

Master Physique

Parcours Physique océan et climat

Objectifs

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

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.

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, Sciences des Données Océaniques, 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 afin de mettre en exergue les méthodes et compétences 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 1ère 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.

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.

Public cible

Le M1 est ouvert aux étudiants titulaires d'un L3 en physique ou en mathématiques (voir les conditions d'accès au niveau de la mention); il est également ouvert aux étudiants ayant validé une première année d'école d'ingénieurs de rang A (avec une moyenne de 12/20)

Le M2 est ouvert aux étudiants ayant validé le M1 physique marine dans le parcours; il est également ouvert aux étudiants ayant validé une deuxième année d'école d'ingénieurs de rang A (avec une moyenne de 12/20)

Compétences acquises

Compétences

1. Savoirs :

Connaissance de l'océanographie physique, d'éléments de dynamique atmosphérique, de théorie, d'analyse de données in situ et de modélisation numérique. Spécialisation hauturière ou côtière, possibilité d'option

2. Savoir-faire : Le titulaire de ce diplôme a acquis un certain nombre de savoir-faire. La réalisation de projets est maintenant à la base de nombreux cours du M2 POC.

3. La formation donnée vise à développer une autonomie de raisonnement et d'acquisition des techniques principales utilisées dans les gisements d'emploi.

4. Le stage permet d'acquérir des compétences telles l'analyse critique de la littérature scientifique ou de ses propres résultats, la planification du travail, la présentation écrite et orale des résultats

5. le projet professionnel est l'occasion de se placer dans un contexte professionnel pour acquérir les compétences de gestion de projet.

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. Projects are now included at the basis of many courses

3. the training gives autonomy in reasoning to the student and the main practical and useful techniques for the jobs concerned.

4. the internship gives the student the ability of reacting critically to the scientific literature or his own results. He/she will be able to plan his/her work, to present it in a written report and orally in front of the jury

5. the professional project gives the student the opportunity to develop a project completely in a professional environment

Conditions d'accès

> En Master 1 : bac+3.

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

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)

Infos pratiques

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

Contacts

Responsable pédagogique

CARTON Xavier

xavier.carton@univ-brest.fr

Responsable pédagogique

HERBETTE Steven

steven.herbette@univ-brest.fr

Responsable Secrétariat pédagogique

Scolarité IUEM

scolarite-iuem@univ-brest.fr

Programme

M1

semestre 7 Physique POC

Fluides 1	50h
Mathématiques Appliquées 1	32h
Modélisation numérique 1	30h
Analyse de données 1 - Data Analysis 1	38h
Programmation scientifique	20h
Inter SML	20h
Anglais S7 Physique	20h
Initiation Océan et Climat	42h
Introduction à la dynamique des fluides géophysiques	35h

semestre 8 Physique POC

Fluides 2	47h
Mathématiques appliquées 2	33h
Modélisation numérique 2	20h
Analyse de données 2	38h
Anglais S8 Physique	20h
Oral scientifique	17h
Formation biblio & projet individuel	17h
Méthodes avancées en océanographie	30h
Stage M1 POC	

M2

Dernière mise à jour le 13 mars 2025

semestre 9 Physique POC

Projet Interdisciplinaire Mutualisé	24h
Anglais Scientifique	20h
Projet professionnel	
Dynamique des fluides géophysiques	27h
Ondes internes océaniques	20h
Observation circulation et masses d'eaux	28h
Terrain physique POC	
- Mesures in situ	34h
- Stage de terrain Guerlédan (ENSTA Bretagne)	60h
Spécialité hauturière	
- Circulation océanique générale	35h
- Circulation méso échelle océanique	26h
- Turbulence océanique	18h
- Dynamique atmosphérique	32h
- Modélisation numérique hauturière	30h
Spécialité côtière	
- Dynamique côtière	30h
- Dynamique sédimentaire (ENSTA Bretagne)	30h
- Modélisation numérique côtière 1 (ENSTA Bretagne)	36h
- Modélisation Numérique Côtière 2 (ENSTA Bretagne)	24h
- Vagues	25h
Option Physique POC	
- Télédétection (ENSTA Bretagne)	43h
- Interactions physique-biologie	32h

semestre 10 PM POC

Stage M2 PM POC

Fluides 1

Présentation

This course aims at introducing Fluid Mechanics to non specialists, starting from classical mechanics. It establishes the equations governing homogeneous incompressible fluids (statics, kinematics, dynamics, vorticity dynamics) and solves them for steady flows, irrotational flows, viscous flows, surface waves. It gives applications to aerodynamics, hydrodynamics and hydraulics. This course is taught in English

5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 18h

Travaux Dirigés : 24h

Travaux Pratiques : 4h
Autres : 4h

Objectifs

Objective of the course:

this is the basic course upon which specialized fluid dynamics courses (GFD, fluid-solid interactions) will be based.

Pré-requis nécessaires

Pre-requisites:

mathematical analysis : ODEs, PDEs (preferably), real functions of several variables, geometry of curves and surfaces, vector analysis ;

physics : classical mechanics, electrostatics (electromagnetism), thermodynamics

Compétences visées

this course builds up know-how and abilities:

ability to identify scientific questions

ability to use these results for scientific projects

ability to validate numerical results with theoretical results

use for problem solving in fluids

contributes to a global approach (holistic approach) to problem solving

use for building numerical algorithms for professional purposes

Descriptif

Contents

Introduction/description of fluids, from microscopics to macroscopics

fluid statics

fluid kinematics and deformation

fluid dynamics

vorticity

steady flows

irrotational flows

aerodynamics and hydrodynamics

boundary layers

viscous flows

surface waves

hydraulics

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 - devoir maison		1/3	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	150	2/3	



Université de Bretagne Occidentale

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

Mathématiques Appliquées 1

Présentation

The 1st applied maths course is designed to provide the student with analytical tools for physics, such as ODE solutions, perturbations methods, Lyapunov exponents...

It is followed by the 2nd applied maths courses which focuses on the (mainly linear) partial differential equations for physics (fluid mechanics in particular).

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 15h

Travaux Dirigés : 17h

Objectifs

To acquire the mathematical tools necessary for many problems in the engineering sciences (aerodynamics or hydrodynamics, calculation of structures, etc.) or useful in Master 2 in these fields.

Pré-requis nécessaires

Integration of linear ordinary differential equations.

Compétences visées

- > Know the basic methods for discussing solutions of ordinary differential equations.
- > Develop approximate solutions in the form of asymptotic developments when a small parameter can be identified in the equations.

Descriptif

I. Reminders and mathematical complements: Ordinary differential equations of order 1 and 2 with constant coefficients - Integer series.

II. Characterization of solutions of linear and non-linear differential equations:

1. Notion of flow, phase portrait, reminder on the existence and uniqueness of solutions.
2. Linearization around an equilibrium and notion of stability. Introduction to the Lyapunov method for equilibrium stability.

III. Determination of approximate solutions of second order differential equations :

1. Perturbation methods and notion of asymptotic expansion.
2. Application to differential equations

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	100%	

Modélisation numérique 1

Présentation

This course introduces the basic numerical methods used to solve fluid mechanics problems (finite differences, spatial discretization, integration in time, accuracy, order, convergence, stability). The course is taught in English. Practicing is an essential part of the course. The programming language is Python.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 9h

Travaux Dirigés : 21h

Objectifs

Objectives

Acquire the foundation concepts of numerical modelling. Be able to implement numerical methods in Python. Be able to test and validate a numerical code.

Pré-requis nécessaires

Pre-requisites

Linear algebra, ordinary differential equations

Compétences visées

Abilities provided

Identify numerical methods for problem solving and validate results ; know and know how to use numerical simulation codes to tackle complex problems

Descriptif

Contents

Classes are done in computer rooms, they blend theory and practice with a computer. Small homework are asked from one class to another. The final mark is composed of a final exam (50 % of the mark), in computer room, and of two personal projects (25% each). The course is split in two parts

Part 1: Spatial discretization

- > finite vs volume methods
- > staggered grid
- > boundary conditions
- > matrix representation
- > eigenvectors and eigenvalues
- > iterative methods to solve system of equations

Part 2: Integration of ordinary differential equations

- > order, convergence, stability
- > explicit vs implicit schemes
- > Runga Kutta methods
- > multi-stages methods

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	Ecrit - devoir maison		50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

Analyse de données 1 - Data Analysis 1

Présentation

This course concentrates on the basic concepts of two aspects of data analysis indispensable for a scientist working in any field : spectral methods and statistical methods. The emphasis is on the practical implementation (using Python language) although some elements of the theory are also considered. This course is taught in English.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 17h

Travaux Dirigés : 15h

Travaux Pratiques : 6h

Objectifs

Objectives

The goal of this course is to provide the students with a sound knowledge of the basics of the data analysis via practical examples.

Pré-requis nécessaires

Pre-requisites

Calculus, scientific programming at L3 level

Compétences visées

At the end of this course, the student should be able to:

- > Select an appropriate method to analyze laboratory, insitu, modelling data, and address a specific problem
- > Implement numerically a data analysis method using Python in order to tackle a scientific problem
- > Validate the results obtained and identify the limitations of the method

Descriptif

Contents

The course consists of 2 parts:

1. Spectral analysis

Fourier series, Fourier Transform, Discrete Fourier Transform. Calculation of the different spectral representations of the signal : Linear and Power spectrum, Power spectral density. Zero-padding in time and frequency domain. Sampling theorem. Spectral leakage and window functions. Random signal, estimation of the Power spectral density of random signals and confidence intervals of the Power spectral density estimates. Spectrograms. According to the time available : the basics of the numerical filtering.

2. Statistical analysis

Students will learn to:

- Choose and use appropriate descriptive measures and visualization methods to summarize data; identify outliers in a data set
- Interpret a graph of a probability density function; identify and generate data drawn from the normal distribution; test whether or not data conform to a given probability distribution
- Construct confidence intervals; propagate errors
- Perform and interpret a hypothesis test, adjusting for sample size where necessary; explain the notion of statistical power
- Implement all of the above methods using Python

Classes comprise a mix of theory and practical work.

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	Ecrit - devoir surveillé	180	100%	

Programmation scientifique

Présentation

This course provides elementary and advanced knowledge on scientific programming. Courses are mainly hands-on sessions in PYTHON aiming at teaching students how to design and implement efficiently some scientific algorithms designed for data analysis and numerical modelling.

Objectifs

Equip students with the numerical skills to implement their own programs for numerical modelling and data analysis purposes:

- > programming skills in python, a widely used open-source programming language among the scientific community
- > techniques to implement efficient algorithms designed for data analysis and scientific calculus
- > elementary knowledge to read files, and plot data

Pré-requis nécessaires

elementary notions of scientific programming (variables, arrays, indexing, loops)

Compétences visées

- > Build an algorithm that carries out intense scientific calculation
- > Implement an algorithm in a programming language

Descriptif

Classes consist in computers hands-on sessions using *Jupyter-Notebook*. Students test some standard python commands, learn some elementary programming techniques, and implement their own codes. Homework can be given from one session to another, but most of the expected work consists in cleaning and commenting the notebook written during the class, so that seen commands and techniques can be re-use efficiently in more complex programs at the following session. The final mark is composed of a final exam (50 % of the mark) and of one personal project (50%). The course contents is made of the following:

- > Introduction to python and numpy: variables, lists, arrays, indexing
- > Design and coding of an algorithm: for loops
- > First steps towards efficiency programming : functions, vectorization, boolean indexing
- > Reading text, binary, and Netcdf files
- > Visualizing data

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	Autre nature	120	50%	
Autres	CC	Ecrit - devoir surveillé		50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 7h

Travaux Dirigés : 8h

Travaux Pratiques : 5h

Inter SML

Présentation

L'UE InterSML a pour finalité d'initier les étudiants à la pluridisciplinarité en les sensibilisant aux questionnements scientifiques autour d'une thématique commune de sciences de la Mer et du littoral. Cette UE permet d'aborder la démarche d'observation : de l'acquisition de la donnée, l'exploitation de celle-ci, aux différentes méthodes d'interprétation propre à chaque discipline.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 20h

Objectifs

De par son dispositif d'*active learning*, l'UE InterSML permet de faire du lien entre les étudiants de Master 1 de toutes mentions SML, mais aussi de développer de nombreuses compétences transverses comme l'adaptabilité ou l'empathie. Cette UE propose également une première ouverture à l'interdisciplinarité et une acculturation aux enjeux sociétaux.

Pré-requis nécessaires

aucun

Compétences visées

- > Communiquer à des fins de formation ou de transfert de connaissances
- > Prendre des responsabilités pour contribuer aux savoirs et aux pratiques professionnelles
- > Analyser ses actions en situation professionnelle
- > Conduire un projet pouvant mobiliser des compétences pluridisciplinaires dans un cadre collaboratif
- > S'appropriier les enjeux environnementaux et sociétaux actuels et futurs et développer une conscience critique des savoirs dans un domaine et/ou à l'interface de plusieurs domaines
- > Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles procédures et intégrer les savoirs de différents domaines

Descriptif

Cette UE est menée en mode projet pluridisciplinaire. Elle est commune à plusieurs mentions de Master du domaine SML. Une thématique commune de travail pour les ateliers est choisie collégalement. Cette thématique peut varier selon les années. Cette UE est découpée en trois séquences :

Première séquence

4 d'ateliers disciplinaires sont suivis par les étudiants. Pour ces ateliers, des groupes pluridisciplinaires sont formés afin de favoriser l'exploration disciplinaire par le prisme étudiant. Ces ateliers se déroulent sur 4 jours avec des ateliers par ½ journée.

Deuxième séquence

Temps de travail autonome, par groupes préalablement construits, afin de préparer la restitution évaluative. Deux séances de suivi de projet ou bilan d'étape. Ces séances se font en commun avec tous les groupes afin que les étudiants partagent leurs avancées et expriment leurs difficultés si besoin à l'ensemble de l'équipe pédagogique et des autres étudiants. C'est également l'occasion d'affiner leur thématique d'exploration choisie pour l'évaluation.

Troisième séquence: Journée « interdisciplinarité et formation »

La matinée de cette journée est consacrée à la l'évaluation sous forme de restitution orale de 30 minutes (15 minutes de présentation et 15 minutes de question) devant un jury. Une restitution écrite individuelle concise (1 page maximum) doit-être remise en amont de cette restitution orale. L'après-midi les étudiants de M1 doivent assister aux restitutions des travaux des M2, sous le format d'une simulation de Conférence des Parties (COP) et dans la présentation des accords locaux trouvés pour répondre aux ODD.

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		20%	
	CT	Oral - exposé	30		

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

Anglais S7 Physique

Présentation

The tools for an efficient scientific communication in English will be mastered through extensive written (reports, synthesis, ...) and oral (debates, presentations, ...) activities. These activities may be parts of projects developed and implemented with other teachings.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 20h

Objectifs

Equip students with the skills and knowledge necessary to communicate efficiently and unequivocally with fellow scientists as well as novices.

Pré-requis nécessaires

Grammatical & Lexical basics acquired within the frame of a Scientific Bachelor's Degree.

Compétences visées

- > B2-level Mastery of the 5 main language skills (Reading and Listening comprehension, Written Expression and Oral (both Continuous and Interacting) Expression).
- > Ability to present activities and/or results.
- > Ability to argue in the defense of a position.
- > Constructive debating skills.
- > Efficient negotiation skills.
- > Ability to advise by means of reports.
- > Ability to ease decision-making by means of synthesis.

Descriptif

- > Job search in English,
- > Correct use of English tenses in scientific presentations (oral and written),
- > Writing of reports and synthesis,
- > Discussing scientific results ...

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 et/ou Oral		50%	
Autres	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

Initiation Océan et Climat

Présentation

This course introduces the basics of the large-scale dynamics of the atmosphere and ocean. The developed theoretical concepts are used to understand some aspects of climate, such as the origin of the temperature decrease with height, the structure of the zonal mean winds in the atmosphere or the stability of the Atlantic thermohaline circulation. English friendly course.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 15h

Travaux Pratiques : 10h

Travaux Dirigés : 17h

Objectifs

On completing this course, students will be able to solve both analytically and numerically simple problems related to the large-scale dynamics of the atmosphere or ocean, such as the determination of the large-scale circulation from a given temperature or density distribution. Students will also be able to build simple mathematical models of climate and solve them for applications to the stability of linear and nonlinear systems.

Pré-requis nécessaires

vector calculus, basics of fluid mechanics and applied mathematics.

Compétences visées

- > Use atmospheric and oceanic theories to understand the physics of the Earth's climate and the global warming
- > Apply analytical and numerical methods to analyse and interpret oceanic and atmospheric data

Descriptif

The course is divided into 3 parts. Lecture notes (120pp, written in English) are available for this course.

Chap1. Energy balance of the Earth's climate system

- > Distribution of insolation at the top of the atmosphere
- > Basics of radiative transfer
- > Emission temperature
- > Radiation balance at the top of the atmosphere
- > Simple models of the greenhouse effect
- > A short introduction on dynamical systems (fixed points, and stability)
- > Climate feedbacks
- > Multiple equilibria in the climate system

Chap2. Large-scale atmospheric circulation

- > Atmospheric composition
- > Mean state of the atmosphere (temperature, water vapour, winds, clouds, etc)
- > Equation of state
- > Hydrostatic balance (and its validity)
- > Dry adiabatic lapse rate and convection
- > Geopotential height / Hypsometric equation
- > Geostrophic balance
- > Thermal wind balance in pressure coordinates

Chap3. Large-scale ocean circulation

- > Mean state of the ocean (temperature, salinity, circulation)
- > Geostrophy and thermal wind balance in height coordinates
- > Energetics of the circulation and the importance of mixing (Sandstrom theorem)
- > Multiple equilibria of the oceanic overturning circulation

The course is completed with about 10 hours of computer classes where students use simple energy balance climate models to study the sensitivity of the atmospheric mean state to changes in external forcings or parameters, learn how to build bifurcation diagrams and interpret them, develop python scripts to compute (among other things) geostrophic currents based on observed atmospheric and oceanics temperature/density distributions.

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 à la dynamique des fluides géophysiques

Présentation

This course provides an introduction to the fundamental concepts, mathematical techniques and canonical solutions of geophysical fluid dynamics (GFD). The philosophy of GFD is to obtain simplified equations and then use those to study specific atmospheric or oceanic flows. The course will mostly be restricted to the dynamics of rotating, incompressible and homogenous flows.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 20h

Cours Magistral : 15h

Objectifs

On completing this course, students will be able to build and solve a simplified set of equations of motion applied to a basic atmospheric or oceanic phenomenon. Students will acquire knowledge about the physics of geophysical flows.

Pré-requis nécessaires

Vector calculus, fluid mechanics, partial differential equations

Compétences visées

- > Relate oceanic phenomena to basic geophysical fluid dynamics processes
- > Use mathematical techniques to solve geophysical fluid dynamics problems

Descriptif

Lecture notes (110pp, in English) are available for this course. Topics include

Chap 1. Governing equations

- > quick reminder of classical fluid mechanics (Navier-Stokes equations)
- > Boussinesq and hydrostatic approximations
- > Equations of motion in a rotating frame
- > Coriolis and centrifugal forces
- > beta plane and f plane approximation

Chap 2. Geostrophic theory

- > Geostrophic balance and divergence of geostrophic flow
- > Taylor-Proudman theorem and its implications
- > Thermal wind balance
- > Impact of rotation and stratification on the hydrostatic balance

Chap 3. Shallow water dynamics

- > Momentum and mass continuity equations for a single layer
- > Potential vorticity in shallow water systems
- > Linear wave dynamics
- > Inertia-gravity waves
- > Kelvin waves
- > Barotropic Rossby waves
- > Topographic Rossby waves
- > Reduced-gravity shallow water system

Chap. 4 Wind-driven ocean circulation

- > Reynolds stresses
- > The surface and bottom Ekman layers
- > Ekman transport and Ekman pumping
- > Sverdrup balance
- > The intensification of western boundary currents
- > Inertial effects

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	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%	

Fluides 2

Présentation

In this course students will learn to identify the physical processes involved in a perturbed fluid system, and to analyse and describe stable and unstable responses. The course is taught in English.

Objectifs

On completing this course, students will be able to identify the physical processes at play in a fluid subject to a perturbation, to express these processes mathematically, and to solve the system. Students will be able to both analyse mathematically and reason physically about the evolution of the system.

Pré-requis nécessaires

An introductory course in fluid dynamics, (vector) calculus

Compétences visées

Applying theory, analytical and numerical methods to analyze the behavior of a perturbed fluid system

Descriptif

Waves

- > Fundamental ideas (kinematics, propagation, wavegroup properties, ray theory) and methods of analysis
- > Applications : surface gravity waves, acoustic waves

Instabilities

- > Fundamental ideas (introduction to hydrodynamic stability and unstable growth, relevant characteristic numbers) and methods of analysis (linear stability analysis)
- > Applications : Kelvin-Helmholtz instability, parallel shear instability, Rayleigh-Bénard convection

Chaotic behaviour

- > Introduction to chaotic systems and sensitive dependence on initial conditions ; the transition to turbulence
- > Applications : Rayleigh-Bénard convection

Classes comprise a mix of mathematical derivation and discussion of the underlying physical processes. Students develop skills in applying the appropriate methods of analysis during problem classes. Accompanying practical work supports each of the three main sections, and allows students to apply the methods to real data.

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%	

5 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 5h

Cours Magistral : 19h

Travaux Dirigés : 23h

Mathématiques appliquées 2

Présentation

This course aims at introducing exact and approximate solutions of partial differential equations to the students. In particular, parabolic (diffusion) equations, hyperbolic (wave and transport) equations and elliptic (Poisson and Laplace) equations are introduced, and are solved in finite or in infinite domains. Functional transforms (Fourier and Laplace) are introduced and are used to solve these equations. A link with domains of physics in which these equations are used is made. A connection with numerics is also given at the end of the course, to relate the theoretical results with numerical results.

This course is taught in English.

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 19h

Cours Magistral : 14h

Objectifs

This is an essential course for all fluid dynamics courses (GFD, fluid-solid interactions) and more generally for all of physics (electromagnetism for instance). Partial differential equations govern the evolution of physical phenomena in many fields (subatomic physics, microscopic physics, physics of solids and of fluids, electromagnetism...)

Pré-requis nécessaires

- > mathematical analysis : ODEs, real functions of several variables, geometry of curves and surfaces, vector analysis ;
- > physics : classical mechanics, electromagnetism.

Compétences visées

- > ability to validate numerical results with theoretical results
- > problem solving in fluids
- > global approach (holistic approach) to problem solving
- > building numerical algorithms for professional purposes

Descriptif

Introduction/ description of PDEs, basic theory

Part I / Parabolic equations

- > solution in a finite domain
- > solution in a semi infinite or an infinite domain

Part II / Hyperbolic equations

A) second order wave equations

- > solution in a finite domain
- > solution in a semi infinite or an infinite domain

B) first order transport equations

- > linear equations
- > nonlinear equations / shocks
- > systems of equations

Part III / Elliptic equations

- > Laplace equation
- > Poisson equation

Complement : first integrals, nonlinear diffusion equations, Korteweg-DeVries equation

Bibliographie

Partial differential equations for scientists and engineers (available on the web)

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	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

This course presents the numerical methods used to integrate partial differential equations that arise in computational fluid dynamics (CFD): from the building blocks such as transport equation and wave equation, to full nonlinear systems of equations. The course is taught in English. Practicing is an essential part of the course. The programming language is Python.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 12h

Objectifs

Acquire the theoretical knowledge on which the computational fluid dynamics codes are based. Develop the critical reasoning on numerical results by knowing the potential weaknesses (e.g. instability, dispersion, excessive dissipation etc) and the various techniques to overcome them. Identify the various components of a CFD code and the impact its numerical parameters.

Pré-requis nécessaires

numerical modelling 1, fluid mechanics 1, scientific programming

Compétences visées

identify numerical methods for problem solving and validate results ; know and know how to use numerical simulation codes to tackle complex problems

Descriptif

Classes are done in computer rooms, they blend theory and practice with a computer. Small homework are asked from one class to another. The final mark is composed of a final exam (50 % of the mark), in computer room, and of one personal project (50%). The course covers

- > integration of the heat equation
- > integration of the transport equation (including nonlinear methods)
- > integration of the wave equation
- > integration of the Euler equations (blending transport and Poisson equation)
- > integration of the rotating shallow water equations

The numerical techniques presented in the course range from the standard ones to more advanced and recent ones. The course is a good compliment of the applied mathematics and fluid mechanics ones.

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	150	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

This course introduces “classic” elementary linear methods widely used for the analysis of insitu, satellite, numerical modelling data. Classes are hands-on sessions with computers during which students are taught to implement numerical algorithms in order to tackle specific problems of “fitting”, interpolation, principal component analysis. Some of these methods will be applied to real insitu physical data collected on board research vessel *Albert Lucas* during a day trip at sea in the bay of Brest.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 7h

Travaux Pratiques : 4h

Travaux Dirigés : 21h

Terrain : 6h

Objectifs

In addition to mastering the numerical implementation of the algorithm, students should understand the domain of application and the limitations of the fore-seen methods in order to re-use and adapt them for specific problems.

Pré-requis nécessaires

elementary knowledge in linear algebra, scientific programming, python, statistics.

Compétences visées

- > Identify a data analysis method to tackle a specific problem
- > Build and adapt efficiently numerical algorithms designed for data analysis purposes
- > Validate the results obtained (error estimation)
- > Estimate the spatial and time interactions within a system using deterministic correlations

Descriptif

During this course, Students will be taught some key elementary linear methods used for the analysis of data either collected from insitu and satellite observations, or produced by the integration of numerical models. Classes will be mostly composed of hand on sessions using *Jupyter-Notebook*, during which students implement numerical algorithms. The course is organized in 5 chapters:

1. linear regression and least square fitting
2. piecewise linear and cubic interpolation
3. optimal interpolation
4. 2D fourrier spectrum
5. empirical orthogonal functions

Students will handle a written report of the analysis of the physical insitu data collected at sea.

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		25%	
	CC	Ecrit - rapport		25%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

Anglais S8 Physique

Présentation

The tools for an efficient scientific communication in English will be mastered through extensive written (reports, synthesis, ...) and oral (debates, presentations, ...) activities.

These activities may be parts of projects developed and implemented with other teachings

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 20h

Objectifs

Equip students with the skills and knowledge necessary to communicate efficiently and unequivocally with fellow scientists as well as novices.

Pré-requis nécessaires

Grammatical and lexical basics acquired within the frame of a Scientific Bachelor's Degree.

Compétences visées

- > B2-level Mastery of the 5 main language skills (Reading and Listening comprehension, Written Expression and Oral (both Continuous and Interacting) Expression).
- > Ability to present activities and/or results.
- > Ability to argue in the defense of a position.
- > Constructive debating skills.
- > Efficient negotiation skills.
- > Ability to advise by means of reports.
- > Ability to ease decision-making by means of synthesis.

Descriptif

- > Job search in English,
- > Correct use of English tenses in scientific presentations (oral and written),
- > Writting of reports and synthesis,
- > Discussing scientific results ...

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Écrit et/ou Oral		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	15	100%	

Oral scientifique

Présentation

This course aims at preparing students to give scientific talks in English. Scientific oral presentations are built upon special format, and must be designed in order to answer a specific scientific question and deliver key scientific messages in a synthetic manner. During this course, students will practice their oral skills by giving short scientific presentations on different types of scientific subjects.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 15h

Cours Magistral : 2h

Objectifs

This course aims at preparing students to give scientific talks in English

Pré-requis nécessaires

elementary english speaking

Compétences visées

Students will learn how to present in English some scientific results in a limited amount of time, respecting the time line, controlling their body language. They will work on the organization of their ideas in order to build clear and synthetic slides, and deliver clear scientific messages adapted to their audience

Descriptif

During this course, Students will be taught some elementary rules to follow when giving an oral presentation. They will practice their oral skills by giving 4 or 5 short (~15 min max) scientific presentations (one at each session) in front of their class-mates. Each presentation will be analyzed collectively in order to highlight how one may improve his/her body language, slides, organization of ideas, scientific content so that the audience gets delivered a key scientific message to walk away with.

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%	

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 : 2h

Travaux Dirigés : 15h

Objectifs

- > savoir mener une recherche bibliographique sur un sujet nouveau
- > savoir faire une synthèse de sa recherche
- > savoir utiliser et citer ses références dans un document

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%	

Méthodes avancées en océanographie

Présentation

This course focuses on some major physical oceanic processes (waves, eddies and meridional overturning circulation) by emphasizing how they work. To develop this understanding, the course uses two complementary approaches of physical oceanography: numerical modelling and observations.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 15h

Travaux Pratiques : 7h

Objectifs

Develop your physical insight on how waves and eddies work in the ocean. Apply theoretical knowledge to interpret numerical results and use numerical results to better understand the theories.

Pré-requis nécessaires

fluid mechanics 1, waves, data analysis 1

Compétences visées

- > acquire specialized thematic knowledge in marine physics
- > apply analytical and numerical theories and tools to thematic problems
- > present one's results

Descriptif

The course is organized in two equal parts, each evaluated in the form of a final report.

Part 1 Waves and eddies

- > propagation of linear waves (surface waves, inertia-gravity waves, internal waves),
- > basic eddy dynamics (self transport, merging, mirror effect),
- > one layer quasi-geostrophic dynamics on the beta plane (westward drift, gyre, Rossby waves).
- > classes (3h long) blend lectures and numerical practicals (Python codes) that allow to interact with the processes and see them in action.

Part 2 Observing the ocean In situ measurement

- > Mixing and Atlantic meridional overturning circulation
- > Rapid monitoring of the Atlantic meridional overturning circulation
- > Argo: Heat content and Circulation
- > Models and Observations

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		100%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

Stage M1 POC

Présentation

The purpose is to complete a science project under the supervision of a researcher, to write a report on it and to present it orally. Students must experience a full-time two months genuine internship extending over May and June.

8 crédits ECTS

Objectifs

- > perform a synthetic literature review a on specific scientific subject in physical oceanography
- > use the theoretical and technical knowledge taught throughout the year to answer a specific research question
- > write a synthetic report of the obtained results
- > give an oral presentation of the obtained results in front of a jury

Descriptif

The final mark is a combination of the advisor evaluation (30%), two reviewer's evaluation of the written report (30%) and an oral evaluation by the jury members (40%).

Your advisor evaluation (30%) will be based on the following criteria:

- > ability to understand the problems and the solutions
- > ability to reach given objectives
- > curiosity and open-mindedness
- > sense of initiative and autonomy
- > effectiveness, organization, method
- > quality of the work
- > punctuality, commitment, perseverance, dynamism

Your report (30%) will be evaluated by two reviewers at least. The report should not exceed 20 pages for POC students, and 25 pages for MG students (without e-appendices). Appendices, if any, will be tolerated, but should remain short. The report should be written in font size 11 or 12, with large enough margins. It can either be written in English or in French. Evaluation criteria will be:

- > clarity of the text
- > clarity of the figures
- > quality of the scientific explanations
- > level of physics
- > proper use of the references
- > respect of the above instructions

Your oral presentation (40%) will take place in front of a jury and be open to public. You will be entitled **12 minutes** to present your work. Your presentation will be followed by **8 minutes of questions**. Evaluation criteria will be:

- > clarity of the slides
- > quality of the speech
- > ability to show the physics in your work
- > answers to the questions
- > ability to master your work from the details to the broad picture

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Rapport écrit et soutenance orale		100%	



Université de Bretagne Occidentale

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Rapport écrit et soutenance orale		100%	

Projet Interdisciplinaire Mutualisé

Présentation

Cette UE offre une plongée vers le monde socio-économique en lien avec les sciences de la mer et du littoral afin développé des compétences transversales. Cette UE, mutualisée à l'échelle du périmètre de l'EUR ISblue, permet d'aborder des questions complexes, interdisciplinaires tout en prônant des formats d'apprentissages actifs et collaboratifs grâce à la complémentarité des étudiants, originaires des différentes mentions du domaine SML et des écoles d'ingénieurs du périmètre ISblue (ENSTA-Bretagne, IMT-Atlantique, ENIB, Ecole Navale).

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 24h

Objectifs

Cette UE propose de renforcer la professionnalisation des étudiants, de tous profils disciplinaires, en développant leurs compétences professionnelles transversales (*soft-skills*) et leur mise en application dans le cadre de micro-projets collaboratifs de recherche et d'innovation. Ce cadre d'apprentissage et d'expérimentation leur permettra de mieux appréhender le contexte socio-professionnel, l'interdisciplinarité et de réaliser la valeur de son expertise et de ses savoirs.

Pré-requis nécessaires

aucun

Compétences visées

- > Communication spécialisée pour le transfert de connaissances
- > Appui à la transformation en contexte professionnel
- > Intégration de savoirs hautement spécialisés
- > Usages avancés et spécialisés des outils numériques

Descriptif

Cette UE se déroule sur une semaine (5 jours) en mode projet. Deux périodes sont proposées : la **première semaine de janvier pour les semestres 7 et 9**, et la **deuxième/dernière semaine de juin pour le semestre 8**.

L'UE consiste en la réalisation d'un projet par un groupe d'étudiants, sous la supervision d'un tuteur. Chaque année un catalogue de modules est proposé à la rentrée universitaire. Les modules proposés sont de nature très variée. Ils peuvent être proposés par des chercheurs, une équipe pédagogique ou des acteurs d'entreprises, du monde socio-économique. Les projets pourront également se réalisés hors les murs de l'université et des écoles d'ingénieurs, facilitant les rencontres dans l'intérêt commun du rapprochement entre les acteurs, source de dynamisme scientifique, de créativité et d'expérimentation par le terrain. Le catalogue est amené à évoluer d'une année à l'autre.

Sachant la méthodologie par projet de l'ensemble des modules au catalogue de cette UE, l'évaluation des compétences sera sous forme d'une restitution orale et de l'implication dans le travail de 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		80%	
	CT	Oral	15	20%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

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.

We present the evolution of scientific writing through history, then we teach how to write a summary, a short subject, in English; the plan of a report or the building of a scientific article is taught; rules are provided; we describe how to do convincing oral presentations

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 20h

Objectifs

Students will learn how to write convincingly in English, how to properly develop on a subject and how to present it orally

Pré-requis nécessaires

M1 in marine physics

Compétences visées

Abilities in article writing and summary, writing a report; oral expression, brief knowledge of the history of science

Descriptif

1. History of science and of scientific communication: evolution of methods, approaches, and communication
2. Different modes of scientific communication : *reports, manuscripts, scientific articles, oral presentations, posters. Class work by groups on examples and use of scientific literature.*
3. How to efficiently communicate in English : *Structuration of the information, flow of the text, traps to avoid.*

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

Projet professionnel

Présentation

le projet professionnel vise à mettre l'étudiant en conditions de travail dans le milieu professionnel ceci peut être un milieu académique ou industriel; le thème de ce projet n'est pas imposé par les enseignants du master; il doit être en lien avec le thème du programme de master (physique des océans ou autres)

l'étudiant va donc créer, gérer, et réaliser son projet; ce projet doit durer environ 6 mois (de septembre à février) sur le temps personnel de l'étudiant (hors cours). L'étudiant(e) choisit son thème de projet et cherche son tuteur et son environnement de travail.

la partie création et gestion de projet avec le tuteur (évaluation du réalisme, obtention et gestion de ressources, planification des tâches) est au moins aussi importante que la partie de réalisation si ce n'est plus importante

3 crédits ECTS

Objectifs

l'objectif de cette UE est beaucoup moins de faire réaliser un projet scientifique le plus complètement possible (ce qui est plus la vocation du stage de fin d'études) que de maîtriser progressivement toutes les compétences de conception et de gestion de projet (comme indiqué dans la partie Description) Ce sont ces compétences d'autonomie, de gestion, d'anticipation, de planification, d'échanges professionnels, de discussion, de remise en question, de solutions alternatives, de recherches et partage de moyens et de ressources, de collaboration,,, que nous souhaitons voir développées chez les étudiant(e)s Pour cela un tuteur sera affecté à chaque projet et les professeurs du master pourront être consultés également par les étudiant(e)s

le jury s'attachera tout particulièrement, lors de la présentation finale de projet, à évaluer ces compétences (et donc la démarche de projet) beaucoup plus que le résultat scientifique ou technique final.

Pré-requis nécessaires

les cours du M1 ou équivalent pour la partie "réalisation"

l'étudiant(e) devra concevoir le projet sur lequel il/elle souhaite travailler et trouver son tuteur ceci implique des compétences relationnelles et une autonomie

Compétences visées

Analyser ses actions en situation professionnelle, s'autoévaluer pour améliorer sa pratique dans le cadre d'une démarche qualité

Conduire un projet (conception, pilotage, coordination d'équipe, mise en œuvre et gestion, évaluation, diffusion) pouvant mobiliser des compétences pluridisciplinaires dans un cadre collaboratif

Prendre des responsabilités pour contribuer aux savoirs et aux pratiques professionnelles et/ou pour réviser la performance stratégique d'une équipe

Gérer des contextes professionnels ou d'études complexes, imprévisibles et qui nécessitent des approches stratégiques nouvelles

identifier les outils et ressources pour le problem solving

Descriptif

definition du projet (choix de l'étudiant(e))

recherche du tuteur et du cadre de réalisation (entreprise, labo) par l'étudiant(e)

discussion du thème du projet avec le tuteur et éventuellement des professeurs

anticipation des phases du projet et des moyens nécessaires

recherche des moyens matériels et financiers

pre-réalisation

discussion des difficultés rencontrées dans la pre-réalisation

avec le tuteur (et éventuellement des EC)

remise en question éventuelle des choix; solutions alternatives

continuation de la réalisation

discussion des succès et échecs avec l'encadrement

finalisation du projet au stade atteint (pas toujours la completion)



Université de Bretagne Occidentale

presentation devant le jury du projet et de la demarche operationnelle

Bibliographie

<https://www.cours-gratuit.com/cours-management-de-projet/introduction-a-la-gestion-de-projets-support-de-cours>

Dynamique des fluides géophysiques

Présentation

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

This course aims at introducing Geophysical Fluid Dynamics to non specialists, starting from fluid dynamics. It establishes the equations governing rotating stratified fluids and the various approximations of these equations: shallow-water equations, quasi-geostrophic equations, geostrophic, hydrostatic balance and thermal wind balance. The frictional equations (forced/dissipative systems) are also presented (Ekman flows). Then the shallow-water equations are solved for linear waves, vortex flows, upwellings. An introduction to the general circulation of the ocean is provided.

This course is taught in English.

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 17h

Travaux Dirigés : 10h

Objectifs

Objectives

Knowing GFD to understand ocean and atmosphere motions - application to other M2 courses and professional applications

this is the basic course upon which specialized ocean dynamics courses (coastal dynamics, mesoscale dynamics, general circulation, internal waves, flow instability, turbulence) will be based.

Pré-requis nécessaires

Pre-requisite : Knowledge of

mathematical analysis : ODEs, PDEs (preferably), real functions of several variables, geometry of curves and surfaces, vector analysis ;

physics : incompressible (homogeneous and stratified, non rotating) fluid mechanics, thermodynamics

Compétences visées

This course contributes to gaining the following abilities

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

ability to identify scientific questions

ability to use these results for scientific projects

ability to validate numerical results with theoretical results

use for problem solving in fluids

contributes to a global approach (holistic approach) to problem solving

use for building numerical algorithms for professional purposes

Descriptif

Contents

Introduction/ to the ocean and atmosphere system

Establishing the Boussinesq equations for momentum, energy and vorticity ; application to convection and to internal waves

Primitive (hydrostatic 3D) equations; scaling; geostrophic and hydrostatic balance; thermal wind balance

Quasi-geostrophic motion in a continuously stratified rotating fluid; energy and potential vorticity; vertical modes; Rossby waves

Shallow water model; TPP theorem; momentum equations, potential vorticity, divergence equations, energy equation.

Shallow water linear waves : Pure gravity waves, inertial motion, Poincare/inertia-gravity waves, Kelvin waves, Rossby waves (planetary and topographic), coastal waves

Frictional motions / Ekman equations (wind stress forcing, bottom friction)

introduction to the wind forced general circulation of the ocean

Vortex motions

Upwelling dynamics

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		1/3	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	150	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

Ondes internes océaniques

Présentation

This course focuses on ocean internal waves. Students will acquire a general knowledge of the dynamics of internal waves in the ocean, the waves properties, their generation mechanisms, the consequences of their possible non-linearity or instability and their role in the ocean and climate system. The course is taught in English.

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 13h

Cours Magistral : 7h

Objectifs

On completing this course, students will be able to express the equations governing the evolution of internal waves and solve them mathematically in idealized systems, they will know the important properties of internal waves, and be able to reason physically about their evolution in the ocean.

Pré-requis nécessaires

Pre-requisites

Geophysical fluid dynamics (Fluids 1 and Fluids 2)

Compétences visées

ability to analyse and solve a marine physical problem, using knowledge about internal waves, in a professional or academic frame.

Ability to observe and simplify theory in regard of observations or conversely to establish a measurement plan in view of theory; in particular scale and give orders of magnitude of phenomena for observation, or provide simplified equations

Ability to select and critically analyse bibliographic information to extract a new scientific question; develop critical arguments; use the knowledge of atmosphere-ocean theory to solve an original problem

Be able to solve problems on the field or in a company, taking into account the whole complexity of reality

Communicate orally or by texts, in a scientific manner

Descriptif

Contents

General properties of Ocean waves

Internal Waves in nature and their role in the ocean

Internal Waves in the 2-layer model

Internal Waves with a continuous stratification

Generation mechanisms for internal waves [Tides, Winds, Topography, etc.]

Propagation, dissipation and interaction of internal waves

Activity: Numerical simulation of internal waves using fluid2d

Bibliographie

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

Gill, atmosphere ocean 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

Observation circulation et masses d'eaux

Présentation

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

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 11h

Cours Magistral : 17h

Objectifs

ObjectivesL learn the following notions

potential density, neutral surfaces, passive tracers

forcing and physical properties of water masses ; main water masses, major ocean currents

analyzing water masses with T/S diagrams, analysing hydrological sections

mean and eddy components of the circulation

Pré-requis nécessaires

M1 in Physics or equivalent

Compétences visées

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

Contents

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	Ecrit - 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



Université de Bretagne Occidentale

Terrain physique POC

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

In the past 20 years, the physical oceanographic in situ measurement technics and approaches have profoundly changed, thus revolutionized our way to do oceanography. From individual scientific cruises measurements to the emergence of autonomous platforms networks, the evolution and synergy between in situ measurements systems have significantly increased the ocean sampling capability and quality, thus our knowledge of physical Ocean. The goal of this cours is to presents the most up-to-date in situ measurements, as well as introduce the basis of physical oceanography metrology.

In the ISMM courses, two sessions of lectures will be provided:

In Situ Measurement : The goal of this lecture is to provide a comprehensive overview on in situ measurement from sensor to data user. First the physical oceanographic sensors will be presented. Then evolution of platforms technology and applications will be developed, as well as deployments methods. Put together the in situ measurements in synergy is a challenge for regional and global observing system. The observing system networks will be presented. The international Argo networks will be take as an example to present data flow: data acquisition, processing and delivery. Eventually, application on data handling, processing and analysis methods (Optimal Interpolation) will be provided.

Metrology: The goal of this course is to acquire basics of measurements principles with essential elements to understand and standard definitions of current metrology vocabulary. Focus is made on the influence quantities and the physical basis of sensitivity and response time. Some essential detection principles of sensors are reviewed with a focus on sensors used in oceanography. That leads to describe data acquisition chains with the principles of signals sampling, filtering and analog to digital conversion. In a second part, the metrology vocabulary as described by the BIPM in the VIM (Vocabulaire International de Métrologie) is explained. That allows students to understand the differences between accuracy and precision of measurements and to understand how they can be assessed. This second part ends by the principles of measurement uncertainties calculation, as described in the GUM (Guide for Uncertainty Measurement) of the BIPM.

Objectifs

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.

Fundamental knowledge for a physical oceanographer on in situ measurement methods for a good knowledge of the data used, thus a good use of the data.

General knowledge on metrology, techniques and methods of in situ data acquisition in Oceanography, measurement systems, and methods of data processing and analysis.

Pré-requis nécessaires

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

Students should have a background in mathematics, probability/statistics and basic computer skills (python)

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.

To be familiar with in situ measurement technics

To have background knowledge in metrology for physical oceanographic sensors

To understand the setup, purpose and limitation of sensors, platforms, and in situ network

Ability to search, use and handle in situ data

Using dataset to contributes to a global approach (holistic approach) to problem solving

Descriptif

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 18h

Travaux Dirigés : 16h

- > 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

- Introduction to the need, issues and problems of in situ measurements in physical oceanography
- Basics principles of measurements
- # Influence quantities
- # Sensitivity and response time
- # Sensors: some detection principles
- # Data acquisition chains
- # Basics of analog to digital conversion
- Basics of metrology
- # Metrology standardized vocabulary
- # Metrology and quality

- # Methods for calculating measurement uncertainties
- # Different kind of systematic errors and corrections
- # Two methods for evaluating influence quantities and standard uncertainties
- # Probability laws with probability densities
- # Calculation of a combined uncertainty
- # Calculation of an expanded uncertainty
- Other sensors
- # Operation and specifications (hydrological: Oxygen; Dynamic: sound speed, current, turbulence, waves,...)
- Observation platforms
- # Eulerian (campaign, oceanographic, 'ship appendix', XBT, ships of opportunity, anchorages, 'gliders', marine mammals, ...)
- # Lagrangian (surface drifters, Rafos floats, Argo,...)
- Observation networks
- # setup of platforms into observation networks
- # Some examples of observation networks (WOCE, Argo, MEMO, ...)
- Data processing and management
- # Global databases (ex: Coriolis)
- # Data quality control chain (ex: Argo)
- # Data processing and corrections
- Data analysis
- # Optimal interpolation method (OI)
- # Use of OI for quality control of large datasets
- Applications
- # ADCP data processing
- # correction of CTD data from Glider (bias, thermal lag,...)
- # Optimal interpolation of Argo data

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

Stage de terrain Guerlédan (ENSTA Bretagne)

Présentation

Les étudiants sont challengés (par groupe de 3 ou 4) avec un problème original en rapport avec l'hydrographie-océanographie. Pour atteindre ce but, ils doivent mettre en place un levé complet, de l'installation de systèmes, paramétrisation, mesures, traitement de mesures et production de résultats. Durant ce projet, les étudiants vont approfondir leurs connaissances sur des sujets préalablement enseignés et augmenter leur autonomie. Les sujets sont proposés par des enseignants, des chercheurs ou des industriels du domaine.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Terrain : 60h

Students are challenged (by group of 3 or 4) with an original problem related to hydrography-oceanography. To reach this goal, they have to perform a complete survey, from system installation, set-up, operations, data processing, and results production. During this project, students will deepen their knowledge in previously taught subjects while increasing their autonomy. Subjects are proposed by teachers, researchers or industrials of hydrographic-oceanographic domain.

« English friendly course »

Objectifs

L'objectif est que les étudiants définissent une procédure (allant de l'acquisition de données au traitement et analyse des données) pour résoudre un problème. Ils doivent également synthétiser leurs résultats dans un rapport écrit et pouvoir les présenter lors d'une soutenance publique.

The objective for students is to define a procedure (from data acquisition to data process and analysis) to address a problem. They have to synthesize and report the results and to present their results during a public session.

Pré-requis nécessaires

pré-requis de votre UE sont piochés au sein d'une liste de 10-15 pré-requis de votre mention # pour assurer la cohérence d'ensemble et éviter une liste de pré-requis à rallonge impossible à atteindre)

Compétences visées

Identifier les informations dans la littérature scientifique et extraire le questionnement nouveau - récolter des données terrain ou en laboratoire et connaître les méthodologies et instruments de mesures - avoir une culture des ordres de grandeur du système océan-atmosphère-climat pour qualifier ou analyser des observations - développer des calculs nouveaux à partir de calculs existants pour résoudre un problème original

- échanger des informations avec la communauté scientifique selon les protocoles de l'expression scientifique écrite et orale (expression en français) - prendre des notes et communiquer à tous les stades d'un projet - communiquer dans les congrès et conférences selon les modes imposés et les temps impartis (expression en anglais) - présenter ses résultats dans des ouvrages ou journaux scientifiques selon les critères des publications scientifiques internationales (expression en anglais)

Travailler en groupe sur des situations transversales ; développer les liens entre compétences thématiques pour les valoriser dans le champ professionnel ; Utiliser les projets et les stages pour développer des approches nouvelles dans des sous domaines de pointe de la physique marine

Préparer, discuter et mettre en place des projets - monter un réseau de coopérations internationales avec complémentarité des compétences - assurer une planification des moyens et des ressources - programmer des étapes, des solutions alternatives, des phases de discussion et d'analyse critique dans le cours du projet

Utiliser les projets et les stages pour savoir concevoir et gérer un projet en physique marine : établir un état de l'art, une problématique, un plan de travail ; relier les moyens techniques et humains aux objectifs ; rechercher des connaissances et informations auprès de spécialistes d'autres disciplines ; connaître les règles de publication et de communication scientifique. -respecter un planning et des échéances

Analyser les retours d'expertises ou les retours clients - analyser ses résultats en comparaison à d'autres travaux - discuter ses résultats en réunion publique

S'approprier le "Summary for policy makers" des rapports du GIEC et savoir l'analyser, le commenter et en tirer des lignes d'actions pour son activité professionnelle - connaître les principes de citation, utilisation de données ou de résultats antérieurs pour toute publication ou tout rapport scientifique - n'implémenter des expérimentations en site naturel que dans le respect de l'environnement, des espèces végétales et animales

Identifier les outils et ressources numériques pour le problem solving et savoir valider les résultats ; identifier les outils numériques dans l'obtention d'information et dans la diffusion de connaissances

Connaître et savoir utiliser les codes d'analyses de données et de simulation numérique et éventuellement des outils des sciences de la donnée pour aborder des problèmes complexes -mettre en œuvre du calcul intensif -maîtriser les limites et champs d'application des outils numériques

Acquérir des connaissances thématiques spécialisées en physique marine ; appliquer les théories et outils analytiques et numériques sur des problèmes thématiques puis transverses ; développer l'originalité par l'analyse critique des études antérieures

Savoir faire un état de l'art bibliographique ; savoir classer les questions scientifiques et les résultats par typologie et ordre d'importance ; avoir acquis l'expertise sur la structure et l'organisation des rapports et articles scientifiques ; savoir produire des figures scientifiques en fonction du contenu d'information souhaité

Caractériser les interactions entre les parties du système telles qu'observées (par corrélation déterministe ou par analyse de régression) ; appliquer une analyse holistique si besoin ; puis quantifier les éléments individuels et structurels du système

Descriptif

TP1	Planification du projet : Analyser les spécificités du projet ; État de l'art des informations disponibles sur la zone ; définir et assigner les tâches ; définir le calendrier du projet.
TP2	Préparation du projet : Prise en main et calibration des différents capteurs utilisés
TP3	Acquisition de données : Configurer le système d'acquisition ; acquérir les données ; mener des levés supplémentaires si besoin
TP4	Traitement de données
TP5	Activités spécifiques au projet Les activités peuvent être différentes en fonction du sujet : acquisition additionnelle, déploiements d'autres capteurs ou plateformes, programmation spécifique ; analyse dédiée.
TP6	Rapport final de projet Ecrire un rapport de projet ; faire un poster ; soutenir le projet face à un jury

Practical 1	Project planification: Analyze the specifications of the project; Review of available information on the area; Define and assign tasks; Define the schedule of the project.
Practical 2	Project preparation: Handling and calibration of the different used sensors
Practical 3	Data acquisition: Configure the acquisition system; Manage survey issues; Perform data acquisition; Carry out remedial surveys;
Practical 4	Data processing
Practical 5	Project-specific activities The activities can be different depending on the project: additional acquisition, deployment of other sensors or platforms, specific processing (program writing...), dedicated analysis.
Practical 6	Final project reporting

Write a project report; Design a poster; defend the project in front of a jury;

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%	

Spécialité hauturière

18 crédits ECTS

Circulation océanique générale

Présentation

Ce cours traite des processus physiques qui contrôlent l'hydrodynamique de la circulation océanique générale. Une approche GFD permet de généraliser à d'autres cas, les processus physiques étudiés ici, en utilisant des nombres adimensionnels similaires. En effet, nombre de ces processus existent dans l'atmosphère

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.

This course aims at introducing the General Circulation of the Ocean to non specialists, starting from geophysical fluid dynamics. Firstly, we show physical manifestations of large-scale currents, such as gyre flows, the thermohaline circulation (conveyor belt), and inter-basin exchanges. The coupling with the atmosphere is mentioned, in particular for climate applications.

Then the wind and buoyancy currents in a homogeneous ocean are detailed, in particular the Sverdrup and Stommel models. Then the wind induced and density gradient induced currents at basin scale are presented in a stratified ocean.

The last part of the course will focus on the tropical dynamics. First theory of the ventilation of the tropical thermocline will be introduced and linked with the subtropical thermocline ventilation theory (ventilated thermocline). Theory of the Equatorial UnderCurrent (EUC) dynamics will be then exposed, including the different dynamical regimes of the EUC (inertial, wind forced, viscous models). Eventually, theory of the transient dynamics within the equatorial band including equatorial trapped waves and jets, as well as equatorial basin adjustment theory.

Objectifs

this course is designed for deep ocean dynamics specialists. It details the mechanisms underlying the general circulation of the ocean. In particular, focus is put on the ocean response to various forcings (mechanical, thermodynamical) and on the difference, in that response, at the Equator and at higher latitudes. The objective is to provide a physical basis for the understanding of eddy-resolving numerical simulations of the ocean. The physical tools (potential vorticity diagnostics, energy equations) are provided.

une connaissance quantitative des théories visant à expliquer les observations. Les limites de ces théories. Les problèmes de recherche actuels.

Pré-requis nécessaires

dynamique des fluides géophysiques

mathematical analysis : ODEs, PDEs, real functions of several variables;

physics : fluid mechanics, thermodynamics, geophysical fluid dynamics,

Compétences visées

comprendre la circulation générale des océans et son rôle dans la variabilité climatique

maîtriser les théories fondamentales de la circulation océanique et être capable de les utiliser pour valider les résultats d'un modèle numérique

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

ability to identify scientific questions

ability to use these results for scientific projects

ability to validate numerical results with theoretical results

use for problem solving in fluids

contributes to a global approach (holistic approach) to problem solving

use for building numerical algorithms for professional purposes

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

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Dirigés : 15h

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	150	50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	40	100%	oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Circulation méso échelle océanique

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

This course aims at introducing Mesoscale Ocean Dynamics to non specialists, starting from geophysical fluid dynamics. Firstly, we show physical manifestations of mesoscale processes, such as geostrophic turbulence, eddies, jet meanders due to instability. A short presentation of submesoscale phenomena is given ; filaments and fronts. It is based on theory, examples, applications, lab experiments and possibly data analysis.

Then the two main geostrophic instabilities are studied : barotropic and baroclinic instabilities. The case upon which these instabilities are presented is strong inertial jet such as western boundary currents (e.g. the Gulf Stream). Linear instability criteria are derived. Exact solutions are provided for specific cases (piecewise constant vorticity profiles, Phillips model, Eady model). Rossby wave resonance is explained from energy equations and vorticity dynamics. Weakly nonlinear instability is presented. Finite amplitude regimes are explained and truncated low-order equations are introduced.

The following chapter deals with ageostrophic dynamics, fronts, filaments and vertical velocities, and vertical shears. The analytics of symmetric, centrifugal and Kelvin Helmholtz instabilities are given.

The following chapter presents vortex dynamics: vortex equilibria, internal structure, steady states, multipolar vortices, vortex stability, vortex interactions and the role of vortices in geophysical turbulence.

Finally, geophysical turbulence is presented (2D turbulence, quasi-geostrophic turbulence, 3D rotating turbulence, 3D isotropic turbulence) from the point of view of statistical (phenomenological) theory and in physical space. The relation with the ocean is shown.

This course is taught in English.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 10h

Cours Magistral : 16h

Objectifs

Connaître la dynamique de la moyenne échelle océanique pour comprendre la turbulence dans les mouvements océaniques et dans les simulations numériques ; applications à la biogéochimie et applications professionnelles

This course is designed for deep ocean dynamics specialists. It details the mechanisms underlying the mesoscale dynamics. In particular, focus is put on nonlinear dynamics and on flow instability. Then vortex dynamics are presented. The objective is to provide a physical basis for the understanding of eddy-resolving numerical simulations of the ocean. The physical tools (potential vorticity diagnostics, energy equations, energy transfer between mean flow and perturbations) are provided.

Pré-requis nécessaires

Connaissances en dynamique des fluides géophysiques (niveau M2)

mathematical analysis : ODEs, PDEs, real functions of several variables;

physics : incompressible (homogeneous and stratified, non rotating) fluid mechanics, thermodynamics, geophysical fluid dynamics, internal oceanic waves, classical instability theory

Compétences visées

Comprendre la méso échelle océanique, son rôle dans la circulation générale des océans, dans les flux de chaleur et de sel (ou de traceurs) et son impact sur la biogéochimie (ou la biologie) marine ; être capable d'analyser des situations océaniques (jeux de données ou sorties de modèles) où la méso échelle océanique joue un rôle essentiel

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

ability to identify scientific questions

ability to use these results for scientific projects

ability to validate numerical results with theoretical results

use for problem solving in fluids

contributes to a global approach (holistic approach) to problem solving

use for building numerical algorithms for professional purposes

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.

Introduction/ to mesoscale dynamics : vortices and turbulence in the ocean

Barotropic instability of parallel flows

- linear instability criteria
- exact solution with piecewise-constant PV profiles
- energy and PV evolutions
- wave-wave interactions
- weakly nonlinear and finite amplitude evolutions

Baroclinic instability of parallel flows

- linear instability criteria
- exact solution for Phillips and Eady models
- energy and PV evolutions
- wave-wave interactions

Ageostrophic instabilities and dynamics

- vertical velocities, fronts, filaments
- symmetric instability / centrifugal instability
- KH instability

Vortex dynamics

- vortex structure, PV, flow
- vortex stability, monopoles and multipoles
- vortex interactions and role in turbulence

Oceanic Turbulence

- 2D turbulence
- QG turbulence
- 3D stratified and isotropic turbulence

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 synthèse de X Carton sur les tourbillons océaniques

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

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 : 10h

Travaux Dirigés : 8h

This course is about ocean turbulence. Students will acquire a general knowledge about the turbulent fluids, their properties and the implications for energy cascades in the ocean. The course is taught in English.

Objectifs

Ouvrir aux problématiques actuelles de la recherche en océanographie physique avec un fort impact sur la biologie marine

On completing this course, students will know the main characteristics of turbulent cascades (laws, scalings) in typical idealized turbulent regimes (3d/2d turbulence, stratified turbulence, QG/SQG turbulence) and learn how to characterize them in realistic flows.

Pré-requis nécessaires

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

Geophysical fluid dynamics

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

Analyser et résoudre un problème de physique marine

Savoir analyser un problème de physique marine;

Observer et simplifier la théorie en regard des processus

Savoir établir un plan de mesures au regard des objectifs

Savoir obtenir des ordres de grandeur des phénomènes pour les analyser, les classer ou pour préparer une modélisation;

Utiliser les jeux d'équations simplifiées pour minimiser l'effort de solution des problèmes océanographiques, géophysiques ou hydrodynamique navals

Identifier, sélectionner et analyser avec esprit critique diverses ressources spécialisées pour documenter un sujet et synthétiser ces données en vue de leur exploitation

identifier les informations dans la littérature scientifique et extraire le questionnement nouveau

avoir une culture des ordres de grandeur du système océan-atmosphère-climat pour qualifier ou analyser des observations

developper des calculs nouveaux a partir de calculs existants pour résoudre un problème original

Analyser et synthétiser des données en vue de leur exploitation

appliquer des méthodes d'analyse spectrale ou statistique

Développer une argumentation avec esprit critique.

Après identification des champs professionnels, acquisition des connaissances théoriques et développement des compétences pratiques (mesures de terrain, laboratoire) et numériques pour pouvoir traiter les projets des laboratoires ou des entreprises

Communiquer par oral et par écrit, de façon claire et non-ambiguë, dans au moins une langue étrangère

prendre des notes et communiquer a tous les stades d'un projet

présenter ses résultats dans des ouvrages ou journaux scientifiques selon les criteres des publications scientifiques internationales (expression en anglais)

Identifier le processus de production, de diffusion et de valorisation des savoirs

Savoir faire un état de l'art bibliographique; savoir classer les questions scientifiques et les résultats par typologie et ordre d'importance pour rédiger rapports et publications; avoir acquis l'expertise sur la structure et l'organisation des rapports et articles scientifiques; savoir produire des figures scientifiques en fonction du contenu d'information souhaite

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'ensrophie – liens avec les structures physiques

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

Frontogenèse et filamentogenèse – sous méso échelle, importance des composantes agéostrophiques et des vitesses verticales

Topics covered in courses :

Concept of turbulence

Properties of turbulence

3D turbulence: The Kolmogorov theory

2D turbulence

Geostrophic turbulence

Surface quasi-geostrophic turbulence

Stratified turbulence

Realistic Ocean turbulence

Practical activities :

Activity 1 : Energy/ensrophie cascades in 2d turbulence [fluid2d]

Activity 2 : Energy cascades in realistic simulations

Evaluation :

The evaluation is based on a report, which includes a numerical activity (analysis of ocean data) and summary of research articles

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

Dynamique atmosphérique

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 : 24h

Travaux Dirigés : 8h

This course is an introduction to the dynamics of the atmosphere. Because the atmospheric circulation is a coupled radiation-hydrodynamics problem, this course will focus on both radiative transfer and tropical and mid-latitudes dynamics. English friendly course

Objectifs

La dynamique des enveloppes fluides superficielles des planètes est gouvernée par une multitude de processus physiques dont les échelles spatiales et temporelles s'étendent respectivement du millimètre au millier de kilomètres et de la seconde au millénaire. Moyennées sur une échelle de temps suffisamment longue, les interactions entre les différentes composantes (atmosphère, hydrosphère, cryosphère, lithosphère et biosphère) que constituent ces enveloppes donnent lieu à un état moyen qui caractérise ce que l'on définit comme le Climat. L'objectif du cours est de permettre à l'étudiant d'acquérir les notions de base nécessaires à la compréhension de ce système (en particulier l'atmosphère).

The objective is to understand the fundamental physical principles that govern the motion of the atmosphere. Students will explore the dynamics of the atmosphere and the mathematical laws governing the large-scale circulation and climate. Students will learn aspects such as the origin of the greenhouse effect and the physical mechanism behind the origin of the mid-latitude surface westerlies.

Pré-requis nécessaires

M1 PM POC ou équivalent

Vector calculus, basics of fluid mechanics, geophysical fluid dynamics, and applied mathematics.

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.

Identifier, sélectionner et analyser avec esprit critique diverses ressources spécialisées pour documenter un sujet et synthétiser ces données en vue de leur exploitation

récolter des données terrain ou en laboratoire et connaître les méthodologies et instruments de mesures

avoir une culture des ordres de grandeur du système océan-atmosphère-climat pour qualifier ou analyser des observations

développer des calculs nouveaux à partir de calculs existants pour résoudre un problème original

Identifier les usages numériques et les impacts de leur évolution sur le ou les domaines concernés par la mention

identifier les outils et ressources numériques pour le problem solving et savoir valider les résultats

identifier les outils numériques dans l'obtention d'information et dans la diffusion de connaissances

Mobiliser des savoirs hautement spécialisés, dont certains sont à l'avant-garde du savoir dans un domaine de travail ou d'études comme base d'une pensée originale.

Acquérir des connaissances thématiques spécialisées en physique marine

Appliquer les théories et outils analytiques et numériques sur des problèmes thématiques puis transverses

Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles procédures et intégrer les savoirs de différents domaines

Associer à la connaissance thématique, la pratique de problem solving

Conduire une analyse réflexive et distanciée prenant en compte les enjeux, les problématiques et la complexité d'une situation ou question scientifique afin de proposer des solutions adaptées et/ou innovantes avec les outils appropriés

Savoir classer les questions scientifiques et les résultats par typologie et ordre d'importance

Avoir acquis l'expertise sur la structure et l'organisation des rapports et articles scientifiques

Savoir produire des figures scientifiques en fonction du contenu d'information souhaité

Analyser et résoudre un problème de physique marine à partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersées ; identifier les processus physiques et les quantifier

Quantifier les éléments individuels et structurels du système

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.

This course is divided into 3 parts. Lectures notes (180 pages, written in English) are available for this course.

Chap1. Temperature and humidity in the Earth's atmosphere

- Description of the mean state of the atmosphere
- Thermodynamic fundamentals, potential temperature
- Thermodynamics of water vapour
- Convection : lifted condensation level, dry and moist adiabatic lapse rates

Chap2. Radiative transfer

- Radiation laws (Planck, Stefan-Boltzmann)
- Scattering
- Phenomenology of absorption of radiation, Beer-Lambert law, optical thickness
- Spectral lines, Doppler and pressure broadening of spectral lines
- Observed Earth's energy balance, emission temperature
- Elementary models of the greenhouse effect
- Radiative transfer equations : Schwarzschild equations without scattering
- Emission level and the mechanism of CO₂ induced warming
- The gray gas approximation
- The height of the tropopause
- Pure radiative equilibrium of a gray gas atmosphere

Chap3. Dynamics of the zonally-averaged circulation

- Geostrophic and thermal wind balance in pressure coordinates
- Angular momentum (zonal mean conservation, transport)
- Anelastic approximation
- Hadley Cell dynamics (The Held and Hou model)
- Eddy effects on the Hadley Cell
- Hide's theorem and the importance of viscosity
- Mid-latitudes dynamics : the eddy-driven Ferrel cell
- The mechanism of jet production at mid-latitudes
- Rossby waves and momentum flux
- Wave activity and wave-mean flow interaction
- The Eliassen-Palm flux
- Transformed Eulerian Mean (TEM) theory

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

Modélisation numérique hauturière

Présentation

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

This course is about ocean numerical modelling. Students will acquire a general knowledge about the different numerical methods used in ocean modelling. They will learn to design a numerical simulation and run it with an existing ocean model (CROCO). The course is taught in English.

Objectifs

Décrire les méthodes numériques, les formulations et les paramétrisations utilisées dans les modèles océaniques. Faire l'anatomie d'un code numérique. Présenter son fonctionnement global et le détail de chacune des routines. Expliquer les choix numériques et leur implémentation.

On completing this course, students will be able to setup an idealized or a realistic ocean configuration, run a numerical ocean model (CROCO) and to analyse the outputs.

Pré-requis nécessaires

M1 Physique Marine ou équivalent (cursus GE)
Geophysical fluid dynamics (Fluids 1 and Fluids 2)

Compétences visées

compétences en modélisation numérique de l'océan pour les applications recherche et industrie

Appliquer les règles des mathématiques appliquées et de l'analyse numérique pour réaliser un code numérique

savoir planifier, coder, tester et appliquer un algorithme scientifique

connaître les différentes méthodes de discrétisation numérique et les transformées de Fourier

Analyser et résoudre un problème de physique marine

Savoir analyser un problème de physique marine;

Observer et simplifier la théorie en regard des processus

Savoir obtenir des ordres de grandeur des phénomènes pour les analyser, les classer ou pour préparer une modélisation;

Utiliser les jeux d'équations simplifiées pour minimiser l'effort de solution des problèmes océanographiques, géophysiques ou hydrodynamique navals

Analyser et synthétiser des données en vue de leur exploitation

appliquer des méthodes d'interpolation

mettre en forme les jeux de données ou les résultats de simulations numériques pour les transmettre à une communauté

Communiquer par oral et par écrit, de façon claire et non-ambiguë, dans au moins une langue étrangère

prendre des notes et communiquer à tous les stades d'un projet

présenter ses résultats dans des ouvrages ou journaux scientifiques selon les critères des publications scientifiques internationales (expression en anglais)

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 discrétisations spatiales (grilles horizontales, coordonnées verticales z/σ /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 forçages de surface (observations, modèles atmos., bulk formulation, etc.)

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

Structure informatique du code

4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 12h

Cours Magistral : 8h

Travaux Pratiques : 10h

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

Topics covered in courses :

Overview of ocean modelling

Equations of motions

Horizontal Discretization

Numerical schemes

Vertical coordinates

Subgrid-scale parameterizations

Boundary Forcings

Diagnostics and validation

Presentation of the model CROCO

Practical activities :

Activity 1 : Compile and run an ocean model [CROCO]

Activity 2 : Dynamics of an idealized oceanic gyre

Activity 3 : Impacts of numerics

Activity 4 : Impact of topography

Activity 5 : Design a realistic simulation

Activity 6 : Analyze a realistic simulations

Evaluation :

The evaluation is based on a numerical project, which consists in setting up a realistic configuration of a region of the ocean chosen by each student, run the experiment and perform some analysis and validation.

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%	

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

Spécialité côtière

18 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). Il vise à une description des principaux mécanismes et équilibre de la dynamique côtière.

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

This course describes the main processes and equilibrium met in coastal dynamics.

« course taught in English »

4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 25h

Cours Magistral : 5h

Objectifs

L'objectif est que les étudiants connaissent la diversité des processus qui régissent la dynamique en milieu côtier (du littoral jusqu'aux limites du plateau continental)

The objective for students is to know the diversity of processes that drive the dynamics in coastal domain (from the coast to the shelf break)

Pré-requis nécessaires

Mécanique des fluides géophysiques / geophysical fluid dynamics

Océanographie physique descriptive / descriptive physical oceanography

Compétences visées

Identifier les informations dans la littérature scientifique et extraire le questionnement nouveau - récolter des données terrain ou en laboratoire et connaître les méthodologies et instruments de mesures - avoir une culture des ordres de grandeur du système océan-atmosphère-climat pour qualifier ou analyser des observations - développer des calculs nouveaux à partir de calculs existants pour résoudre un problème original

Connaître et savoir utiliser les codes d'analyses de données et de simulation numérique et éventuellement des outils des sciences de la donnée pour aborder des problèmes complexes

-mettre en œuvre du calcul intensif

-maîtriser les limites et champs d'application des outils numériques

Caractériser les interactions entre les parties du système telles qu'observées (par corrélation déterministe ou par analyse de régression) ; appliquer une analyse holistique si besoin ; puis quantifier les éléments individuels et structurels du système

Descriptif

Cours 1	Introduction à la dynamique côtière
Cours 2	Marée : marée statique, potentiel générateur, marée dynamique, interaction non-linéaire, génération d'harmonique, spectre de marée côtier
Travaux pratiques 1	Marée : prédictions de marée dans différents ports par la formule harmonique, calcul des surcotes.
Cours 3	Fronts : Structure frontale (surface et fond), fronts de marée, structure et équilibre hydrologique et dynamique, circulation associée, équilibre du vent thermique, instabilité de courant
Cours 4	Forçage vent : Réponses aux forçages météorologiques : en fluide homogène, en fluide stratifié, vent le long des côtes (upwelling, downwelling)
Travaux dirigés 1	upwelling
Travaux dirigés 2	amphidromie
cours 6	Turbulence : Couches limites de fond – Couches limites de surface : écoulements contrôlés par la friction au fond, pompage d'Ekman, influence des vagues sur les couches limite. Dissipation,

	origine de cisaillement, production de turbulence. Origine de la flottabilité - dissipation de la turbulence
Cours 7	Ondes : Système dynamique, propagation, signature, dissipation, relation de dispersion ; Effets Topographiques et ondes piégées à la côte : ondes de vorticité topographiques
Cours 8	Panaches : rivière versus marée coin salée, effet de la flottabilité sur le mélange, devenir des panaches fluviaux sur le plateau

Lecture 1	Introduction to coastal dynamics
Lecture 2	Tide : static tide, dynamic tide, non-linear interactions, harmonic generation, coastal tide spectrum
Practical 1	Tide : Tide predictions for different harbours. Surges
Lecture 3	Fronts : Frontal structure (surface and bottom), tidal fronts, structure and hydrological and dynamical equilibrium, associated circulation, thermal wind equilibrium, current instabilities
Lecture 4	Wind forcing : Responses to meteorological forcing: in homogeneous fluid, in stratified fluid, wind along the coasts (upwelling, downwelling)
tutorial 1	upwelling
Tutorial 2	amphidromy
Lecture 6	Turbulence: bottom layer - surface layer: flow controlled by bottom friction, Ekman pumping, wave influence on limit layer. Dissipation, origin of shear stress, production of turbulence. Origin of buoyancy - turbulence dissipation
Lecture 7	waves : dynamical system, propagation, signature, dissipation, relation of dispersion; Topographic effects and coastal trapped waves: waves of topographic vorticity
Lecture 8	Plumes : river versus tide, buoyancy effect on mixing, becoming of river plumes on shelf

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

Dynamique sédimentaire (ENSTA Bretagne)

Présentation

Ce cours décrit les principaux forçages hydrodynamiques contrôlant la dynamique sédimentaire côtière et estuarienne. Il décrit le comportement des sédiments cohésifs et non cohésifs, avec une attention particulière sur l'érosion, le dépôt, les processus de transport.

This course describes the main hydrodynamic forcing driving coastal and estuarine sediment dynamics. It describes the behaviour of both non-cohesive and cohesive sediments, with a focus on erosion, deposition and transport processes.

« course taught in English »

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Dirigés : 10h

Objectifs

Introduction aux éléments théoriques de la dynamique des sédiments, qu'ils soient sur le fond (charriage...) ou en suspension dans l'eau, et apprentissage des formulations d'ingénierie qui permettent d'en rendre compte. Stratégies de modélisation de la dynamique sédimentaire, et des couplages morphodynamiques.

Introduction aux éléments théoriques de la dynamique des sédiments, qu'ils soient sur le fond (charriage...) ou en suspension dans l'eau.

Introduction to theoretical elements of sediment dynamics, on bottom (bedload) as well as suspended load.

Stratégies de modélisation de la dynamique sédimentaire, et des couplages morphodynamiques.

Modelling strategy of sediment dynamics and morphodynamics coupling.

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

Identifier les informations dans la littérature scientifique et extraire le questionnement nouveau - récolter des données terrain ou en laboratoire et connaître les méthodologies et instruments de mesures - avoir une culture des ordres de grandeur du système océan-atmosphère-climat pour qualifier ou analyser des observations - développer des calculs nouveaux à partir de calculs existants pour résoudre un problème original

Connaître et savoir utiliser les codes d'analyses de données et de simulation numérique et éventuellement des outils des sciences de la donnée pour aborder des problèmes complexes

-mettre en œuvre du calcul intensif

-maîtriser les limites et champs d'application des outils numériques

Caractériser les interactions entre les parties du système telles qu'observées (par corrélation déterministe ou par analyse de régression) ; appliquer une analyse holistique si besoin ; puis quantifier les éléments individuels et structurels du système

Descriptif

Cours 1	Introduction à la dynamique sédimentaire
Cours 2	Approche géographie physique
Cours 3	Forçage hydrodynamique : contraintes de cisaillement sur le fond sous l'effet d'un courant et/ou des vagues.
Travaux dirigés 1	Forçage hydrodynamique : Implémenter l'équation du moment dans un modèle 1DV
Cours 4	Sédiments cohésifs : dépôt ; consolidation ; érosion

Travaux dirigés 2	Sédiments en suspension : Implémenter l'équation d'advection-diffusion sans les processus d'érosion/dépôt dans un modèle 1DV
Cours 5	Sédiments non cohésifs: seuil de mouvement, dépôt, charriage et transport en suspension, comportement hétérométrique des sédiments
cours 6	Structures géomorphologiques
Travaux dirigés 3	Dynamique sédimentaire : Ajouter les processus d'érosion/dépôt au modèle 1DV
Cours 7	Application et synthèse

Lecture 1	Sediment dynamics introduction
Lecture 2	Physical geographic approach
Lecture 3	Hydrodynamic forcing : current-induced bottom shear stress, skin roughness ; wave-induced bottom shear stress
Tutorial 1	Hydrodynamic forcing: Implementing the momentum equation in a 1DV model.
Lecture 4	Cohesive sediments : deposition ; consolidation ; erosion
Tutorial 2	Suspended sediments: Implementing the advection-diffusion equation without erosion/deposition processes in the 1DV model.
Lecture 5	Non-cohesive sediments: threshold of motion, settling, bedload and suspended load, heterometric sediment behaviour

Lecture 6	bedforms
Tutorial 3 (Sediment dynamics: Adding erosion/deposition processes to the 1DV model.
Lecture 7	Application and synthesis

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

Ce cours a pour but la compréhension des équations mises en jeu dans un modèle océanique côtier.

This course aims to provide the knowledge of the equations involved into a coastal oceanic model.

« course taught in English »

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 12h

Travaux Dirigés : 24h

Objectifs

L'objectif est que les étudiants connaissent la diversité des processus à prendre en compte dans un modèle océanique côtier, de les mettre en équation et de les formaliser dans un code numérique.

The objective for students is to know the diversity of processes that we have to take into account in a coastal oceanic model, to put them into equation and to formalize them into a numerical code.

Pré-requis nécessaires

Mécanique des fluides géophysiques / geophysical fluid dynamics

Océanographie physique descriptive / descriptive physical oceanography

Mathématiques appliquées / applied mathematics.

Compétences visées

Travailler en groupe sur des situations transversales ; développer les liens entre compétences thématiques pour les valoriser dans le champ professionnel ; Utiliser les projets et les stages pour développer des approches nouvelles dans des sous-domaines de pointe de la physique marine
Préparer, discuter et mettre en place des projets - monter un réseau de coopérations internationales avec complémentarité des compétences - assurer une planification des moyens et des ressources - programmer des étapes, des solutions alternatives, des phases de discussion et d'analyse critique dans le cours du projet

Identifier les outils et ressources numériques pour le problem solving et savoir valider les résultats ; identifier les outils numériques dans l'obtention d'information et dans la diffusion de connaissances

Connaître et savoir utiliser les codes d'analyses de données et de simulation numérique et éventuellement des outils des sciences de la donnée pour aborder des problèmes complexes

Mettre en œuvre du calcul intensif.

Maîtriser les limites et champs d'application des outils numériques

Construire les algorithmes de modélisation et d'analyse en physique marine, en assurant un équilibre entre l'optimisation de performance et l'applicabilité générale ; choisir les schémas numériques et les méthodes de solution après une analyse du contexte spécifique.

Descriptif

Cours 1	Rappel Construction de schémas aux différences finies Consistance, stabilité et convergence Analyse de Von Neumann Schémas temporels
Cours 2	Equations Navier-Stokes Principes physiques : Conservation de la masse, Conservation du moment Formulation en milieu tournant : Force de Coriolis Approximation de Boussinesq et hydrostatique : formulation des équations primitives.
Cours 3	Equations en moyenne de Reynolds Reynolds averaged Navier Stokes equations Fermeture turbulente
TP1	Processus de diffusion

	Schémas numériques 1D vertical (Euler, Cranck Nicolson) Analyse de stabilité numérique, propriété spectrale de dissipation et dispersion
TP2	Ondes de gravité, couches d'Ekman, couche limite de fond (marée, vagues), entraînement par le vent
TP3	Advection
TP4	Réalisation d'un modèle numérique 2D d'onde d'inertie gravité

Lecture 1	Rappel Finite difference schemes Consistency, stability and convergence Analysis of Von Neumann Temporal schemes
Lecture 2	Navier-Stokes equations Physical principles : Mass and momentum conservation Expression in rotated framework : Coriolis acceleration Boussinesq and hydrostatic approximations : Primitive equations.

Lecture 3	Reynolds Averaged equations Reynolds averaged Primitive equations Concept of turbulence closure
Practical 1	Diffusion processes 1D vertical numerical scheme (Euler, Cranck Nicolson) Analysis of numerical stability, spectral propriety of dissipation and dispersion
Practical 2	Gravity waves, Ekman layer, bottom layer (tide, waves), wind drive
Practical 3	Advection
Practical 4	Realisation of 2D numerical model of inertia-gravity waves

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

Ce cours a pour but l'utilisation d'un modèle océanique côtier réaliste.
 This course aims to use a realistic coastal oceanic model
 « course taught in English »

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 24h

Objectifs

L'objectif est que les étudiants sachent paramétrer et analyser les résultats issus de simulations d'un modèle océanique côtier tendant vers le réalisme.
 The objective for students is to parameterize and analyse results from simulations of almost realistic coastal oceanic model.

Pré-requis nécessaires

Mécanique des fluides géophysiques / geophysical fluid dynamics
 Océanographie physique descriptive / descriptive physical oceanography
 Mathématiques appliquées / Applied Mathematics
 Modélisation océanique côtière 1 / Coastal oceanic model 1

Compétences visées

Travailler en groupe sur des situations transversales ; développer les liens entre compétences thématiques pour les valoriser dans le champ professionnel ; Utiliser les projets et les stages pour développer des approches nouvelles dans des sous domaines de pointe de la physique marine
 Préparer, discuter et mettre en place des projets - monter un réseau de coopérations internationales avec complémentarité des compétences - assurer une planification des moyens et des ressources - programmer des étapes, des solutions alternatives, des phases de discussion et d'analyse critique dans le cours du projet
 Identifier les outils et ressources numériques pour le problem solving et savoir valider les résultats ; identifier les outils numériques dans l'obtention d'information et dans la diffusion de connaissances
 Acquérir des connaissances thématiques spécialisées en physique marine ; appliquer les théories et outils analytiques et numériques sur des problèmes thématiques puis transverses ; développer l'originalité par l'analyse critique des études antérieures
 Maîtriser les limites et champs d'application des outils numériques
 Construire les algorithmes de modélisation et d'analyse en physique marine, en assurant un équilibre entre l'optimisation de performance et l'applicabilité générale ; choisir les schémas numériques et les méthodes de solution après une analyse du contexte spécifique

Descriptif

TP1	propagation de marée
TP2	circulation rectifiée par le vent et surcote
TP3	couche limite de fond
TP4	dispersion de traceur dissout

Practical 1	Tide propagation
Practical 2	Wind driven circulation and surges
Practical 3	Bottom layer
Practical 4	Dissolved tracer dispersion

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

Vagues

Présentation

Ce cours a pour but la connaissance et l'utilisation des théories et modèles numériques des vagues

Objectifs

Objectif Terminal	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.
Objectif Pédagogique	L'enseignement a pour but de faire comprendre les descriptions statistiques des états de mer, et les effets mécaniques qui leur sont associés (vitesses, dérives, flux de quantité de mouvement à l'interface air-mer.

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 5h

Travaux Dirigés : 20h

Pré-requis nécessaires

Pré-requis	M1 ou VAE ou équivalence
------------	--------------------------

Compétences visées

Mobiliser des savoirs hautement spécialisés, dont certains sont à l'avant-garde du savoir dans un domaine de travail ou d'études comme base d'une pensée originale.

Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles procédures et intégrer les savoirs de différents domaines

Conduire une analyse réflexive et distanciée prenant en compte les enjeux, les problématiques et la complexité d'une situation ou question scientifique afin de proposer des solutions adaptées et/ou innovantes avec les outils appropriés

Analyser et résoudre un problème de physique marine à partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersées ; identifier les processus physiques et les quantifier

Descriptif

Contenu de l'enseignement	<p>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.</p> <p>Les effets de propagation sur bathymétrie et courants variables et de dissipation par frottement seront décrits théoriquement et</p>
---------------------------	---

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. , 2021, Ocean waves in geosciences, <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.16019.78888/9>

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.



Université de Bretagne Occidentale

Option Physique POC

Téledétection (ENSTA Bretagne)

Présentation

Ce cours décrit les plateformes et les capteurs pour la télédétection ainsi que les applications en hydrographie et océanographie.

This course describes platforms and sensors for remote sensing regardless hydrography and oceanography application as well as applications.

« course taught in English »

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 28h

Travaux Dirigés : 15h

Objectifs

Appliquer des techniques de traitement pour analyser des images

Comprendre les phénomènes permettant la mesure des paramètres océanographiques par télédétection et ainsi les méthodes et moyens utilisés

Pré-requis nécessaires

M1 POC ou équivalent

Compétences visées

Les étudiants seront capables de

Appliquer des techniques de traitement pour analyser des images

Comprendre les phénomènes permettant la mesure des paramètres océanographiques par télédétection et ainsi les méthodes et moyens utilisés

Students will be able to

Apply image processing techniques to analyze images

Understand the phenomena allowing the measurement of oceanographic parameters by remote sensing and thus the methods and used equipment

Descriptif

1. Cours 1	Introduction à la télédétection Aperçu des capteurs de télédétection. Premières analyses du lien entre longueur d'onde et phénomène physique.
Cours 2	Plateformes et capteurs satellites Capteurs aéroportés Description des capteurs, des missions satellite. Introduction aux radiations des corps noirs. Description du compromis entre résolution spatiale et résolution spectrale.
Cours 3	Orbitographie - Concept de mission spatiale d'orbitographie. loi de Kepler, description des caractéristiques orbitales (altitude, période de répétition, inclinaison). Missions d'altimétrie satellitaire.
Cours 4	Observation satellite de l'atmosphère satellites météorologiques et présentation des radiomètres. Introduction au transfert radiatif. Description de quelques applications
Cours 5	Température de surface de la mer à partir des radiomètres. Principes de récupération de la température de surface de la mer. Procédure de validation et applications.
Cours 6	Introduction au modèle de transfert radiative dans l'eau. Développement heuristique pour dériver l'équation de transfert radiatif.

Travaux Dirigés 1	Introduction au modèle de transfert radiative dans l'eau; dérivée l'équation de transfert radiatif dans l'eau, détermination de la solution de cette équation selon la diffusion unique. Approximation at approximation diffusion quasi unique
Cours 7	Couleur de l'eau: principe de mesures et applications en océanographie côtière. Principes des produits de récupération de la couleur de l'eau. Applications
Cours 8	Photogrammétrie. Description des principes de photogrammétrie ; étapes pour fournir un nuage de points géoréférencé. Analyse de la qualité du nuage de points

1. Travaux pratiques 1	Photogrammétrie, Correction de la réfraction du nuage de points à partir de la photogrammétrie
Travaux pratiques 2	Bathymétrie par télédétection (méthode empirique) Orthorectification et estimation de la bathymétrie selon la méthode empirique
Travaux pratiques 3	Bathymétrie par télédétection (méthode par modèle); estimation de la bathymétrie basée sur le modèle
Cours 9	Altimétrie. Principes de l'altimétrie, description des paramètres impliqués dans les données d'altimétrie. Principes de l'estimation de la bathymétrie par altimétrie.

Lecture 1	Introduction to Remote Sensing Overview of remote sensing sensors. Preliminary analysis of the link between wavelength and physical phenomena.
Lecture 2	Platforms and satellite sensors Airborne sensors Description of sensors, satellite missions. Introduction to the black body radiation. Description of the compromise between spatial resolution and spectral resolution
Lecture 3	Orbitography - Concept of spatial mission Orbitography. Kepler's law, description of orbit characteristics (altitude, repeat period, inclination). Altimetry satellite missions.
Lecture 4	Satellite observation of the atmosphere Meteorological satellites and radiometers presentation. Introduction to the atmospheric radiative transfer. Description of some applications
Lecture 5	Sea Surface Temperature from Satellite Radiometers. Principles of sea surface temperature retrieval. validation procedure and applications.
Lecture 6	Introduction to radiative transfer model in water. Heuristic development to derive the radiative transfer equation.
Tutorial 1	Introduction to radiative transfer model in water; derivation of the radiative transfer equation in water, determination of solution of this equation according to Single Scattering Approximation and Quasi Single Scattering approximation
Lecture 7	Color of water: principle of measuring and applications in coastal oceanography. Principles of water color products retrievals. Applications

Lecture 8	Photogrammetry. Description of the photogrammetry principles; steps to provide a georeferenced points cloud. Analysis of the quality of the points clouds
Practical 1	Photogrammetry, Refraction correction of a points cloud derived from photogrammetry
Practical 2	Remote sensing bathymetry (Empirical method) Orthorectification and bathymetry estimation according to empirical method
Practical 3	Remote sensing bathymetry (Model method); Model-based bathymetry estimation
Lecture 8	Altimetry. Altimetry principles, description of the parameters involved in data form altimeter. Principles of the bathymetry estimation with the altimetry

Bibliographie

Remote Sensing of Ocean and Coastal Environments
1st Edition - September 27, 2020

Editors: Meenu Rani, Kaliraj Seenipandi, Sufia Rehman, Pavan Kumar, Haroon Sajjad

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

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

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	30	100%	oral commun de 40 mn pour toutes les matières

Interactions physique-biologie

Présentation

Ce cours vise à donner les clés permettant de suivre les exposés de plus en plus nombreux sur la problématique des interactions physique-biologie, autant pour les physiciens que pour les biologistes. Les étudiants amélioreront leur compréhension de l'interdisciplinarité et leur perception de l'océanographie et apprendront comment mettre en œuvre ces concepts dans le cadre de leurs propres recherches.

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Travaux Dirigés : 16h

Travaux Pratiques : 6h

Objectifs

- > Donner une vision pluridisciplinaire de l'océan, focalisée sur les interactions entre les processus physiques et biologiques
- > Balayer une large bande spectrale en temps et en espace, allant de l'échelle des bassins océaniques jusqu'à la fine échelle à laquelle évoluent les organismes marins
- > Associer étudiants de Physique et de Biologie, en incitant le travail en binômes/groupes mêlant ces deux disciplines

Pré-requis nécessaires

- > Notions de programmation scientifique
- > Notions de bases d'océanographie Physique (courants, mélange turbulent, couche mélangée) et Biologiques (écosystèmes, producteurs primaires et secondaires, interactions proie-prédateur)

Compétences visées

- > Intégrer les informations (concepts et données) obtenues à différents niveaux d'organisation pour comprendre le fonctionnement des systèmes biologiques et leurs interactions
- > Communiquer à des fins de formation ou de transfert de connaissances, par oral et par écrit, en français et en langue étrangère et dans un temps et un format restreint, un travail scientifique abouti en le contextualisant
- > Utiliser et développer des outils d'analyse / modélisation dans des langages de programmation adaptés à la problématique
- > Appliquer les méthodes quantitatives adaptées à l'analyse et la modélisation des systèmes et processus de la biologie marine aux échelles des individus, des populations, des communautés et des écosystèmes
- > Caractériser la structure et la dynamique spatio-temporelle des communautés et des écosystèmes (biodiversité, interactions biotiques, etc)
- > Caractériser les flux de matière et d'énergie au sein des communautés et des écosystèmes
- > Utiliser les traceurs biogéochimiques, les indicateurs écologiques et des outils de modélisation

Descriptif

L'enseignement se fait sous forme de cours, de travaux sur PC notamment à l'aide de différents modèles numériques simples, et de lectures d'articles sous forme de projets bibliographiques.

Détail du contenu :

- > Fonctionnement des écosystèmes dans les couches de surface de l'océan : autour de la production primaire et des écosystèmes 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.
- > Notions de couplage Physique-Biologie.
- > Structure verticale de l'océan ouvert : turbulence et couche de mélange océanique - dynamique verticale du plancton. Approche individu centré (Individual Based Model) et modèles Lagrangiens.
- > Propagation de la marée dans les écosystèmes peu profonds.
- > Etudes de cas : Fronts - « Plankton patchiness » - Top predators et biologing

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%	



Université de Bretagne Occidentale

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

Stage M2 PM POC

Présentation

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,

20 crédits ECTS

Objectifs

s'ouvrir à l'étude d'une problématique réelle et complexe en physique de l'océan, comparable à celles qui seront effectives dans la vie professionnelle

développer des compétences d'analyse et de synthèse et les appliquer en temps restreint

Pré-requis nécessaires

connaissances du M2 PM POC

Compétences visées

Identifier, sélectionner et analyser avec esprit critique diverses ressources spécialisées pour documenter un sujet et synthétiser ces données en vue de leur exploitation

savoir maîtriser et utiliser les connaissances acquises ainsi que les outils découverts ou approfondis pendant les cours du M2 PM POC

savoir gérer un temps limité pour effectuer un travail - planification

Analyser ses actions en situation professionnelle, s'autoévaluer pour améliorer sa pratique dans le cadre d'une démarche qualité

Se servir de façon autonome des outils numériques avancés pour un ou plusieurs métiers ou secteurs de recherche du domaine

Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles procédures et intégrer les savoirs de différents domaines

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

Descriptif

le stage doit se concentrer sur une problématique scientifique originale et ne pas être un compendium de résultats disparates

le rapport écrit et la présentation orale doivent mettre en évidence la démarche suivie, la méthodologie, l'analyse critique des résultats, leur mise en perspective par rapport à la littérature scientifique

le rapport doit comprendre au maximum 30 pages - quelques pages d'appendice mathématique ou technique sont autorisées

l'évaluation orale dure 40' : 15' expose, 15' questions, 5' discussion jury-encadrant, 5' discussion interne jury

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	Écrit - devoir surveillé	150	50%	
Stages	CC	Écrit - devoir maison		50%	

Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Stages	CT	Oral	40		si échec, possibilité de refaire un stage l'année suivante