

# Master Physique

## Parcours Géophysique marine

### Objectifs

#### Objectifs scientifiques :

L'objectif de la mention est double : d'abord donner les bases de la connaissance du domaine selon chaque spécialité, Physique de l'Océan et Climat, Géophysique Marine, Hydrodynamique Navale et en parallèle renforcer la formation sur les outils et méthodes mises en œuvre dans les métiers sur lesquels débouchent ces spécialités. Le deuxième aspect a fait l'objet d'une réflexion particulière afin de mettre en exergue les méthodes que devrait maîtriser chaque étudiant à l'issue de son master. Le premier volet « connaissances » est développé pour chacune des trois spécialités dès le Master 1<sup>ère</sup> 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 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.

### Compétences acquises

#### Compétences théoriques :

- > Connaissance des lois générales de la mécanique des milieux continus (fluides et solides) et applications aux milieux naturels, en particulier en domaine marin littoral et hauturier.
- > Acquisition et traitement des données géophysiques.
- > Représentation, interprétation et modélisation mathématique et numérique de ces données.

#### Compétences pratiques :

- > Acquisition et traitement de données marines : positionnement, cartographie, acquisition géophysique
- > Interprétation des résultats d'expériences (analyses, essais, terrain)
- > Modélisation en laboratoire, analogique et numérique
- > Traitement informatique de données, programmation
- > Utilisation de logiciels spécialisés, traitement sismiques, résolution numérique d'équations différentielles
- > Utilisation de Systèmes d'Information Géographique (SIG)

#### Compétences transversales et scientifiques générales :

- > Exploration d'un sujet de recherche et ses limites
- > Recherche et analyse de la documentation relative au sujet étudié

- > Conception, adaptation et utilisation du matériel lié aux travaux de recherche
- > Réponse à un appel d'offre
- > Rédaction de publications liées à l'étude (mémoires, articles scientifiques...)
- > Participation à des colloques, conférences et séminaires pour diffuser l'information scientifique sur les résultats d'une étude scientifique
- > Pratique de l'anglais scientifique
- > Travail en équipe et collaboration avec des spécialistes de diverses disciplines

### 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 secteurs d'activité suivants :

- > Géophysique, physique de la Terre, gravimétrie, sismique, géomagnétisme
- > Océanographie, géodésie, cartographie, hydrographie, topographie, hydrologie
- > Ressources naturelles, gaz, pétrole, eau, minerais, granulats
- > Environnement, risques naturels, génie civil, aménagement
- > Géoprospective
- > Recherche, enseignement, animation scientifique

Ce professionnel peut exercer les emplois suivants :

- > Chargé d'études et/ou de recherche
- > Chef de mission scientifique
- > Chercheur
- > Enseignant-chercheur (après concours)

### Infos pratiques

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

### Contacts

#### Responsable pédagogique

GRIGNE Cécile (Master 2)  
cecile.grigne@univ-brest.fr

ROULLET Guillaume

guillaume.roulet@univ-brest.fr

#### Responsable Secrétariat pédagogique

Scolarité IUEM  
scolarite-iuem@univ-brest.fr

## Programme

### M1

#### semestre 7 Physique GM

<b>Fluides 1</b>	50h
<b>Mathématiques Appliquées 1</b>	32h
<b>Modélisation numérique 1</b>	30h
<b>Analyse de données 1 - Data Analysis 1</b>	38h
<b>Programmation scientifique</b>	20h
<b>Inter SML</b>	20h
<b>Anglais S7 Physique</b>	20h
<b>Outils et méthodes pour la géophysique</b>	10h
<b>Observations et modélisation en géophysique 1</b>	24h

#### semestre 8 PM GM

<b>Fluides 2</b>	47h
<b>Mathématiques appliquées 2</b>	33h
<b>Modélisation numérique 2</b>	20h
<b>Analyse de données 2</b>	38h
<b>Anglais</b>	22h
<b>Oral scientifique</b>	17h

**Formation biblio & projet individuel** 17h

**Observations et méthodes en géophysique 2** 24h

**Stage**

### M2

#### semestre 9 PM GM

<b>Projet Interdisciplinaire Mutualisé</b>	24h
<b>Anglais Scientifique</b>	20h
<b>Projet professionnel</b>	
<b>Exploration géophysique</b>	45h
<b>Instrumentation géophysique</b>	27h
<b>Géodynamique : mesure et processus</b>	36h
<b>Téledétection (ENSTA Bretagne)</b>	43h
<b>Hydrodynamique sédimentaire</b>	30h
<b>Stage de terrain Guerlédan (ENSTA Bretagne)</b>	60h

#### semestre 10 PM GM

**Stage**

Dernière mise à jour le 27 février 2024

# 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	180	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%	

# Outils et méthodes pour la géophysique

## Présentation

Cette UE de mise à niveau donne les bases de physique, de mathématiques et de programmation, qui sont pré-requis pour les UE de géophysique appliquée du parcours. *Course taught in English if international students are present.*

**3 crédits ECTS**

Volume horaire

Travaux Pratiques : 5h

Travaux Dirigés : 5h

## Objectifs

Connaissances de mathématiques, de physique générale et de programmation nécessaires pour les UE de géophysique du parcours

## Pré-requis nécessaires

Niveau de physique et mathématiques de licence 3, d'une licence de physique générale ou de Sciences de la Terre.

## Compétences visées

- > Récueillir des données terrain et connaître les méthodologies et instruments de mesures
- > Analyser des observations et développer des calculs nouveaux à partir de calculs existants pour résoudre un problème original.
- > Analyser et résoudre un problème de physique en identifiant et en quantifiant les processus physiques

## Descriptif

Cours en ligne, travail individuel, exercices, et projets informatiques encadrés.

## Bibliographie

## 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	60	25%	
	CC	Ecrit - devoir maison		75%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

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

# Observations et modélisation en géophysique 1

## Présentation

Cette UE fournit un apprentissage des méthodes géophysiques utilisées en prospection : sismique réflexion et réfraction, gravimétrie, magnétisme, méthodes électriques. *Course taught in English if international students are present.*

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 12h

Travaux Dirigés : 12h

## Objectifs

- > Connaître les principes physiques des différentes méthodes utilisées en géophysique appliquée;
- > Être capable d'analyser, d'intégrer et d'interpréter des données obtenues sur le terrain.

## Pré-requis nécessaires

- > Physique générale de niveau Licence 3
- > Connaissances de géophysiques de niveau Licence 3 en Sciences de la Terre.

## Compétences visées

- > Récolter des données terrain ou en laboratoire et connaître les méthodologies et instruments de mesures;
- > Conduire un projet pouvant mobiliser des compétences pluridisciplinaires dans un cadre collaboratif;
- > Préparer, discuter et mettre en place des projets;
- > Acquérir des connaissances thématiques spécialisées en physique marine ;
- > Appliquer les théories et outils analytiques et numériques sur des problèmes thématiques puis transverses.

## Descriptif

Le cours s'organise autour de:

- > Cours théoriques en ligne et travail individuel pour connaître et comprendre les principes physiques utilisés pour les différentes méthodes de prospection.
- > Mesures géophysiques en extérieur (gravimétrie, magnétisme, résistance électrique du sous-sol...)
- > TP de traitement, d'analyse et d'intégration des données obtenues sur le terrain. Utilisation de logiciels dédiés et écriture de scripts en Python et/ou Octave.
- > Rédaction d'un rapport

## 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	
	CT	Rapport écrit et soutenance orale		1/3	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

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

## 3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 11h

Cours Magistral : 11h

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

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

### Session 2 : Contrôle de connaissances

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

## 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%	

## Observations et méthodes en géophysique 2

### Présentation

Cette UE fournit un apprentissage des méthodes géophysiques utilisées en prospection : sismique réfraction et réflexion, gravimétrie, magnétisme, méthodes électriques. Le cours constitue un approfondissement de l'UE « Observations et modélisation en géophysique 1 » du semestre 7. *Course taught in English if international students are present.*

#### 2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 12h

Travaux Pratiques : 12h

### Objectifs

- > Connaître les principes physiques des différentes méthodes utilisées en géophysique appliquée;
- > Analyser, intégrer et interpréter des données obtenues sur le terrain.

### Pré-requis nécessaires

UE « Observations et modélisation en géophysique 1 » du semestre 7.

### Compétences visées

- > Récueillir des données terrain ou en laboratoire et connaître les méthodologies et instruments de mesures;
- > Conduire un projet pouvant mobiliser des compétences pluridisciplinaires dans un cadre collaboratif;
- > Préparer, discuter et mettre en place des projets;
- > Acquérir des connaissances thématiques spécialisées en physique marin;
- > Appliquer les théories et outils analytiques et numériques sur des problèmes thématiques puis transverses.

### Descriptif

Le cours s'organise autour de :

- > Cours théoriques en ligne et travail individuel pour connaître et comprendre les principes physiques utilisés pour les différentes méthodes de prospection.
- > Mesures géophysiques en extérieur (gravimétrie, magnétisme, résistance électrique du sous-sol...)
- > TP de traitement, d'analyse et d'intégration des données obtenues sur le terrain. Utilisation de logiciels dédiés et écriture de scripts en Python et Octave.
- > Rédaction d'un rapport

### 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	60	50%	
	CC	Ecrit - rapport		50%	

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

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

## Stage

### Présentation

Stage en laboratoire d'une durée de 6 à 8 semaines.

8 crédits ECTS

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

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

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

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

## 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>

# Exploration géophysique

## Présentation

Sismique marine et méthodes potentielles (étude du champ magnétique et du champ de gravité terrestre) pour l'exploration de la Terre solide.

*Course taught in English if international students are present.*

## Objectifs

- > Connaître et comprendre les bases de la mise en œuvre, du fonctionnement, et du traitement de la sismique réflexion marine.
- > Etre en mesure de choisir les bons outils sismiques en fonction de l'objectif scientifique ou industriel à atteindre en terme de résolution et de pénétration.
- > Maîtrise des techniques de traitement et de modélisation des méthodes d'exploration géophysiques de potentiel : Magnétisme, Gravimétrie, Electro-magnétisme.

### 8 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 15h

Travaux Dirigés : 24h

Autres : 6h

## Pré-requis nécessaires

physique générale de niveau M1, propagation des ondes.

## Compétences visées

- > Acquérir des connaissances thématiques spécialisées en physique marine.
- > Appliquer les théories et outils analytiques et numériques sur des problèmes thématiques puis transverses.
- > 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

Cours magistraux, traitement et analyse de données réelles, avec utilisation de logiciels spécifiques.

## 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%	
	CT	Ecrit - rapport		50%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

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

# Instrumentation géophysique

## Présentation

Prospection géophysique par différentes méthodes, mesures géophysiques en domaine littoral, et traitement et interprétation des données obtenues.

*Course taught in English if international students are present.*

## Objectifs

- > Comprendre les fonctionnements et principes physiques des appareils de mesures géophysiques en domaine terrestre, littoral et océanique.
- > Connaître les conditions d'utilisation des appareils et les gammes d'erreur des différentes approches.
- > Être capable d'analyser, d'intégrer et d'interpréter des données obtenues sur le terrain.

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 10h

Terrain : 9h

## Pré-requis nécessaires

- > physique générale niveau M1
- > utilisation de Octave/Matlab ou Python

## Compétences visées

- > Récolter des données terrain ou en laboratoire et connaître les méthodologies et instruments de mesures.
- > Conduire un projet pouvant mobiliser des compétences pluridisciplinaires dans un cadre collaboratif.
- > Préparer, discuter et mettre en place des projets, programmer des étapes, des solutions alternatives, des phases de discussion et d'analyse critique dans le cours du projet.
- > Acquérir des connaissances thématiques spécialisées en physique marine ; appliquer les théories et outils analytiques et numériques sur des problèmes thématiques puis transverses.

## Descriptif

- > Cours théoriques de présentation des techniques utilisées et de leurs principes physiques.
  - > Mesures géophysiques sur une plage proche de l'IUEM.
  - > Méthodes géophysiques utilisées : Géoradar, mesures de résistivité électrique, d'anomalies magnétiques, GPS différentiel, photogrammétrie, courantométrie et acoustique passive.
  - > TP de traitement, d'analyse et d'intégration des données obtenues sur le terrain. Utilisation de logiciels dédiés et écriture de scripts en Python et Octave.
- > Rédaction d'un rapport

## 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%	

# Géodynamique : mesure et processus

## Présentation

Introduction à la géodynamique, à la tectonique et aux méthodes de mesure de la déformation de la surface terrestre.

*Course taught in English if international students are present.*

**5 crédits ECTS**

Volume horaire

Cours Magistral : 12h

Travaux Dirigés : 24h

## Objectifs

- > Connaître la structure interne de la Terre solide et les grands contextes géodynamiques.
- > Mettre en lien les notions de mécanique des milieux déformables et les observations des déformations terrestres à l'échelle globale et régionale.
- > Savoir utiliser les outils de mesures de la déformation à la surface de la Terre

## Pré-requis nécessaires

Notions de rhéologie et de mécanique des milieux continus.

## 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.
- > 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.
- > 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

## Descriptif

Cours magistraux et TD, lecture d'articles scientifiques.

Cours portant sur :

- > La notion de lithosphère, thermique et mécanique
- > La tectonique et la cinématique des plaques.
- > L'observation de la déformation, l'interférométrie Radar et les méthodes GNSS.

## 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	
	CT	Ecrit - rapport		1/3	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

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

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

Travaux Dirigés 1	<b>Introduction au modèle de transfert radiative dans l'eau;</b> 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	<b>Couleur de l'eau: principe de mesures et applications en océanographie côtière.</b> Principes des produits de récupération de la couleur de l'eau. Applications
Cours 8	<b>Photogrammétrie.</b> 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	<b>Photogrammétrie,</b> Correction de la réfraction du nuage de points à partir de la photogrammétrie
Travaux pratiques 2	<b>Bathymétrie par télédétection (méthode empirique)</b> Orthorectification et estimation de la bathymétrie selon la méthode empirique
Travaux pratiques 3	<b>Bathymétrie par télédétection (méthode par modèle);</b> estimation de la bathymétrie basée sur le modèle
Cours 9	<b>Altimétrie.</b> Principes de l'altimétrie, description des paramètres impliqués dans les données d'altimétrie. Principes de l'estimation de la bathymétrie par altimétrie.

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

Lecture 8	<b>Photogrammetry.</b> Description of the photogrammetry principles; steps to provide a georeferenced points cloud. Analysis of the quality of the points clouds
Practical 1	<b>Photogrammetry,</b> Refraction correction of a points cloud derived from photogrammetry
Practical 2	<b>Remote sensing bathymetry (Empirical method)</b> Orthorectification and bathymetry estimation according to empirical method
Practical 3	<b>Remote sensing bathymetry (Model method);</b> Model-based bathymetry estimation
Lecture 8	<b>Altimetry.</b> 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

## Hydrodynamique sédimentaire

**4 crédits ECTS**

Volume horaire

Cours Magistral : 30h

## 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 synthetize 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	<b>Planification du projet :</b> 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	<b>Préparation du projet :</b> Prise en main et calibration des différents capteurs utilisés
TP3	<b>Acquisition de données :</b> Configurer le système d'acquisition ; acquérir les données ; mener des levés supplémentaires si besoin
TP4	<b>Traitement de données</b>
TP5	<b>Activités spécifiques au projet</b> Les activités peuvent être différentes en fonction du sujet : acquisition additionnelle, déploiements d'autres capteurs ou plateformes, programmation spécifique ; analyse dédiée.
TP6	<b>Rapport final de projet</b> Ecrire un rapport de projet ; faire un poster ; soutenir le projet face à un jury

Practical 1	<b>Project planification:</b> 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	<b>Project preparation:</b> Handling and calibration of the different used sensors
Practical 3	<b>Data acquisition:</b> Configure the acquisition system; Manage survey issues; Perform data acquisition; Carry out remedial surveys;
Practical 4	<b>Data processing</b>
Practical 5	<b>Project-specific activities</b> 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	<b>Final project reporting</b>

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%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

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

## Stage

**22 crédits ECTS**

### Modalités de contrôle des connaissances

---

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Stages	CT	Ecrit - rapport		2/3	
Stages	CT	Oral - soutenance	20	1/3	