Université de Bretagne Occidentale

Master Physique

Parcours Sciences des Données Océanographiques

Conditions d'accès

M1 de physique ou de maths ou une 2eme année validée de grande école

Université de Bretagne Occidentale

Programme

M2

Semestre 9

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
Analyse statistique et inversion données	30h
Big data et cloud computing	30h
Assimilation de données	31h
Télédétection (ENSTA Bretagne)	43h
Modélisation numérique côtière 1 (ENSTA Bretagne)	36h
Mesures in situ	34h
Stage de terrain Guerlédan (ENSTA Bretagne)	60h

Semestre 10

Stage M2 PM SDO

Dernière mise à jour le 02 mars 2026

Université de Bretagne Occidentale

Projet Interdisciplinaire Mutualisé

Présentation

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 24h

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).

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%	

Université de Bretagne Occidentale

Anglais Scientifique

Présentation

2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 20h

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

Objectifs

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

Université de Bretagne Occidentale

Projet professionnel

3 crédits ECTS

Présentation

le projet professionnel vise a 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 impose 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 a 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 taches) est au moins aussi importante que la partie de réalisation si ce n'est plus importante

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 indique dans la partie Description) Ce sont ces compétences d'autonomie, de gestion, d'anticipation, de planification, d'échanges professionnels, de discussion, de remise enquestion, de solutions alternatives, de recherches et partage de moyens et de ressources, de collaboration,,, que nous souhaitons voirdéveloppées chez les étudiant(e)s Pour cela un tuteur sera affecte a 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, a 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'etudiant(e))

recherche du tuteur et du cadre de realisation (entreprise, labo) par l'etudiant(e)

discussion du theme du projet avec le tuteur et eventuellement des professeurs

anticipation des phases du projet et des moyens necessaires

recherche des moyens materiels et financiers

pre-realisation

discussion des difficultes rencontrees dans la pre-realisation

avec le tuteur (et eventuellement des EC)

remise en question eventuelle des choix; solutions alternatives

continuation de la realisation

discussion des succes et echecs 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

Université de Bretagne Occidentale

Dynamique des fluides géophysiques

Présentation

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 17h
Travaux Dirigés : 10h

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.

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		1/4	projet expérimental
	CT	Ecrit - devoir surveillé	150	3/4	

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

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 physica probleme, 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 of 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 oecan dynamics, academic press

Leblond and Mysak, Waves in the ocean, Elsevier

Csanady, circulation in the coastal ocean, Reidel

Le Mehaute, an introduction to hydrosydnamics 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
	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	100%	

Université de Bretagne Occidentale

Session 2 : Contrôle de connaissances

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

Université de Bretagne Occidentale

Observation circulation et masses d'eaux

Présentation

3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 11h
Cours Magistral : 17h

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

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

Analyse statistique et inversion données

Présentation

ce cours a pour but de modéliser mathématiquement un problème océanographique puis d'implémenter des méthodes pour le résoudre (le cours peut être donné en anglais si besoin)

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h
Travaux Dirigés : 16h
Travaux Pratiques : 4h

Objectifs

ce cours a pour but de modéliser mathématiquement un problème océanographique puis d'implémenter des méthodes pour le résoudre (le cours peut être donné en anglais si besoin)

Pré-requis nécessaires

notions de probabilités, statistiques et optimisation numérique

Compétences visées

Construire les algorithmes de modelisation et d'analyse en physique marine, en assurant un equilibre entre l'optimisation de performance et l'applicabilite generale ; choisir les schemas numeriques et les methodes de solution apres une analyse du contexte specifique.

Analyser et resoudre un probleme de physique marine a partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersees ; identifier les processus physiques et les quantifier

Analyser et resoudre un probleme de physique marine a partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersees ; identifier les processus physiques et les quantifier

Descriptif

ce cours se base sur des cours magistraux, des séances de TD et TP, ainsi que sur des classes inversées et une étude bibliographique

Université de Bretagne Occidentale

Big data et cloud computing

Présentation

ce cours a pour but de former les étudiants sur la gestion de bases de données climatiques volumineuses via des outils accessibles en ligne (le cours est donné en anglais)

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h
Travaux Pratiques : 10h
Travaux Dirigés : 10h

Objectifs

ce cours a pour but de former les étudiants sur la gestion de bases de données climatiques volumineuses via des outils accessibles en ligne

Pré-requis nécessaires

notions de base de données, de statistique et d'océanographie générale

Compétences visées

Construire les algorithmes de modelisation et d'analyse en physique marine, en assurant un equilibre entre l'optimisation de performance et l'applicabilite generale ; choisir les schemas numeriques et les methodes de solution apres une analyse du contexte specifique.

Analyser et resoudre un probleme de physique marine a partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersees ; identifier les processus physiques et les quantifier

Analyser et resoudre un probleme de physique marine a partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersees ; identifier les processus physiques et les quantifier

Descriptif

ce cours se base sur des cours magistraux, des séances TP et un projet par groupe

Université de Bretagne Occidentale

Assimilation de données

Présentation

ce cours a pour but de modéliser mathématiquement le mélange entre des observations et un modèle dynamique et à le résoudre avec des méthodes de filtrage stochastiques (le cours peut être donné en anglais si besoin)

3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h
Travaux Dirigés : 2h
Travaux Pratiques : 19h

Objectifs

ce cours a pour but de modéliser mathématiquement le mélange entre des observations et un modèle dynamique et à le résoudre avec des méthodes de filtrage stochastiques (le cours peut être donné en anglais si besoin)

Pré-requis nécessaires

notions de probabilités, statistiques, d'optimisation numérique et de méthodes de filtrage (Kalman)

Compétences visées

Construire les algorithmes de modelisation et d'analyse en physique marine, en assurant un equilibre entre l'optimisation de performance et l'applicabilite generale ; choisir les schemas numeriques et les methodes de solution apres une analyse du contexte specifique.

Analyser et resoudre un probleme de physique marine a partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersees ; identifier les processus physiques et les quantifier

Analyser et resoudre un probleme de physique marine a partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersees ; identifier les processus physiques et les quantifier

Descriptif

ce cours se base sur des cours magistraux, des séances de TD et TP, ainsi qu'un projet par équipe

Université de Bretagne Occidentale

Télédétection (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 mesures 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 mesures 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

Université de Bretagne Occidentale

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 cosatal 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

Université de Bretagne Occidentale

Mesures in situ

Présentation

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 18h
Travaux Dirigés : 16h

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 physicial 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

Université de Bretagne Occidentale

- 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 (piezorésitif/piezoéléctrique)
- 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 jeud 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 expended 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

Université de Bretagne Occidentale

Stage de terrain Guerlédan (ENSTA Bretagne)

Présentation

4 crédits ECTS

Volume horaire

Terrain : 60h

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.

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 synthetize and report the results and to present their results during a public session.

Pré-requis nécessaires

prérequis de votre UE sont piochés au sein d'une liste de 10-15 prérequis de votre mention # pour assurer la cohérence d'ensemble et éviter une liste de prérequis 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 connaitre 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 a 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 a tous les stades d'un projet - communiquer dans les congres et conférences selon les modes imposes 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 a 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 - connaitre 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

Université de Bretagne Occidentale

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 souhaite

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 taches ; 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%	

Université de Bretagne Occidentale

Stage M2 PM SDO

Présentation

22 crédits ECTS

Le stage de recherches du M2 PM SDO s'effectue dans un laboratoire public ou prive, en France ou a l'etranger. Il consiste en l'etude analytique, experimentale ou numerique d'une problematique originale, mais limitee en ampleur, de l'oceanographie physique, fonde sur l'analyse de donnees

Objectifs

s'ouvrir a l'étude d'une problématique reelle et complexe en sciences des donnees, avec une application a l'ocean ; cette problématique sera comparable a 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 SDO

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 SDO

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 problematique scientifique originale et ne pas etre un compendium de resultats disparates

le rapport ecrit et la presentation orale doivent mettre en evidence la demarche suivie, la methodologie, l'aanalyse critique des resultats, leur mise en perspective par rapport a la litterature scientifique

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