodynamique
 - > Les différentes échelles de température : EIPT-68, l'EIT-90.
 - > L'étalonnage des instruments de mesure de la température
 - > Technologie des capteurs utilisés en océanographie.
 - > Les problèmes posés par le temps de réponse
- > Le TEOS-10 et le calcul de la salinité avec la PSS-78.

- > Les mesures de conductivité in-situ.
 - > Technologie des capteurs de conductivité (SEA BIRD SBE 4, cellule EG&G Ocean product MK III C, les cellules inductives)
 - > Présentation des problèmes posés par le temps de réponse des cellules de conductivité.
- > Les mesures de la pression
 - > Généralités sur la pression
 - > La relation pression – profondeur
 - > Technologie de quelques types de capteurs de pression (piezorésistif/piezoélectrique)
- > Autres capteurs
 - > fonctionnement et spécifications (hydrologique : Oxygène; Dynamique : vitesse du son, courant, turbulence, vagues,...)
- > Les plate-formes d'observation
 - > Eulériennes (campagne, océanographique, 'ship appendix', XBT, navires d'opportunité, mouillages, 'gliders', mammifères marins, ...)
 - > lagrangiennes (bouées dérivantes de surface, flotteurs Rafos, Argo,...)
- > Réseaux d'observations
 - > Structuration des plate-formes en réseaux d'observation
 - > Quelques exemples de réseaux d'observations (WOCE, Argo, MEMO, ...)
- > Traitement et management des données
 - > Bases de données globales (ex : Coriolis)
 - > Chaîne de contrôle qualité des données (ex : Argo)
 - > Traitement et corrections des données

- > Analyse de données
 - > Méthode d'interpolation optimales (OI)
 - > Utilisation de l'OI pour le contrôle qualité de grands jeux de données
- > Applications
 - > traitement de données ADCP
 - > correction de données CTD de Glider (biais, thermal lag,...)
 - > interpolation optimale de données Argo

measuring temperature, salinity, pressure ; other sensors

measurement platforms ; observation networks ; data processing and management

data analysis - applications

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		50%	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Dynamique des fluides géophysiques

Présentation

Se former à la dynamique des fluides géophysiques et à la compréhension des mouvements des fluides planétaires, via des théories mathématiques, des exercices d'application, des expériences en laboratoire et éventuellement l'analyse de données, pour cette compréhension

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Dirigés : 5h

This course provides the bases of GFD to understand planetary fluid motion, via mathematical theories, exercises, lab experiments and possibly data analysis

Pré-requis nécessaires

Connaissances en dynamique des fluides incompressibles, homogènes ou stratifiés, non tournants, et en équation aux dérivées partielles, niveau M1

Knowledge of incompressible fluid dynamics (homogeneous or stratified) in non rotating frameworks, and knowledge of PDE (M1 level)

Compétences visées

avoir les bases théoriques pour pouvoir analyser des situations océaniques complexes, pour pouvoir en extraire les mécanismes fondamentaux, pour analyser des données in situ ou satellite, ou pour comprendre les équations sous jacentes aux modèles numériques océaniques

mastering theory to analyse complex oceanic situations to identify basic physical mechanisms, to analyse datasets or to understand the underlying equations of numerical models.

Descriptif

Description de l'océan et de l'atmosphère : structure, mouvement, variabilité

Importance de la rotation et de la stratification pour les fluides planétaires ; rappels sur température et densité potentielles

Les équations du fluide sur la planète tournante : équations Boussinesq non hydrostatique et équations primitives ; énergie et vorticité potentielle d'Ertel

Les équilibres fondamentaux : hydrostatique et géostrophique ; mouvements inertiels ; la quasi-geostrophie

Les équations shallow-water, la vorticité potentielle. Influence de l'effet beta et de la topographie.

exemples d'application des équations fondamentales : quelques ondes océaniques

Influence de la friction (et du vent) sur le mouvement : couche d'Ekman ; Circulation engendrée par le vent au dessus de la thermocline;

Instabilités et tourbillons (généralités)

Upwellings côtiers

Influence of rotation and stratification on planetary fluid motions

hydrostatics, geostrophy, thermal wind, primitive equations

energy budget, potential vorticity conservation

shallow-water dynamics, TPP theorem, PV in SW, application to basic waves

quasi geostrophic approximation - low frequency motions, QGPV

influence of friction on motion, coastal upwellings

an opening to instabilities and vortices

Bibliographie

G Vallis, Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics, Cambridge University Press

J Pedlosky, Geophysical Fluid Dynamics, Springer Verlag

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CC	Autre nature		50%	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	150	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Option (une seule au choix)

0 crédits ECTS

Téledétection terre-mer 1 (ENSTA Bretagne)

Présentation

Connaissances fondamentales en Télédétection Marine & Littorale

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Dirigés : 5h

Pré-requis nécessaires

Les étudiants doivent posséder un bagage en mathématiques, probabilités/statistiques et des bases en informatique

Compétences visées

connaissance des données satellite pour l'environnement et capacité de les utiliser pour contraindre ou valider des modèles de prévision ou pour analyser des situations océanographiques

Descriptif

- Introduction : potentiel & limitation de la Télédétection en domaine marin & Littoral
- Interaction entre atmosphère et rayonnements électromagnétiques (signaux et/ou artefacts)
- Principaux capteurs de Télédétection et physique associée (optique, thermique, Lidar, radar, acoustique)
- Propriétés et spécificité de mise en œuvre des principales plateformes de Télédétection : terrestres, navires, satellites, avions, drones, ballons
- Orbitographie – Concept et dimensionnement de mission spatiale
- Prétraitement géométriques et radiométriques d'images de Télédétection

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Bases de données - Big data

Présentation

Le volume et le diversité grandissante des données océanographiques et climatiques fournies par les satellites, les réseaux de mesures *in situ* et les modèles climatiques, nous permettent de mieux comprendre le système climatique. Cependant, les méthodes d'analyse traditionnelles ne sont plus forcément adaptées pour traiter efficacement un si grand volume et une si large diversité de données. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre de nouvelles approches pour extraire les informations utiles des masses croissantes et complexes de données. Ces dernières années, les outils et méthodes d'apprentissages ont permis d'énormes progrès dans les domaines allant de la recherche sur le web à la bio-informatique. On peut ainsi anticiper l'impact décisif de ces outils pour les sciences de l'océan et du climat.

Les compétences en traitement de données acquises sont complémentaires à celles proposées dans le cursus de M2, *i.e.* mesures *in situ* et analyses de données, et permettent d'aller plus loin avec le traitement de grosses bases de données océanographiques et climatiques qui prennent une place grandissante dans les sciences du climats.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Projet tutoré : 12h

Cours Magistral : 15h

Travaux Pratiques : 10h

Autres : 12h

Pré-requis nécessaires

Étudiants de M2 Physique de l'Océan et du Climat (Master Science de la Mer et du Littoral, IUEM/UBO) ; et en formation continue.

Les étudiants doivent posséder un solide bagage en mathématiques, probabilités/statistiques et des bases en informatique.

Compétences visées

Ce cour renforce également la composante 'Sciences de l'ingénieur' du M2. Les compétences acquises sont également valorisables auprès de l'industrie offrant des débouchés futurs et massifs pour ce type de compétences.

A l'issue du module les étudiants devront être capable :

- de mettre en place un environnement 'big data' en ligne
- d'utiliser les outils techniques de bases associée à un environnement 'big data'
- de réaliser des opérations simples et d'extraire des informations utiles d'une source de données massives grâce à cette environnement
- maîtriser les d'apprentissage statistique simple permettant la classification de séries de données spatio-temporelles (classification avec méthode Kmean ; modèles de mélanges Gaussiens - GMM)

Descriptif

1) Module « Big Data »

Familiarisation avec les outils de manipulation de base données massives en utilisant notamment des solutions disponibles en ligne. Les outils sont principalement des espaces de stockage en ligne ('Cloud'), des nœuds de calculateurs ('Cluster'), et des suites de logiciels permettant d'exploiter de façon optimale l'environnement de machine sollicité et traiter de façon efficace de gros volumes de données. Les étudiants devront réaliser des opérations simples et extraire des informations utiles à partir d'un environnement 'big data' en ligne qu'ils auront mis en place avec leur jeu de données géophysiques (ex : données satellites de SST).

2) Module « Spatio/Temporal Data Mining»

Familiarisation avec les méthodes statistiques de fouille de données visant à identifier des schémas récurrents, ou pattern, dans des bases de données spatio/temporelle multi-paramètres et multi-dimensionnelles. Les méthodes explorées seront celles de classification et d'apprentissage supervisées et non-supervisées. Les étudiants devront apprendre les principes mathématiques de ces méthodes pour bien en comprendre les domaines d'application et à les utiliser dans des cas simples à l'aide de bibliothèques logiciels standards.

Dans les deux cas les données utilisées seront des données géophysiques océanographiques/atmosphériques provenant de sources massives : données satellites à haute résolution, sortie de modèles de climat multiples, ...

1) « Big Data » : 24 h = 8 CM + 16 TP de manipulation de données sur le cloud (répartition des heures à définir). Simple à mettre en œuvre avec les outils disponibles en ligne, mais avec un coût (prévoir ~500\$ pour une session).

2) « Spatio/temporal Data Mining » : 24h = 8h CM + 4h TP + 12h Projet. Un certains nombres de projets seront pré-préparés mais les propositions à l'initiative des étudiants sera favorisée.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Report de notes	Autre nature		100%	report de note session 1

Systèmes dynamiques pour les fluides planétaires

Présentation

Les systèmes dynamiques, la nature et les mécanismes du chaos pour les applications océanographiques, météorologiques - explorer les dynamiques des atmosphères et océans extra-terrestres

Dynamical systems, nature and mechanisms of chaos for oceanographic and meteorological applications ; explore extra-terrestrial atmospheres and oceans.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 8h

Cours Magistral : 12h

Pré-requis nécessaires

Connaissances en équations différentielles ordinaires et en mécanique classique ; connaissances en DFG de base
 Knowledge in ODE and in classical mechanics; basic knowledge in GFD

Compétences visées

Savoir traiter les systèmes dynamiques et appréhender les mécanismes du chaos pour les applications océanographiques, météorologiques et diversifier sa connaissance des océans et atmosphères planétaires

Descriptif

Expression mathématique d'un système dynamique simple. Notion de système dissipatif et de système hamiltonien. Notion de point fixe et de cycle limite ; exemples simples

La boîte à outils : Méthode des échelles multiples pour les systèmes paramétriques ou non linéaires, spectres, sections de Poincaré, exposants de Lyapunov. Classification des bifurcations :

Les routes vers le chaos dissipatif et vers le chaos hamiltonien.

Les atmosphères des planètes telluriques

Les atmosphères des planètes géantes

Océans sous glaciaires

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Report de notes	Autre nature		100%	report de note session 1

Cycle du carbone océanique et climat

Présentation

Compréhension des cycles biogéochimiques (carbone) et du lien avec le climat ; aide à l'analyse de l'évolution du climat planétaire.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 10h

Cours Magistral : 10h

Pré-requis nécessaires

Océanographie générale, notions de chimie et sur le climat

Compétences visées

Compréhension des cycles biogéochimiques (carbone) et du lien avec le climat ; aide à l'analyse de l'évolution du climat planétaire.

Descriptif

- > Notions générales sur lien entre histoire du climat, cycles biogéochimiques et rétroactions (l'hypothèse Gaïa) + TD
- > Cycle global du carbone naturel et perturbé
- > Le carbone et l'océan : traceurs et circulation
- > Le carbone et l'océan : la pompe biologique
- > Le carbone océanique et le changement climatique

Bibliographie

Broecker, W. S., and T.-H. Peng (1982), *Tracers in the sea*, Columbia University.

Hanson, R. B., H. W. Ducklow, and J. G. Field (2000), *The changing ocean carbon cycle*, Cambridge University Press.

Lovelock, J. (2010), *La terre est un être vivant, l'hypothèse Gaïa*, Flammarion

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Interactions physique-biologie (hors mention)

Présentation

2 crédits ECTS

L'enseignement se répartit en CM, TD/TP

Le contenu de l'enseignement contiendra les éléments pédagogiques suivants :

- Fonctionnement des écosystèmes pélagiques dans les couches de surface de l'océan : autour de la production primaire et des écosystème pélagiques. Approche s'appuyant sur les observations satellitaires permettant de donner les bases concernant la production primaire, l'utilisation de la lumière et le lien avec les structures physiques observées.
- Variabilité de la production primaire de la grande à la moyenne échelle.
- Structure verticale de l'océan ouvert : turbulence et couche de mélange océanique - dynamique verticale du plancton. Approche individu centré (Individual Based Model).
- Etudes de cas : Upwellings - Fronts - « Plankton patchiness » - Top predators et biologging

Pré-requis nécessaires

Bases générales d'océanographie Physique

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	20	100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	20	100%	

Parcours côtier

0 crédits ECTS

Dynamique côtière

Présentation

L'enseignement a pour but d'introduire la diversité des processus responsables de la dynamique en milieu côtier (du littoral jusqu'aux limites du plateau continental).

Les cours sont assurés par des chercheurs impliqués dans cette problématique.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 8h

Cours Magistral : 20h

Pré-requis nécessaires

M1 physique marine (POC) ou équivalent ; cours de GFD0 M2 PM POC

Compétences visées

compétences en analyse des phénomènes physiques de l'océan côtier, en leur compréhension et description, en validation de modèles, en prévision des impacts de cet océan sur le littoral

Descriptif

- introduction descriptive au milieu côtier : hydrologie, courant, nombre adimensionnel dynamique pertinents d'analyse

- marée et exercice analyse de données

- Onde inertie gravité, onde Kelvin, onde piégée

- TP numérique modèle amphidromie, effet du vent sur le niveau de la mer

- front, ajustement géostrophique et généralisation à 3 couches, critère de Simpson et Hunter et cas d'étude du front d'Ouessant.

- couche limite d'Ekman et pompage ; couche limite de fond en fluide tournant

- panaches : description et modèles théoriques de Yankovski

- Upwelling

- ondes internes : relation de dispersion (rappels), modèle linéaire bicouche

- equation de la TKE, structure de la Turbulence en milieu côtier, couche limite.

Bibliographie

Cushman-Roisin Benoit and Beckers Jean-Marie, 2010 : Introduction to geophysical fluid dynamics :Physical and Numerical Aspects-academic Press. <http://engineering.dartmouth.edu/~cushman/books/GFD.html>

Stewart Robert H., 2008 : Introduction To Physical Oceanography. Department of Oceanography, Texas A & M University. http://oceanworld.tamu.edu/ocean410/ocng410_text_book.html

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		50%	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Vagues 1 - Hydrodynamique

Présentation

Cet enseignement vise à une connaissance des phénomènes physiques associés aux états de mer. Il prépare le futur professionnel et le chercheur à leur prise en compte et leur modélisation théorique et numérique.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 16h

Travaux Dirigés : 4h

Pré-requis nécessaires

M1 ou équivalence

Compétences visées

Cet enseignement vise à une connaissance des phénomènes physiques associés aux états de mer. Il prépare le futur professionnel et le chercheur à leur prise en compte et leur modélisation théorique et numérique.

Descriptif

Après une description des méthodes statistiques, le mouvement des vagues sera abordé par la théorie d'Airy qui est la solution des équations linéarisées du mouvement. Les propriétés de vitesse orbitale, dérive, flux d'énergie et de quantité de mouvement seront déduites des équations. La théorie sera ensuite généralisée à un état de mer aléatoire réaliste et confrontée aux observations. Les observations empiriques de croissance et variation des états de mer sont ensuite reliées à une généralisation de la théorie d'Airy : prise en compte de l'effet du vent, déferlement, évolution non-linéaire. Sur cette base, les méthodes pratiques de prévision des vagues seront décrites. On s'intéressera en particulier aux effets des états de mer sur le mélange à la surface de l'océan et les flux air-mer.

Bibliographie

Ardhuin, F., 2011, Etats de mer : hydrodynamique et applications, 228 p. <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/wavewatch3/pub/COURS/>

Dean, R.G., Dalrymple, R. A., *Water wave mechanics for engineers and scientists*, World Scientific, 1991, 353 p.

Holthuijsen, L., 2008. *Waves in oceanic and coastal waters*. Cambridge University Press, 387 p.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		20%	
	CC	Oral		30%	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Vagues 2 - Milieu côtier

Présentation

Cet enseignement vise à une connaissance des phénomènes et des techniques de prévision des vagues en zone cotière. Il prépare le futur professionnel et le chercheur à leur prise en compte et leur modélisation théorique et numérique.

1 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Pré-requis nécessaires

M1 ou équivalence

Compétences visées

Cet enseignement vise à une connaissance des phénomènes et des techniques de prévision des vagues en zone cotière. Il prépare le futur professionnel et le chercheur à leur prise en compte et leur modélisation théorique et numérique.

Descriptif

Les effets de propagation sur bathymétrie et courants variables et de dissipation par frottement seront décrits théoriquement et empiriquement. Les conséquences en termes de courant littoral et surcote seront décrit. Ces phénomènes feront l'objet d'un travail de modélisation numérique réaliste d'une zone côtière, avec une validation par des mesures in situ et de télédétection.

Bibliographie

Ardhuin, F. , 2011, Etats de mer : hydrodynamique et applications, 228 p. <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/wavewatch3/pub/COURS/>

Dean, R.G., Dalrymple, R. A., *Water wave mechanics for engineers and scientists*, World Scientific, 1991, 353 p.

Holthuijsen, L., 2008. *Waves in oceanic and coastal waters*. Cambridge University Press, 387 p.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Dynamique sédimentaire (ENSTA Bretagne)

Présentation

Connaissance des processus générateurs des mouvements de sédiment en milieu côtier, et des méthodes d'évaluation de ces mouvements ; caractérisation des structures géomorphologiques qui en résultent

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Dirigés : 10h

Pré-requis nécessaires

Mécanique des fluides à surface libre et/ou mécanique des fluides géophysiques

Compétences visées

Connaissance des processus générateurs des mouvements de sédiment en milieu côtier, et des méthodes d'évaluation de ces mouvements ; caractérisation des structures géomorphologiques qui en résultent

Descriptif

- Introduction : les facteurs physiques générateurs des mouvements de sédiment.
- Eléments de sédimentologie et de géomorphologie descriptive, notion de cellule hydrosédimentaire.
- Méthodes de quantification des forçages hydrodynamiques : contraintes de cisaillement sur le fond sous l'effet d'un courant et/ou des vagues.
- Comportement des sédiments non cohésifs (sables), capacité de transport
- Comportement des sédiments cohésifs, flocculation, dépôt, consolidation, érosion
- Stratégies de modélisation des flux sédimentaires (transport à l'équilibre, advection/dispersion)
- Modélisation des couplages hydro-morpho-sédimentaires
- Structures et formes sédimentaires ; calculs de stabilité
- Interactions sédiment/biota
- Application à la morphodynamique de plage
- Application aux accumulations turbides en estuaire (bouchon vaseux)

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Report de notes	Autre nature		100%	report de note session 1

Modélisation numérique côtière 1 (ENSTA Bretagne)

Présentation

Cours d'approfondissement et de préparation à la recherche pour les étudiants intéressés par l'océanographie physique et plus particulièrement la modélisation océanique côtière.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 12h

Travaux Dirigés : 18h

Pré-requis nécessaires

M1 ou équivalence

Compétences visées

Cours d'approfondissement et de préparation à la recherche pour les étudiants intéressés par l'océanographie physique et plus particulièrement la modélisation océanique côtière.

Descriptif

Le cours sera divisé de la manière suivante :

> Rappel

Construction de schémas aux différences finies
Consistance, stabilité et convergence
Analyse de Von Neumann
Schémas temporels

> Equations Navier-stockes

Conservation de la masse
conservation du moment
Force de Coriolis
Approximation de Boussinesq
Approximation hydrostatique

> Equations de Reynolds

Reynolds averaged Navier Stokes equations
Notion de fermeture turbulente
Modèles de fermeture : Prandtl, tke, k-epsilon

> Processus de diffusion

Schémas numériques 1D vertical (Euler, Cranck Nicolson, Dufort-Frankel)
Analyse de stabilité numérique, propriété spectrale de dissipation et dispersion

> BE1

Ondes de gravité, couches d'Ekman, couche limite de fond (marée,vagues), convection forcée, entraînement par le vent

> TP Advection**> Ondes barotropes****> BE2**

Réalisation d'un modèle numérique 2D d'onde d'inertie gravité

Bibliographie

Cushman-Roisin B. and Beckers J-M, 2011. Introduction to geophysical fluid dynamics- Physical and numerical aspects (Second Edition), Elsevier, 828 pp.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Report de notes	Autre nature		100%	report de note session 1

Modélisation Numérique Côtère 2 (ENSTA Bretagne)

Présentation

Cours d'approfondissement et de préparation à la recherche pour les étudiants intéressés par l'océanographie physique et plus particulièrement la modélisation océanique côtière.

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 30h

Pré-requis nécessaires

M1 ou équivalence

Compétences visées

maitrise d'un modele numerique oceanique cotier pour les objectifs de recherche, developpements, etudes applicatives en laboratoire ou en centre de recherches des entreprises

Descriptif

> **TP TELEMAC = modélisation côtière réaliste**

propagation de marée

circulation rectifiée par le vent et surcote

couche limite de fond

mise en place d'un coin salé

dispersion de traceur dissout

Bibliographie

www.opentelemac.org/index.php/presentation?id=17

www.opentelemac.org/index.php/presentation?id=18

www.opentelemac.org/

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Report de notes	Autre nature		100%	report de note session 1

Parcours hauturier

0 crédits ECTS

Modélisation numérique hauturière

Présentation

savoir utiliser un modèle océanique (CROCO) et en connaître ses limites.

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 5h

Cours Magistral : 20h

Pré-requis nécessaires

M1 Physique Marine ou équivalent (cursus GE)

Compétences visées

competences en modelisation numerique de l'océan pour les applications recherche et industrie

Descriptif

1. Les composantes d'un modèle numérique océanique :

- > Les différents types de modèles numériques
- > Les équations résolues et les approximations physiques (Boussinesq, hydrostatique, etc)
- > Les discrétisation spatiales (grilles horizontales, coordonnées verticales z/sigma/hybrides)
- > La discrétisation temporelle (time-stepping)
- > Les différents schémas d'advection
- > La notion de stabilité et les conditions CFL
- > Les aspects physiques cruciaux à contrôler (mélange diapycnal, convergence etc)
- > Equation d'état
- > Paramétrisations: Mélange vertical, dissipation horizontale, tension de fond
- > Les forçage de surface (observations, modèles atmos., bulk formulation, etc.)

2. Anatomie d'un code (le modèle CROCO):

- > Structure informatique du code
- > Chartflow, noms des variables
- > Fichiers d'entrée et de sortie, Parallélisation

TP numériques:

- > Mise au point, exécution et analyse d'une configuration idéalisée (mont sous-marin, canal périodique)
- > Mise au point, exécution et analyse d'une configuration réaliste (au choix)
- > Introduction au Python et utilisation pour les diagnostics des sorties de modèles

Bibliographie

John Marshall, Kerry Emanuel, and Alistair Adcroft. *12.950 Atmospheric and Oceanic Modeling, Spring 2004*. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare),

Griffies, Stephen M, "Some Ocean Model Fundamentals", In "Ocean Weather Forecasting: An Integrated View of Oceanography", 2006, Springer Netherlands.

Shchepetkin, A. F., & McWilliams, J. C. (2005). The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. *Ocean Modelling*, 9(4), 347-404.

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	



Université de Bretagne Occidentale

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Théories de la circulation océanique generale et equatoriale

Présentation

Ce cours traite des processus physiques qui contrôlent l'hydrodynamique de la circulation océanique generale. Une approche GFD permet de generaliser a d'autres cas, les processus physiques etudies ici, en utilisant des nombres adimensionnels similaires. En effet, nombre de ces processus existent dans l'atmosphere

This is a course about the physical processes which control the hydrodynamics of the open ocean circulation. A GFD approach allows to export elsewhere the physical processes learned herein if the governing adimensional numbers are in the same range. Indeed many of these processes are also active in the atmosphere.

5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 28h

Travaux Dirigés : 7h

Pré-requis nécessaires

dynamique des fluides geophysiques

Geophysical Fluid Dynamics

Compétences visées

comprendre la circulation generale des oceans et son role dans la variabilite climatique

maitriser les theories fondamentales de la circulation oceanique et etre capable des les utiliser pour valider les resultats d'un modele numerique

understanding the general circulation of the ocean and its role in climate variability

mastering the basic theories of ocean circulation and being able to use them to validate the results of a numerical model

Descriptif

1. Questions to be asked and Basic approximations: geostrophy and hydrostatics

The ocean as a homogeneous fluid

2. Wind driven ocean circulation, Sverdrup theory

3. Potential vorticity, Quasi-geostrophy, Western intensification and western boundary currents

4. Rossby waves

5. Nonlinear inertial effects, Barotropic instability

The ocean as a stratified fluid

6. Quasi geostrophy again

7. Modal decomposition, Rossby waves again

8. The spin up of the wind driven ocean circulation and Gill's catastrophe

9. The vertical structure of the wind driven circulation (the ventilated thermocline and Rhines-Young's ideas)

10. Baroclinic instability

11. The thermohaline circulation, The vertical mixing problem, Stommel-Arons's type ideas for the abyssal circulation, The shut down of the circulation.

Tropical and Equatorial Dynamics

- Tropical thermocline ventilation

- Theory of the Equatorial Under Currents circulation

- Equatorial Waves and adjustment

- Tropical ocean-atmosphere coupling : ENSO theories

Bibliographie

ACdV Lecture notes Oceanic Circulation (in French) # stockage.univ-brest.fr/~acolindv

Gill, Atmosphere-Ocean dynamics

Pedlosky's books (The ocean circulation and his GFD book)

Holton, Dynamic Meteorology

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		50%	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Dynamique oceanique de meso echelle

Présentation

Se former à la dynamique des fluides géophysiques et à la compréhension des mouvements des fluides planétaires, via des théories mathématiques, des exercices d'application, des expériences en laboratoire et éventuellement l'analyse de données à cette compréhension

GFD and physical oceanography course covering the oceanic mesoscale, jets, vortices, their stability and their role in the larger scale circulation as well as for smaller scale features

Use of mathematical theories, exercises, lab experiments and time permitting, data analysis

4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 4h

Travaux Pratiques : 1h

Cours Magistral : 20h

Pré-requis nécessaires

Connaissances en dynamique des fluides géophysiques (niveau M2)

knowledge of GFD0

Compétences visées

Comprendre la meso echelle oceanique, son role dans la circulation generale des oceans, dans les flux de chaleur et de sel (ou de traceurs) et son impact sur la biogeochimie (ou la biologie) marine ; etre capable d'analyser des situations oceaniques (jeux de donnees ou sorties de modeles) ou la meso echelle oceanique joue un role essentiel

Understanding the oceanic mesoscale, its role in larger and smaller scale dynamics and on biogeochemistry

Descriptif

Description des mouvements à moyenne échelle dans l'océan – jets, tourbillons ; place de la moyenne échelle dans le spectre des mouvements océaniques et liens avec les autres échelles (grande échelle, sous méso échelle). Importance pour les transferts d'énergie, de chaleur et de traceurs,

Instabilité barotrope des écoulements parallèles, critères de stabilité, application déjà un jet triangulaire, transferts d'énergie entre courant moyen et perturbation, critère de phase, développement non linéaire de l'instabilité, équation de Landau

Instabilité barocline des courants parallèles, critères de stabilité, problème de Phillips (développée), problèmes d'Eady et de Charney, transferts d'énergie ; résonance d'ondes de Rossby

Autres instabilités des courants océaniques : instabilité de Kelvin Helmholtz, instabilité inertielle/centrifuge, instabilité symétrique, instabilité agéostrophique anticyclonique.

Dynamique du tourbillon isolée, structure, stationnarité, stabilité ; évolution du tourbillon sur le plan beta ou en présence de déformation ; interactions de tourbillons ; effet de la topographie, lien avec la turbulence.

Effets thermodynamiques des tourbillons : transport de chaleur ou de sel, ventilation atmosphérique, instabilité convective ou double diffusive.

Mesoscale oceanic motions - description

Barotropic and baroclinic instabilities of jets

Other instabilities

Isolated vortex dynamics, stability - vortex interactions

thermodynamical impact of vortices

Bibliographie

G Vallis, Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics, Cambridge University Press

J C McWilliams, Fundamentals of geophysical fluid dynamics, Cambridge University Press

Deux articles de synthese de X Carton sur les tourbillons oceaniques

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	



Université de Bretagne Occidentale

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Dynamique de l'atmosphère

Présentation

Cet enseignement vise à une compréhension des processus physiques expliquant la structure moyenne de l'atmosphère, en termes de dynamique (circulation des vents) et thermodynamique (température, humidité).

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 30h

Pré-requis nécessaires

M1 PM POC ou équivalent

Compétences visées

A l'issue de ce cours les étudiants devront être capables de résoudre des problèmes simples de transfert radiatif appliqués à la Terre ou autres planètes (Mars, Venus, etc) via des méthodes analytiques ou numériques, et de comprendre l'impact des différents types de forçages (forçage par les tourbillons, forçage orographique, forçage diabatique) sur la circulation moyenne des vents de surface et d'altitude. Ce socle de connaissances permettra à l'étudiant d'appréhender des problèmes plus complexes en lien avec la variabilité de l'atmosphère, de l'interaction de celle-ci avec les autres composantes du système climatique (en particulier l'océan et la glace de mer), ou enfin de la réponse de l'atmosphère à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre.

Descriptif

L'accent sera mis sur la convection profonde (sèche et humide), le transfert radiatif, l'effet de serre, la circulation générale de l'atmosphère, les conséquences élémentaires de la rotation d'une planète et de la stratification des fluides sur la circulation des vents.

Bibliographie

Physics of climate, Peixoto and Oort.

Global physical climatology. Hartmann

Principles of planetary climate. Pierrhumbert

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		1/3	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	2/3	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Turbulence océanique

Présentation

A partir des connaissances sur les instabilités océaniques et sur la méso échelle océanique, ouvrir la connaissance des liens entre tous les mouvements du spectre.
 Démarche double : approche phénoménologique/théorie statistique, approche déterministe

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 12h

Travaux Dirigés : 3h

Pré-requis nécessaires

Connaissance de la dynamique des fluides géophysiques et de la méso échelle océanique (niveau M2)

Compétences visées

mieux comprendre et mieux interpréter la variabilité physique de l'océan et les interactions non linéaires d'échelles

être capable d'appréhender et de quantifier - par la théorie et la simulation numérique - l'impact des petites échelles océaniques sur la biogéochimie marine et sur les écosystèmes marins

Descriptif

Importance de la turbulence dans le domaine océanique ; multiplicité des échelles de mouvement et liens entre elles

théorie phénoménologique/statistique de la turbulence 3D – application aux petites échelles (rotation et stratification faibles)

Rotation et stratification dominantes – théorie de la turbulence 2D et géostrophique – transferts d'énergie et d'énstrophie – liens avec les structures physiques

Turbulence en milieu stratifié non tournant – turbulence de surface ou d'interface océaniques

Frontogénèse et filamentogénèse – sous méso échelle, importance des composantes agéostrophiques et des vitesses verticales

Bibliographie

J C McWilliams. Elements of Geophysical Fluid Dynamics

J C McWilliams articles J Fluid Mech 1984, 1989, 1990a et b, sur la turbulence 2D, sur la turbulence océanique, et sur les structures cohérentes en turbulence

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Ondes Océaniques

Présentation

Connaître la dynamique des ondes océaniques pour pouvoir analyser une situation océanique réaliste, dans un cadre de recherche ou professionnel

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 4h

Cours Magistral : 12h

Pré-requis nécessaires

Connaissance en dynamique des fluides géophysiques niveau M2

Compétences visées

Connaître la dynamique des ondes océaniques pour pouvoir analyser une situation océanique réaliste, dans un cadre de recherche ou professionnel

Descriptif

Ondes acoustiques : ondes longitudinales de compression

Ondes non hydrostatiques : ondes d'inertie gravite dans le modèle de Boussinesq incompressible

Ondes de gravite ou inertie gravite internes et externes dans un fluide continûment stratifié

Ondes de Rossby planétaires dans un fluide continûment stratifié ; ondes topographiques

Ondes en milieu shallow-water

Effets de frontières : ondes de Kelvin côtière, de talus, onde de plateau, onde piégée à la côte

Ondes équatoriales : Kelvin, Rossby, Yanai

Ondes sur la planète sphérique – équation de Schrödinger

Nonlinearite des ondes ; résonance et instabilités des ondes, transport de matière, solitons

Bibliographie

Holrhuijsen: Waves in oceanic and coastal waters, Cambridge University Press

Gill, atmosphere oecan dynamics, academic press

Leblond and Mysak, Waves in the ocean, Elsevier

Csanady, circulation in the coastal ocean, Reidel

Le Mehaute, an introduction to hydrodynamics and water waves, Springer

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Option stage terrain (hydro-océano) (ENSTA Bretagne)

Présentation

Students perform a complete survey of a lake, river or bay, from system installation, set-up, operations, data processing, and chart production on various subjects, each subject being elective, among six possible topics.

Use of CTD, ADCP, Lidar and various other sensors, then data processing and interpretation, are a central part of the activity of this teaching unit. Students

0 crédits ECTS

Volume horaire

Autres : 35h

Terrain : 35h

Teaching and learning methods	This project aims at student autonomy and self management. Teams of 3-6 students have dedicated assignments during the Semester with also self-study.
-------------------------------	---

Personal work	75h
---------------	-----

Pré-requis nécessaires

This survey will take place early in the academic year, so that few pre-requisites can be asked; ease with computer language is most useful; interest for in situ measurements is required

Software used	Qinsy, Caris/HIPS & SIPS, Caris/57-Composer, Caris/BaseEditor, Seanet, GRASS, GNSS studio, MATLAB, Python, TELEMAT
---------------	--

Compétences visées

Learning outcomes (common to all assignments):

1. To set up a survey;
2. To calibrate a survey system and evaluate survey data quality;
3. To process and analyze survey data;
4. To produce scientific report and oral presentation;

Descriptif

Week	Item	
1	P1-3	Project assignment and preparation
2-3	P4-P42	Fieldworks: 1) Equipment installation, set-up and calibration. 2) Surveys, data processing (near real-time), data quality check

4 -15	P43-P93	Fieldworks: Data processing and reporting	
16	P94-P96	Oral presentations, during a one-day workshop	

Bibliographie

not relevant

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - rapport		50%	
	CT	Oral	30	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Report de notes	Autre nature		100%	report note de session 1

Stage (de mars à septembre)

Présentation

20 crédits ECTS

Le stage de recherches du M2 PM POC s'effectue dans un laboratoire public ou privé, en France ou à l'étranger. Il consiste en l'étude analytique, expérimentale ou numérique d'une problématique originale, mais limitée en ampleur, de l'océanographie physique,

Pré-requis nécessaires

connaissances du M2 PM POC

Compétences visées

savoir maîtriser et utiliser les connaissances acquises pendant les cours du M2 PM POC

savoir appliquer les outils découverts ou approfondis pendant la formation

savoir gérer un temps limité pour effectuer un travail - planification

savoir rédiger son travail dans un format donné et le présenter oralement

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Stages	CT	Ecrit - rapport		50%	
Stages	CT	Oral - soutenance	30	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			si échec, possibilité de refaire un stage l'année suivante