

## **Semestre 1 - SCNI**

- Intitulé U E : **Introduction aux Systèmes Complexes 1 (resp. 2)**
- Mention de master : Modélisation
- Spécialité: Systèmes Complexes Naturels et Industriels parcours PMC, MSGE et SBE
- Semestre : (1 2 3 ou 4) : 1 (resp. 3)
- Savoir et savoir-faire associés :

Le but de ce module est d'enseigner aux étudiants les concepts communs à tous les systèmes complexes et en présenter des exemples issus de la physique, des sciences environnementales et de la biologie.

Il s'agit d'un module d'introduction où différents intervenants extérieurs seront invités pour des séminaires sur différents domaines d'application. Le cours change chaque année et sert d'introduction à la spécialité. Les étudiants des deux années y sont réunis, c'est donc un cours suivi à la fois au semestre 1 et au semestre 3.

**Savoir-faire:**

Réduction d'un problème présentant a priori un grand nombre de degré de liberté à un nombre restreint de paramètres pertinents, phénomènes d'auto-organisation (éventuellement criticalité auto-organisée), lois d'échelle, bifurcation, méthodes d'étude des systèmes chaotiques, brisure de symétrie.

- Responsable U E : Renaud Delannay
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 40
- Langue d'enseignement : Français ou Anglais
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) : Présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
24				

- Intitulé U E : **Méthodes Numériques et Programmation**

- Mention de master : Modélisation mutualisé avec le Master Physique
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels, parcours PMC, MSGE et SBE mutualisé avec physique, parcours Physique Médicale
- Semestre : 1

- Savoir et savoir-faire associés :

L'objectif du cours est double. D'une part, savoir utiliser à bon escient des rudiments incontournables d'analyse numérique et d'algorithmique afin d'être capable de résoudre des problèmes auxquels tout ingénieur ou chercheur est confronté, par programmation directe et/ou par l'utilisation de bibliothèques numériques standard et de logiciels. D'autre part, savoir mettre en oeuvre des outils de programmation permettant de tirer le meilleur parti de langages couramment utilisés dans l'industrie (recherche, développement, contrôle) et les différents organismes de recherche, comme Matlab ..., pour le traitement, l'analyse et la visualisation de données expérimentales ou de résultats de calcul intensif.

- Rudiments d'algorithmique et méthodes numériques : types de variable, gestion de mémoire, instructions de contrôle, entrées/sorties. Analyse d'un problème.
- Précision numérique, différenciation-intégration,
- Calcul matriciel (inversion, valeurs et vecteurs propres, fonctions de matrice), résolution de systèmes linéaires, équations différentielles linéaires à coefficient constant et équation différentielle linéaire du premier ordre...
- Méthodes des moindres carrés (problèmes linéaires et non linéaires), notions de régularisation (Tikhonov)
- Notions de simulation Monte-Carlo : génération de nombres pseudo-aléatoires, transformation de variable, estimateurs, histogrammes, intégration Monte-Carlo, transport de particules
- Bases de programmation en langage Matlab/Octave/Scilab : Tableaux de données (vecteurs lignes/colonnes/tableaux) et leur manipulation, Opérateurs «élément par élément» et Opérateurs vectoriels, méthodes d'adressage pour minimiser les boucles.

- Responsable U E : C. ODIN
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 20
- Langue d'enseignement : Français
- Forme d'enseignement : présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
18h	18h			

- Intitulé U E : **Introduction à la programmation scientifique (resp. remise à niveau en calcul scientifique)**
- Mention de master : **Modélisation mutualisé avec Master Physique**
- Spécialité : **Systèmes complexes Naturels et Industriels mutualisé avec le parcours « Physique médicale » du Master Physique**
- Semestre : 1 (respectivement 3)
- Savoir et savoir-faire associés :

L'objectif est de donner aux étudiants arrivant en M1 ou admis directement en M2 les connaissances en programmation indispensables pour suivre les cours de la spécialité.

- Savoir-faire
  - Utiliser un ordinateur sous Linux
  - Écrire des programmes simples en C/C++ ou des langages apparentés (Perl / Javascript).
- Savoir
  - Commandes de base Linux
  - Concepts élémentaires de programmation: variables, types, entrée/sortie, branchements, boucles, tableaux, sous-programmes
  - Introduction aux concepts avancés : pointeurs/références et objets.

Responsable U E : Sean Mc Namara

Composante : UFR SPM

Crédits U E : 3

Coefficient U E : 1

Capacité d'accueil : 24

Langue d'enseignement : français, anglais

Forme d'enseignement : présentiel

Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
12	24			

- Intitulé U E : Remise à Niveau en Physique
- Mention de master : Modélisation
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels, Parcours : PMC, MSGB et SBE.
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 1
- Savoir et savoir-faire associés :

L'objectif est de donner aux étudiants non-physiciens les outils indispensables pour suivre les cours communs aux différents parcours et les cours spécifiques du parcours « PMC ».

Cet enseignement sera divisé en deux blocs. Le premier permettra d'acquérir des notions de mécanique des milieux continus en général et notamment d'élasticité. Le deuxième présentera des notions d'analyse de Fourier et de phénomènes ondulatoires.

#### Contenu détaillé

##### I Mécanique des milieux continus

- Notions de contrainte et de déformation
- Equations de bilan de masse et de quantité de mouvement
- Lois de comportement, exemples : fluide newtonien, solide élastique

##### II Analyse de Fourier et phénomènes ondulatoires

- Séries de Fourier
- Transformée de Fourier
- Applications aux phénomènes ondulatoires

- Responsable U E : Sylvie Beaufiles (IPR) Florence Nicollin (Géosciences)
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3 ECTS
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 15
- Langue d'enseignement : Français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) entièrement en présentiel

- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
14		10		

- Intitulé U E : Remise à niveau en biologie
- Mention de master : Modélisation
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels, parcours PMC, MSGE, SBE
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 1

- Savoir et savoir-faire associés :

L'objectif est de donner aux étudiants non-biologistes les outils indispensables pour suivre les cours communs aux différents parcours et les cours spécifiques des parcours « modélisation des systèmes biologiques ».

Savoir : fonctionnement et organisation du vivant, fonctionnement des écosystèmes

Savoir-faire : compréhension des principaux concepts en biologie, Utilisation des concepts de biologie dans la formulation des modèles mathématiques

- Responsable U E : : Equipe pédagogique - 1ère année de la spécialité

- Composante : OSUR

- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : illimité
- Langue d'enseignement : Français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
14		10		

- Intitulé U E : **Remise à niveau en Sciences de la Terre**
- Mention du master : Modélisation
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels (parcours PMC, MSGE et SBE)
- Semestre : S1
- Savoir et savoir-faire associés :

L'objectif est de donner aux étudiants non-géologues une culture globale sur divers aspects du fonctionnement du système-Terre.

**Savoirs** : Différenciation chimique de la Terre; introduction à la géodynamique en lien avec la géomorphologie; introduction à la sismologie ; dynamique et chimie de l'atmosphère, dynamique des océans.

Responsable U E : Yves Méheust

Intervenants: Philippe Boulvais, Annick Chauvin, Yves Méheust, Anne-Catherine Pierson-Wickman, Jean Van den Driessche

- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 40
- Langue d'enseignement : Français
- Forme de l'enseignement : présentiel
- Horaire d'enseignement :

Cours Magistraux	T.P.	T.D.	Projet	Stage
14		10		

- Intitulé U E : Physique statistique macroscopique et modèles probabilistes
- Mention de master Modélisation
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels parcours PMC, MSGE et SBE
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 1
- Savoir et savoir-faire associés :
- Savoir :
  - Distributions statistiques et séries chronologiques
  - Lois de probabilité à une ou plusieurs variables
  - Statistique d'ordre, statistique des extrêmes et distributions associées (Fréchet, Weibull, Gumbel)
  - Illustrations par divers exemples (résistance des fibres, crues des fleuves,...)
  - Confrontation des données et des modèles
  - L'estimation statistique
- Savoir faire: Maîtrise des connaissances de base dans le domaine des probabilités et des statistiques appliquées à la physique, l'ingénierie ou la géologie. Etude de la statistique des extrêmes.
- Responsable U E : G. Le Caër
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E :6
- Coefficient U E :1
- Capacité d'accueil : 40
- Langue d'enseignement : Français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
36		18		



- Intitulé U E : **Physique des Milieux Continus**

- Mention du master : Modélisation, mutualisé avec le master Physique
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels

- Semestre : S1

- Savoir et savoir-faire associés : les états solide et fluide et leur description comme des milieux continus; cinématique des milieux continus; le principe fondamental de la dynamique appliqué aux milieux continus; application à l'élasticité; application à la statique des fluides ; application à la dynamique des fluides visqueux, équation de Navier-Stokes ; fluides parfaits, écoulements potentiels ; fluides newtoniens et rhéologies complexes ; théorie de la couche-limite ; écoulements à nombre de Reynolds élevé, introduction à la turbulence.

*Bibliographie :*

Guyon E., Hulin J.-P., Petit L., hydrodynamic *Physique* , CNRS Edition, Paris 2001

- Responsable U E : Yves Meheust
- Composante : SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : illimitée
- Langue d'enseignement : Français (anglais possible)
- Forme de l'enseignement : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	20		16		

- Intitulé U E : Imagerie et photonique 1 : **Formation et Traitement des Images en Optique**

- Mention du master : **mention modélisation mutualisé avec le master Physique**

- Spécialité : **Systèmes Complexes Naturels et Industriels (parcours PMC, MSGE, SBE)**

- Semestre : (de 1 à 4) : **1**

- Savoir et savoir-faire associés

**Formation des Images** Optique géométrique, optique physique. Formation des images en éclairage cohérent et incohérent. Contraste. Aberration. Diffraction. Résolution. Photométrie, grandeurs énergétiques et grandeurs visuelles. Photodétecteurs ponctuels et surfaciques : plaque photo, PMT, CCD, MOS. Sensibilité performance, bruit de fond. Numérisation des images.

**Traitement des Images** Images numériques (définition, résolution), bruit et qualité des images. Filtrage, filtrage par transformée de Fourier, seuillage et morphologie mathématique (érosion, dilatation, ouverture, fermeture, distance euclidienne), segmentation, suivi de particules, méthodes statistiques de vélocimétrie, Principes et algorithmes de reconstruction tomographique.

- Responsable U E : RICHARD P. (HDR, CNU 28), ROUEDE D. (CNU 30)

- Composante : **UFR SPM**

- Crédits U E : **3 ECTS**

- Coefficient U E : **1**

- Capacité d'accueil : **24**

- Langue d'enseignement **Français / Anglais**

- Forme de l'enseignement : (présentiel, ....) présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	20		16		

- Intitulé U E : Matière Molle 1
- Mention de master Modélisation mutualisé avec le Master Physique
- Spécialité Systèmes complexes naturels et industriels (parcours PMC) mutualisé partiellement avec le Master Physique
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 1
- Savoir et savoir-faire associés :

Ce cours est une introduction à la physique de la matière molle. En partant des concepts de base de l'électromagnétisme, de la thermodynamique et de la physique statistique, il s'agit d'étudier différentes configurations de la matière en s'efforçant de relier les propriétés macroscopiques aux forces intermoléculaires. Les étudiants seront amenés à se familiariser aux outils méthodologiques de la matière molle (raisonnement en ordre de grandeur, description en loi d'échelle,...).

Pré-requis : licence de Physique ou équivalent.

Programme détaillé

**Forces faibles et stabilité des colloïdes**

Présentation des colloïdes et les domaines d'application.

Les différents types de forces intermoléculaires; la théorie DLVO ; forces entropiques.

Méthodes de caractérisation.

**Mouvement brownien et diffusion**

Brève histoire du mouvement brownien ; équation de Langevin ; géométrie fractale.

Illustration par les polymères : conformation d'une chaîne isolée en solution, propriétés des polymères en solution, dynamique et reptation des polymères.

**Interfaces et mouillage**

Thermodynamique des interfaces, la tension superficielle, films liquides minces, mouillage et étalement, capillarité et pesanteur, gouttes et bulles.

**Tensioactifs et membranes**

Classification des tensioactifs ; structure des agrégats.

Membranes : rigidité de courbure, fluctuations thermiques d'une membrane, longueur de persistance d'une membrane libre, membranes confinées.

Bibliographie

- P.G. De Gennes, F. Brochard-Wyart, D. Quéré, *Gouttes, bulles, perles et ondes*, Belin, 2005.

- B. Cabane , S. Hénon, *Liquides-Solutions, dispersions, émulsions, gels*, Coll. Echelles, Belin, 2007.

- J. Charvolin, [\*Architectures de la matière molle\*](#) - *Des films de savons aux membranes biologiques*, Coll. Echelles, Belin, 2008.

- P.G. De Gennes, *Scaling concepts in polymer physics*, Cornell University Press, 1979

- 
- Responsable U E : Janine Emile
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3 ECTS
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : illimités
- Langue d'enseignement : français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
20				

- Intitulé U E : **Evolution de la Terre**
- Mention de master Modélisation
- - Spécialité        Systèmes complexes Naturels et Industriels
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 1

Cet enseignement de 20h est mutualisé avec une UE du même nom du Master Sciences de la Terre et de l'Environnement qui elle comprend 60h d'enseignement

- Savoir : (1) L'originalité de la Terre dans le système solaire et planétologie comparée. (2) Dynamique du noyau et de la magnétosphère. (3) Dynamique du manteau terrestre vue par la tomographie sismique et le géoïde.
- Savoir faire : Comprendre et apprécier la pertinence d'une publication scientifique dans le domaine.
- Responsable U E : Annick Chauvin
- Composante : OSU Rennes
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : illimité
- Langue d'enseignement : Français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel

- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
18		2		

- Intitulé U E : **Hydrogéologie**

- Mention du master : Sciences de la Terre et Environnement

- Parcours : Modélisation mutualisé avec Hydro3, Hydrogéologie, Hydrobiogéochimie, Hydropédologie

- Semestre : (de 1 à 4) : 1

- Savoir et savoir-faire associés :

Ce module porte sur l'étude des lois qui gouvernent les écoulements de l'eau et le transfert de solutés dans le sous-sol. Ces écoulements mettent en jeu des interactions (mécanique, thermique) et transportent de la matière et de l'énergie. L'objectif de ce cours est de poser les bases physiques de ce vaste domaine en traitant les bases théoriques et les solutions analytiques, mais également en abordant la modélisation numérique et l'expérimentation en laboratoire. Le plan du cours sera le suivant :

- Notions de bases d'hydraulique, passage Naviers-Stoke-Darcy,
- Milieux poreux, notions de porosité, loi de Darcy et notion de charge hydraulique, perméabilité
- Equation de diffusivité en nappe libre et captive
- Solutions en régime permanent et transitoire, essais de pompage
- Ecoulements en milieu non saturé
- Transport d'éléments en solution (conservatif et réactif)

<b>Intervenants</b>	<b>statut</b>	<b>section</b>	<b>Laboratoire</b>
Yves Méheust	MC	35	Géosciences
Olivier Bour	PR	35	Géosciences

Bibliographie :

Marsily, G. de, Hydrogéologie Quantitative, Masson, 1981

Fetter, C.W., Applied Hydrogeology, Macmillan publications, Oxford, 1994

Fetter, C.W., Contaminant Hydrogeology, Prentice Hall, 1993

- Responsable U E : Olivier Bour

- Composante : OSUR

- Crédits U E : 3

- Coefficient U E : 1

- Capacité d'accueil : illimitée

- Langue d'enseignement : français

- Forme de l'enseignement (présentiel, visio, à distance,....) : Présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel	26	4	18		

- Intitulé U E : **Introduction à la modélisation (IMOD)**
- Mention de master : **Modélisation mutualisé avec Biodiversité, Ecologie, Environnement (BEE)**
- Spécialité : **MODE (obligatoire), EFCE, READ, SCNI (Mention Modélisation, optionnel)**
- Semestre : **1**
- Savoir et savoir-faire associés :
  - **Mise en place de modèles conceptuels**
  - **Modèles classiques en dynamique des populations et en écologie**
  - **Introduction à la mise en œuvre logicielle des modèles.**
- Responsable U E : **C. WOLF**
- Composante : **OSUR**
- Composante en charge financière : **OSUR**
- Crédits U E : **3**
- Coefficient U E : **1**
- Capacité d'accueil : **illimitée**
- Langue d'enseignement : **français**
- Forme d'enseignement : **présentiel**
- Horaire d'enseignement : **30h**

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
8h		22h		

- Intervenant : **Cédric WOLF MCU, 67, Ecobio, OSUR**
- Contenu :
  - Introductions aux différents types de modélisation en écologie
  - Construction de schéma : Symbolique de Forrester
  - Modélisation de systèmes d'EDO sur le logiciel Stella
  - Présentation, simulation et analyse de modèles classiques (Leslie, Lotka-Volterra,...)
  - Introduction à la notion de stabilité des modèles.

- Intitulé U E : Marchés financiers et gestion de portefeuille
- Mention du master Modélisation (cours mutualisé avec l'UE1 : Marchés financiers du master mention : Banque, finance)
- Parcours : Systèmes industriels, Terre et Environnement, Matière Complexe
- Spécialité : Systèmes Complexes : Méthodes, Modèles et Simulation
- Semestre : (de 1 à 4) : 1
- Savoir et savoir-faire associés :

Savoirs :

Marchés financiers et gestion de portefeuille : rappels sur les fonctions des marchés de capitaux, sur la typologie et la structure des marchés (monétaire, financier), sur les caractéristiques des instruments financiers, sur la régulation des marchés. Diversification des risques. Frontière efficiente. Principes d'évaluation des actifs. Mesure de la performance d'un portefeuille.

Savoir-faire : A l'issue de cette UE, l'étudiant doit être capable de mesurer le rendement d'un portefeuille et de construire un portefeuille et en apprécier la performance.

- Responsable U E : Equipe pédagogique - 1<sup>ère</sup> année de la mention Banque, Finance
- Composante : Faculté de sciences économiques – Université de Rennes 1
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : illimité
- Langue d'enseignement : Français
- Forme de l'enseignement : (présentiel, visio, à distance,....) : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	20				

- Intitulé U E : TP – projet 1

Mention du master :Modélisation

Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels

- Semestre : (de 1 à 4) : 1

- Savoir et savoir-faire associés :

Objectifs : Former les étudiants aux techniques expérimentales et numériques à l'aide de projets réalisés au sein de laboratoires de recherche.

Savoir faire

Cet enseignement permet aux étudiants de maîtriser un technique expérimentale et/ou numérique et de la mettre en œuvre sur un cas concret de recherche scientifique en lien avec les systèmes complexes. La première partie est plus spécialement consacrée à l'étude bibliographique et à la conception et réalisation du montage (ou du programme) et à la mise en place des mesures.

- Responsable U E : Equipe pédagogique - 1<sup>ère</sup> année de la spécialité

- Composante : UFR SPM

- Crédits U E : 3

- Coefficient U E :

- Capacité d'accueil :

- Langue d'enseignement : Français

- Forme de l'enseignement : (présentiel, visio, à distance,....) : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	4	8	8	12	



## **Semestre 2 - SCNI**

- Intitulé U E : Rhéologie des fluides complexes
- Mention de master : modélisation
- Spécialité : systèmes complexes naturels et industriels (parcours PMC, MSGE et SBE)
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 3
- Savoir et savoir-faire associés : interprétation de mesures rhéométriques, coefficients visco-élastiques, réponse linéaire et non-linéaire, exemples de fluides complexes.
- Responsable U E : Isabelle Cantat
- Composante : SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E :1
- Capacité d'accueil : 20
- Langue d'enseignement : français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
14		10		

- Intitulé U E : **Technique de Communication et Connaissance du Monde Professionnel 1**
- Mention de master : Modélisation, mutualisé avec le master **PHYSIQUE**
- Spécialités : Physique, Photonique, Systèmes Complexes, Nanosciences
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 1 ou 2 (suivant parcours)

Cette UE comprend trois volets :

- **Innovation, Valorisation (9h)**
- **Communication Scientifique (6h)**
- **Module TRS-TRE (9h)**

- **Savoir et savoir-faire associés :**

**Volet Innovation, Valorisation :** Intervention de l'agence Bretagne Valorisation (UEB) et d'intervenants extérieurs pour présenter aux étudiants l'importance et les différents aspects de l'innovation : Propriété intellectuelle (confidentialité, contrats de recherche, brevets), veille technologique, gestion de projets.

**Volet Communication Scientifique :** Apprentissage des moyens de communication scientifique : différences et points communs entre revues scientifique ou techniques. Séminaires scientifiques. Construction d'affiches et présentations orales. Organisation d'une « conférence étudiants ».

**Volet Technique de Recherche de Stage et d'Emploi (TRS-TRE) :** Intervention de l'association ASCAPE35. Présentation d'outils et méthodes pour apprendre à se connaître et mettre en avant ses compétences personnelles. Revue des techniques de rédaction de CV et lettres de motivation. Décryptage d'annonces d'emploi. Simulation d'entretiens d'embauche avec des intervenants chevronnés en ressources humaines.

- Responsable U E : RABILLER Philippe (PR 28)
- Composante : SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 20 maxi pour bloc « TRE-TRS »
- Langue d'enseignement : Français et Anglais
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) **Présentiel**
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
24		6		

- Intitulé U E : Risques environnementaux, industriels et financiers
- Mention du master : Modélisation
- Parcours : PMC, MSGE et SBE
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels
- Semestre : (de 1 à 4) : 2
- Savoir et savoir-faire associés :

L'objectif principal de cette U.E. est d'appréhender les risques et leur modélisation.

**Contenu du cours:** notions de Statistique des évènements extrêmes; notion de risques et de modèle prédictif; risques sismiques ; risques volcaniques; les crues et inondations, gestion de l'aléa hydrologique; risques liés aux glissements de terrain ; sites de stockage radioactifs et gestion des déchets ; risques liés aux OGMs ; modélisation du risque en finance et en ré-assurance.

La partie portant sur les risques industriels et financiers est donnée par des professionnels (Groupe AXA).

- Responsable U E : Yves Méheust
- Intervenants : Jean de Bremond d'Ars, Sebastien Cambier, Annick Chauvin, François Divet, Jean-Raynald de Dreuzy, Yves Meheust.
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 6
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : illimité
- Langue d'enseignement : Français
- Forme de l'enseignement : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	36		6		

- Intitulé U E : TP – projet 2

Mention du master : Modélisation

Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels

Semestre : (de 1 à 4) : 2

- Savoir et savoir-faire associés :

Objectifs : Former les étudiants aux techniques expérimentales et numériques à l'aide de projets réalisés au sein de laboratoires de recherche.

Savoir faire

Cet enseignement permet aux étudiants de maîtriser une technique expérimentale et/ou numérique et de la mettre en œuvre sur un cas concret de recherche scientifique en lien avec les systèmes complexes. La deuxième partie est plus spécialement consacrée à la mesure et à l'interprétation des résultats, ainsi qu'à une réflexion critique sur la qualité de la mesure.

- Responsable U E : Equipe pédagogique – 2e année de la spécialité

- Composante : UFR SPM

- Crédits U E : 3

- Coefficient U E : 1

- Capacité d'accueil :

- Langue d'enseignement : Français

- Forme de l'enseignement : (présentiel, visio, à distance,....) : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant		8		12	

- Intitulé U E : Modelisation Numerique

Mention de master : Modélisation mutualisé avec Sciences de la Terre, environnement

Spécialité : Systèmes complexes naturels et industriels (parcours PMC et MSGE) mutualisé avec le Master Sciences de la Terre

- Semestre : (1 2 3 ou 4) 2

- Savoir et savoir-faire associés :

Savoir :

Derivation de l'équation pour chaleur (diffusion, advection)  
 Non-dimensionalisation d'une équation différentielle (partielle)  
 Les methods de difference finie (DF)  
 Methodes Lagrangian et Eulerian  
 Analyse de la stabilité des schemas DF  
 Methode des Séries du Fourier  
 Applications aux problèmes de transport de chaleur et flexure

Savoir-faire :

Expérience d' écrire, tester et appliquer les logiciels (Scilab) pour les problèmes de modélisation numérique

- Responsable U E : Kerry Gallagher

- Composante : OSU Rennes

- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 40
- Langue d'enseignement :Anglais
- Forme d'enseignement : présentiel (cours magistraux et TD)
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
24		24		

Intitulé U E : Traitement du signal

Mentions de master : Modélisation mutualisé avec Sciences de la Terre et de l'Environnement

Spécialité : -  
Systèmes complexes Naturels et Industriels (parcours PMC et MSGE) mutualisé avec Master sciences de la Terre

Semestre : (1 2 3 ou 4) : 2

Savoir et savoir-faire associés : L'objectif de ce cours est de donner à l'étudiant un savoir-faire pratique du traitement numérique du signal. Sont traités : les objectifs du traitement du signal, la transformation de Fourier, la convolution, les fonctions utiles et les distributions, l'échantillonnage des signaux, les processus stochastiques, le filtrage linéaire, la dualité temps-fréquence, l'analyse spectrale, les signaux non stationnaires, l'analyse par ondelettes. Les TP constituent une mise en oeuvre pratique des méthodes vues en cours, en traitant sur ordinateur des données synthétiques et réelles.

Responsable U E : Florence Nicollin

Composante : OSUR

Crédits U E : 3 ECTS

Coefficient U E : 1

Capacité d'accueil :

Langue d'enseignement : français

Forme d'enseignement : présentiel

Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
28	20	-	-	-

**Intitulé U E : Méthodes de champs de potentiel**

Mentions de master : Sciences de la Terre et de l'Environnement,  
spécialités Sciences de la Terre  
*Mutualisée avec* Modélisation spécialité : Systèmes complexes

Semestre : (1 2 3 ou 4) : 2

**Savoir et savoir-faire associés :**

- Méthodes gravimétriques (24h): Principes fondamentaux de la gravimétrie pour l'étude de la croûte, la recherche minière ou l'archéologie.
  - Attraction et potentiel gravitationnel - Equation de Poisson
  - Potentiel de marées
  - Corrections gravimétriques- Anomalie de Bouguer
  - Opérateurs de transformation du champ gravimétrique pour le traitement des données
  - IsostasieLes TP permettent d'utiliser les appareils de mesure et de traiter des données sur des études de cas.
- Méthodes magnétiques (24h) Le cours concerne l'étude du champ magnétique terrestre de l'échelle planétaire à l'échelle locale. On s'intéressera plus particulièrement aux caractéristiques spatiales et temporelles des champs externes, internes et d'anomalie. La prospection magnétique est vue à la fois sous son aspect opérationnel (mesures, corrections) et sous ses aspects interprétatifs.
  - Les éléments du champ magnétique terrestre
  - Analyse en harmoniques sphériques du potentiel magnétique
  - La variation séculaire du champ principal
  - La géodynamo et l'origine du champ principal.
  - Le champ d'origine externe
  - Le champ d'anomalies - Transformations des cartes d'anomalie magnétique

- Responsable U E : Annick Chauvin
- Composante : OSU de Rennes
- Crédits U E :
- Coefficient U E :
- Capacité d'accueil :
- Langue d'enseignement : français
- Forme d'enseignement : présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
12 + 16	6 + 0	6 +8	-	-

Remarque : cette UE est composée de deux parties complémentaires constituant l'UE Méthodes gravimétriques et l'UE Méthodes magnétiques.



Intitulé U E : Méthodes sismiques et électriques

Mentions de master : Modélisation, mutualisé avec Sciences de la Terre et de l'Environnement

Spécialité : Systèmes complexes (parcours PMC, MSGE et SBE)

Semestre : (1 2 3 ou 4) : 2

Savoir et savoir-faire associés :

Méthodes sismiques (24 h) : principes fondamentaux de la sismique et de ses méthodes de prospection appliquées à l'étude de la croûte, à la recherche pétrolière et à l'imagerie du sous-sol proche. Sont traitées : l'équation d'ondes élastiques, l'acquisition et les traitements de la sismique réflexion, la tomographie sismique. Les TP permettent de mettre en oeuvre sur ordinateur le traitement de données réelles (filtrage, déconvolution, migration...).

Méthodes électriques et électromagnétiques (24 h) : principes fondamentaux des méthodes de prospection électriques et électromagnétiques appliquées à l'imagerie de subsurface, à l'hydrogéologie et à la prospection minière.

- Pour les méthodes électriques : les méthodes à courant continu, la polarisation induite, les méthodes de potentiel spontané et de mise à la masse.
- Pour les méthodes électromagnétiques : rappel des équations de Maxwell, l'induction électromagnétique, les différentes méthodes de prospection en domaine diffusif basses fréquences (VLF, etc.) et en domaine propagatif hautes fréquences (radar).

Les TP permettent d'utiliser les appareils de mesure et de traiter les données acquises avec les logiciels couramment employés dans le monde professionnel.

Responsable U E : Florence Nicollin

Composante : OSUR

Crédits U E : 3 eCTS

Coefficient U E : 1

Capacité d'accueil :

Langue d'enseignement : français

Forme d'enseignement : présentiel

Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
16 + 14	8 + 6	4	-	-

Remarque : cette UE est composée de deux parties complémentaires constituant l'UE Méthodes sismiques et l'UE Méthodes électriques

- Intitulé U E : **Modélisation en écologie-évolution (MEE)**
- Mention de master : Modélisation mutualisé avec **Biodiversité, Ecologie, Environnement (BEE)**
- Spécialité : **EFCE, MODE, READ, SCNI (Mention Modélisation, optionnel)**
- Semestre : **2**
- Savoir et savoir-faire associés :
  - o **Modélisation de systèmes écologiques ou épidémiques par des méthodes et outils mathématiques déterministes**
  - o **Etude des modèles**
  - o **Mise en œuvre informatique des modèles**
  - o **Choix d'un outil adapté à la situation rencontrée**
- Responsable U E : **C. WOLF (Rennes 1), F. HAMELIN (Agrocampus)**
- Composante : **OSUR / Agrocampus Ouest**
- Composante en charge financière: **OSUR / Agrocampus Ouest**
- Crédits U E : **6**
- Coefficient U E : **1**
- Capacité d'accueil : **illimitée**
- Langue d'enseignement : **français**
- Forme d'enseignement : **présentiel**
- Horaire d'enseignement : **55h**

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	Stage
20h	15h	20h		

- Intervenants : **Cédric WOLF, MCU 67, Ecobio, OSUR  
Frédéric HAMELIN, MC CNECA 2, Agrocampus Ouest**
- Contenu : **Modèles matriciels  
Eléments d'analyse matricielle  
Systèmes dynamiques continus et/ou discrets  
Stabilité des solutions  
Introduction au calcul numérique  
Introduction à la théorie des jeux pour l'écologie évolutive  
Introduction à l'optimisation dynamique pour l'écologie évolutive**

- Intitulé U E : Physique des milieux discrets
- Mention de master Modélisation
- Spécialité                    Systèmes complexes Naturels et Industriels (parcours PMC, MSGE et SBE) mutualisé avec la spécialité Calcul Scientifique et applications
- Semestre : (1 2 3 ou 4) S2
- Savoir et savoir-faire associés :  
Savoir faire : Apprentissage des rudiments de la physique des milieux granulaire et des différentes méthodes de simulation associées. A l'issu de cet apprentissage, les étudiants devront être capables d'analyser les paramètres physiques pertinent d'une situation mettant en jeu un milieu granulaire et de proposer une simulation adéquate.  
  
Savoirs :  
Statique des milieux granulaires : structure et géométrie d'empilement granulaires, transmission de forces au sein d'un milieu granulaire  
Dynamique des milieux granulaires : écoulements granulaires dilué et théorie cinétique, écoulements granulaires denses et modèles rhéologiques, ségrégation  
Simulation des milieux granulaires : simulations discrètes, simulations continues
- Responsable U E : Patrick RICHARD (HDR) et Sean McNamara (HDR)
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E :1
- Capacité d'accueil : 24
- Langue d'enseignement : Français et Anglais
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
24	24			

## Semestre 3 - SCNI

- Intitulé U E : **Systèmes hors équilibre**
- Mention de master : modélisation
- Spécialité: Systèmes Complexes Naturels et Industriels parcours PMC, MSGE et SBE, mutualisé avec le Master Physique
- Semestre : (1 2 3 ou 4) : 2
- Savoir et savoir-faire associés :

Savoirs : Equilibre global et équilibre local, équation de bilan d'une grandeur extensive (système fermé, ouvert, applications : bilans de masse, de quantité de mouvement, d'énergie, d'entropie). Identifications des sources d'irréversibilités et calculs de la production d'entropie associée. Stabilité de l'équilibre relativement à des fluctuations.

Systèmes hors d'équilibre : lois phénoménologiques linéaires, relations d'Onsager, états stationnaires et stabilité de ces états (analyse de stabilité linéaire), rôle des processus irréversibles, perte de stabilité, bifurcations et ruptures de symétrie. Instabilité structurelle.

Savoir-faire : A l'issue de cette UE, l'étudiant devra être capable de mettre en œuvre les méthodes d'étude des systèmes hors équilibre, en particulier l'étude de la stabilité d'un équilibre ou d'une solution stationnaire. Le cours s'appuie sur des exemples issus de domaines variés (thermodynamique, mécanique, chimie, génie des procédés,..).

- Responsable U E : Renaud Delannay
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 40
- Langue d'enseignement : Français ou Anglais
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) : Présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
20		4		

## Intitulé U E : **Phénomènes non linéaires et chaos**

Mention de master : Modélisation

- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et industriels

Semestre : (1 2 3 ou 4) 3

Savoir et savoir-faire associés :

### Savoirs :

- Introduction aux systèmes dynamiques : systèmes linéaires et non linéaires, portrait de phase, attracteurs, analyse de stabilité linéaire, section de Poincaré
- Bifurcations
- Caractérisation du chaos temporel: attracteurs étranges, dimensions fractales, exposants de Lyapounov, méthodes d'analyse de données expérimentales
- Transition vers le chaos : quasi-périodicité, cascade sous-harmonique, intermittence

### Savoir-faire :

A l'issue de cette UE l'étudiant doit posséder les notions de base de l'étude de systèmes dynamiques non linéaires. Il doit connaître les outils utilisés pour caractériser leur dynamique temporelle et savoir les appliquer sur des exemples (TP informatique). Il doit être capable d'identifier certains mécanismes génériques conduisant au chaos dans différents systèmes.

### Bibliographie :

Cours en ligne (CEL) sur le site <http://www.ccsd.cnrs.fr/> : *Transition vers le chaos*, V. Croquette

Livres : *L'ordre dans le chaos*, P. Bergé, Y. Pomeau, C. Vidal  
*Nonlinear Dynamics and Chaos*, S. H. Strogatz

Responsable U E : Axelle AMON

Composante :

Crédits U E : 3

Coefficient U E : 1

Capacité d'accueil : 24

Langue d'enseignement : français (anglais possible)

Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...)

présentiel : cours magistral + TD informatique

Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
18		6		

- Intitulé U E : Méthodes numériques et optimisation
- Mention de master : Modélisation mutualisé avec Physique
- Spécialités : Physique et photonique, Systèmes Complexes
- Semestre : (1 2 3 ou 4) : 3

- Savoir et savoir-faire associés :

**Savoir-faire** : à l'issue de cette UE l'étudiant doit être capable de mettre en œuvre et d'utiliser les algorithmes courants nécessaires à la résolution pratique de problèmes de physique et à la recherche de solutions optimales relativement à un critère donné. Il doit maîtriser les difficultés inhérentes aux méthodes numériques : problèmes de convergence, de stabilité d'un schéma numérique.

**Savoir** :

- interpolation 2D et 3D, lissage
- résolution de systèmes linéaires et non-linéaires, méthode des gradients conjugués
- résolution numérique d'équation différentielles ordinaire et aux dérivées partielles
- simulation numérique de type Monté Carlo, recuit simulé, algorithme de Métropolis.

- Responsable U E : Renaud Delannay
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 40
- Langue d'enseignement : Français ou Anglais
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) : Présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
24				

- Intitulé U E : Projet informatique
  - Mention de master Modélisation
  - Spécialité Systèmes Naturels et Industriels (parcours PMC, MSGE et SBE)
  - Semestre : (1 2 3 ou 4) 4
  - Savoir et savoir-faire associés : Le but de ce projet est de mettre en application les notions d'informatique et de calcul scientifique vus au cours du M1 et M2 sur une problématique concrète.
- Il sera fortement conseillé aux étudiants de choisir un sujet de projet en relation avec leur futur stage.

- Responsable U E : Patrick RICHARD

- Composante :
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 40
- Langue d'enseignement : français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel

- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
			24	



– Intitulé U E : Programmation objet et C++ - Les bases

– Mention de master : Modélisation

- Spécialité : systèmes complexes (parcours PMC, MSGE et SBE)  
partiellement mutualisé avec le spécialité Calcul Scientifique et Applications.

– Semestre : (1 2 3 ou 4) 3

– Savoir et savoir-faire associés :

Savoir :

- Concepts de la programmation objet et mise en oeuvre dans le langage C++

Savoir-faire : Programmation objet, Langage C++, Manipulation d'objets abstraits et leur insertion dans le cadre d'un projet existant.

– Responsable U E : Equipe pédagogique

– Composante :UFR Mathématique. Partie du cours « Programmation objet et C++ - Les bases et compléments" du M2 calcul scientifique et applications et M2 cryptographie

– Crédits U E : 3 ECTS

– Coefficient U E : 1

– Capacité d'accueil :

– Langue d'enseignement : Français

– Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel

– Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
12	12			

- Intitulé U E : **Écoulements turbulents incompressibles**
- Mention de master Modélisation
- Spécialité **Systèmes Complexes Naturels et Industriels mutualisé avec la spécialité Calcul Scientifique et applications**
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 3

- Savoir et savoir-faire associés :

Savoir :

- Transition vers la turbulence, instabilités, formation de vagues de Kelvin-Helmholz, allées de Von Karmann, tourbillons au voisinage d'une paroi, convection thermique ;
- Equations de Navier-Stokes incompressibles dans l'espace de Fourier, interactions entre les différentes échelles, triades ;
- Définition des filtres, moyennes d'ensemble, filtre statistique ;
- Tenseurs de corrélation, homogénéité et isotropie, corrélation d'ordre 2, tenseur d'énergie ;
- Pi-Théorème, micro-échelle de Taylor, échelle de dissipation de Kolmogorov, taux de dissipation d'énergie, cascade d'énergie et loi des -5/3 ;
- Filtration des équations de Navier-Stokes, tenseur de Reynolds, viscosité turbulente, modèle de Schmagorinsky ;
- Energie cinétique turbulente, dissipation turbulente, longueur de mélange et modèle k-Epsilon : hypothèses physiques et écriture des équations ;
- Application à l'atmosphère et à l'océan : nombre de Richardson, mélange vertical, profils de Monin-Oboukhov, modèle de Pacanowki-Philander, équations primitives moyennes et modèle de Mellor Yamada.

Savoir-faire : introduction aux processus intervenant dans la physique des écoulements turbulents compressibles ; modèles pour simuler ces écoulements ; applications à la circulation atmosphérique et océanique ; applications environnementales et industrielles.

- Responsable U E : équipe pédagogique
- Composante : UFR SPM – Mutualisé M2 Modélisation et calcul scientifique
- Crédits U E : 3 ECTS
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil :
- Langue d'enseignement : Français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
24				

- Intitulé U E : **Écoulements mono- et diphasiques en milieux poreux**
- Mention du master : Modélisation mutualisé avec Sciences de la Terre et Environnement, Modélisation
- Spécialité : Hydro3, Systèmes Complexes Naturels et Industriels
- Semestre : S2

- Savoir et savoir-faire associés : écoulements monophasiques en milieux poreux (description à l'échelle de Darcy), écoulements diphasiques en milieux poreux (description à l'échelle du pore et à l'échelle de Darcy), phénoménologie du drainage et de l'imbibition, instabilités dans les écoulements diphasiques, transport de bulles et gouttes dans des canaux microfluidiques.

**Écoulements monophasiques** (*Yves Méheust, 6h*): Nous nous attacherons d'abord à caractériser le milieu (porosité, porosité de surface, surface spécifique), puis nous montrerons comment les écoulements peuvent être décrits sous la forme d'un milieu continu effectif correspondant à l'intégration des propriétés géométriques et hydrodynamiques à l'échelle d'un échantillon de volume représentatif. Nous aborderons d'abord l'intégration à l'échelle de l'EVR de l'équation de continuité, puis nous dériverons une relation reliant débit et gradient de pression pour quelques milieux poreux modèles simples. Nous présenterons ensuite la loi de Darcy, et nous donnerons quelques exemples de son utilisation. Puis nous examinerons les relations entre porosité et perméabilité.

**Écoulements diphasiques** (*Yves Méheust, 10h*): Après avoir défini ce qu'est l'écoulement de deux fluides immiscibles et rappelé la définition et le rôle des forces capillaires (pression capillaire, mouillage), nous distinguerons le drainage et l'imbibition. Pour chacun de ces deux processus, nous présenterons la phénoménologie du déplacement, en particulier pour les systèmes à deux dimensions. Nous aborderons ensuite les instabilités visqueuses et gravitaires associées. Nous finirons par la présentation du formalisme permettant de décrire l'écoulement simultané de deux fluides immiscibles à l'échelle de Darcy (saturation, perméabilités relatives).

**Microfluidique** (*Pascal Panizza, 8h*): Après avoir brièvement introduit les techniques de microfabrication de dispositifs microfluidique sur puce et les avantages que représentent pour le développement d'applications haut-débits de tels montage, nous décrirons les différents modèles hydrodynamique permettant de décrire le transport d'objets dispersés (gouttelettes, bulles ou cellule) dans des canaux de dimensions comparable à la taille de ces objets. Le trafic de ces objets au sein de réseaux sera abordé ainsi que les dynamiques complexes qui en résultent. Les problèmes de mélange dans des écoulements laminaires à bas nombre de Reynolds seront également abordés ainsi que la dispersion de Taylor-Aris.

#### *Bibliographie :*

Guyon E., Hulin J.-P., Petit L., *Hydrodynamique Physique*, CNRS Edition, Paris 2001

Freeze, R. A., and J. A. Cherry, *Groundwater*, Prentice Hall, 1979

Marsily, G. de, *Hydrogéologie Quantitative*, Masson, 1981

- Responsable U E : Yves Meheust
- Intervenants: Yves Meheust, Pascal Panizza
- Composante : OSUR et UFR SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : illimitée
- Langue d'enseignement : Français (anglais possible)

- Forme de l'enseignement : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	24				

- Intitulé U E : **Modélisation des milieux géologiques complexes :**

**Structures et Ecoulements**

- Mention du master : Modélisation mutualisé avec Sciences de la Terre et Environnement

- Spécialité : Hydro3, Systèmes Complexes Naturels et Industriels

- Semestre : S3

- Savoir et savoir-faire associés :

L'objectif de cette U.E. est de présenter la façon dont on modélise la structure des milieux géologiques fortement hétérogènes, et en particulier à caractère discret (milieux fracturés), ainsi que les écoulements à travers ces milieux. Sujets abordés: géométrie des fractures rugueuses et écoulement dans ces fractures; invariance d'échelle dans les milieux naturels; introduction à la théorie de la percolation; structure et modélisation des réseaux de fractures; écoulements dans ces réseaux; introduction à la géostatistique; problème inverse pour estimer la structure à partir de mesures de flux.

- Responsable U.E. : Yves Méheust

- Intervenants: Olivier Bour, Philippe Davy, Renaud Delannay, Jean-Raynald de Dreuzy, Yves Meheust, Christian Walter

- Composante : OSUR et SPM

- Crédits UE : 3

- Coefficient UE : 1

- Capacité d'accueil : 30 étudiants

- Langue d'enseignement : Français

- Forme de l'enseignement : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage Terrain
Présentiel Etudiant	24				

- Intitulé U E : **Transfert en milieux poreux**
- Mention de master : Modélisation mutualisé avec Master Science de la Terre et Environnement (STE),
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels
- Savoir et savoir-faire associés :

Ce module a pour but de fournir les bases de la compréhension des processus de transport réactifs et non réactifs des solutés dans les milieux poreux. Il sera constitué de deux parties. La première portera sur les processus physique du transport et la deuxième sur le transport géochimique des éléments.

Dans la première partie, les principaux processus de transport - diffusion, advection, dispersion, mélange – ainsi que les équations permettant de les décrire, seront introduits. Les différentes méthodes de résolutions de ces équations pour différentes conditions aux limites seront discutées. Elles seront mises en application sur différents exemples : mouvement Brownien, diffusion simple et anormale, dispersion en milieu poreux homogène et hétérogène, transport à l'échelle de la fracture.

Dans la deuxième partie, après un rappel des mécanismes élémentaires qui gouvernent le transport des solutés, nous aborderons les notions : de mélange, facteur de retard, isotherme linéaire et non linéaire, courbe de restitution, front de réaction, étude expérimentale du transport réactif. Enfin, une approche de modélisation à l'aide du programme PHREEQ-C (transport 1D) permettra de mettre en application ces concepts et de les relier aux concepts physiques du transport. La modélisation sera appliquée dans un premier temps à des données de laboratoire obtenues à partir d'étude en colonne (sable, sédiment d'aquifère) puis à des cas de terrain (infiltration d'eau salée dans un aquifère, impact des pluies acides sur l'évolution à long terme de la chimie de l'eau d'un aquifère, vitesse de progression d'un panache de pollution...)

<b>Intervenants</b>	<b>statut</b>	<b>section</b>	<b>Laboratoire</b>
Tanguy Le Borgne	CNAP		Géosciences
Melanie Davranche	MC	35/36	Géosciences
Renaud Delannay	PR		Physique
Yves Méheust	MC	35	Géosciences
Olivier Bour	PR	35	Géosciences

- Responsable U E : Tanguy Le Borgne et Mélanie Davranche
- Composante : OSUR
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 32
- Langue d'enseignement : Français
- Forme d'enseignement : Présentiel
- Horaire d'enseignement : 24 H

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
12		12		

- Intitulé U E : **Dynamique Fluviale**

- Mention du master : **Modélisation mutualisé avec Sciences de la Terre et Environnement**

- Spécialité **Hydro3 : Hydrogéologie, Hydrobiogéochimie, Hydropédologie et SYSTEMES COMPLEXES NATURELS ET INDUSTRIELS (parcours MSGE)**

- Semestre : (de 1 à 4) : 3

- Savoir et savoir-faire associés :

Cette UE vise à donner les bases de l'évolution court terme de la morphologie des rivières.

**Savoirs** : Hydrodynamique Fluviale, Physique du transport sédimentaire, Morphodynamique (dunes, rivières), Analyse du risque de crue, Dynamique Géologique

**Savoir-faire** : Techniques de mesure de vitesses en rivière, Analyse statistique d'historique de débits, Prédiction des flux de sédiment en rivière

Plan du cours :

- Hydrodynamique et Physique du Transport de sédiment (base de mécanique des fluides, régimes d'écoulement, seuil de transport, Modes et lois de transport)
- Processus fluviaux (Hydraulique fluviale, Calculs de contrainte cisailante, Mode de transport des sédiments, Lois de transport : Duboys, Bagnold, Einstein, Processus d'incision)
- Bedforms dynamics (Dunes éoliennes et sous-marines, Ecoulements unidirectionnels ou oscillants Dynamique : initiation, murissement,...)
- Morphologie fluviale (Typologie des rivières, Contrôles sur les paramètres morphologiques (largeur, pente), Dynamique sédimentaire en rivière)
- Dynamique à court et moyen-terme (impact des crues, Mécanismes d'érosion, couplage sédiment/incision dans les rivières torrentielles, morphodynamique fluviale (ex : rangitikei), dynamique estuarienne)
- Métrologie et analyse des données (Techniques expérimentales, Techniques de débitmètre en rivière (fluide, sédiment), Analyse statistique simple des débits en rivière, Mesures morphologiques en rivière)

- Responsable U E : D. Lague et A. Valance

<b>Intervenants</b>	<b>statut</b>	<b>section</b>	<b>Laboratoire</b>
Dimitri Lague	CR	CNRS	Géosciences
Alexandre Valance	CR	CNRS	Physique

- Composante : UFR SPM (Physique et Science de la Terre)

- Crédits U E : 3

- Coefficient U E : 1

- Capacité d'accueil : 20 étudiants

- Langue d'enseignement : Français et Anglais possible

- Forme de l'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel

	CM	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	18 h	6h			

Intitulé U E : Imagerie géophysique

Mentions de master : Modélisation mutualisé avec Sciences de la Terre et de l'Environnement

Spécialités :  
Sciences de la Terre  
Ressources minières et pétrolières  
Systèmes complexes

Semestre : (1 2 3 ou 4) : 3

Savoir et savoir-faire associés : Présentation des principales méthodes d'imagerie géophysique dans le cadre d'applications à l'exploration de la subsurface (magnétisme, radar, microgravimétrie, électromagnétisme, tomographie électrique, sismique très haute résolution, tomographie par ondes de surface, etc...). Discussion de cas pratiques.

Responsable U E : Florence Nicollin

Composante : OSUR

Crédits U E : 3

Coefficient U E : 1

Capacité d'accueil :

Langue d'enseignement : français

Forme d'enseignement : présentiel

Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
30	-	-	-	-



- Intitulé U E : Problèmes inverses
- Mention de master Modélisation mutualisé avec Sciences de la Terre
- Spécialités :                Systèmes Complexes Naturels et Industriels  
                                      + Calcul Scientifique et applications
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 3

- Savoir et savoir-faire associés :

Savoir :

- Optimisation et inversion
- Compréhension et méthodes de résolution de problèmes linéaire, quasi-linéaires et non-linéaires;
- Mesures d'ajustement de données et probabilité (théorème de Bayes)
- Dimensionnalité d'un problème
- Incertitude
- Choix d'un modèle.
- Inversion avec Least Squares (Matrices) et Markov chain Monte Carlo

Savoir-faire : expérience d'application à des cas réels de notions et méthodes en problèmes inverses.

- Responsable U E : Equipe pédagogique
- Composante : UFR SPM – Mutualisé M2 Modélisation et Cacul Scientifique
- Crédits U E : 3 ECTS
- Coefficient U E :1
- Capacité d'accueil :
- Langue d'enseignement : Anglais
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel

- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
16		16		

- Intitulé U E : Observation de la Terre par les satellites
- Mention du Master : Modélisation mutualisé avec Sciences de la Terre et Environnement
- Spécialité: Systèmes complexes naturels et industriels
- Semestre : 3
- Savoir et savoir-faire associés :  
 Cette UE a pour objectif de présenter les différentes données satellitaires disponibles pour les Sciences de la Terre, leurs traitements et les applications possibles à l'échelle globale ou régionale. Les points suivants seront abordés :  
     Mesures géophysiques par satellites : Altimétrie spatiale (applications géodynamiques en domaine océanique,..), gravimétrie spatiale temporelle GRACE (modèles de géoïde, hydrologie, océanographie...), champ magnétique global  
     Utilisation du GPS et de l'interférométrie radar pour les mesures de déformation (sismologie, hydrogéologie, tomographie de l'atmosphère, ...)  
     Imagerie satellitaire et télédétection (VLBI, SPOT ..), cartographie planétaire, MNT
- Responsable U E : F. MOREAU
- Composante : OSUR
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : Non limité
- Langue d'enseignement : Français
- Forme de l'enseignement : Présentiel. Cours magistraux et travail personnel sous forme de lecture d'articles scientifiques
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	Stage
30				

- Intitulé U E : **Aimantation des roches**
- Mention de master Sciences de la Terre et de l'environnement, spécialité Sciences de la Terre
- Mutualisé avec le Master Modélisation, spécialité systèmes complexes Naturels et Industriels
- Semestre : (1 2 3 ou 4) 3
- **Savoir et savoir-faire associés** : Connaissances sur les différents types d'aimantation à l'échelle du cristal (dia et paramagnétisme, la loi de Langevin, ferromagnétisme, domaines magnétiques, théorie de Néel) et de la roche (aimantations Thermorémanente, Rémanente Chimique, Rémanente de Dépôt et post-détritique, Rémanente Visqueuse et Isotherme). Connaissance de base sur la technique paléomagnétique (acquisition et traitement des données, statistique de Fisher, de Bingham, Bootstrap) et leur interprétation. Notion essentielle sur la fabrique magnétique des roches. Connaissance sur les différents domaines d'application en géomagnétisme, tectonique, datation, environnement.
- **Savoir faire** : Apprécier la pertinence et la qualité d'une publication scientifique de niveau international dans le domaine, via la lecture, la présentation et la discussion d'un article. Utilisation des équipements d'acquisition de données au laboratoire et mise en application des méthodes d'interprétation des données, grâce à un sujet pratique proposé, par groupe et faisant l'objet d'un rapport.
- 
- Responsable U E : Annick Chauvin
- Composante : OSU de Rennes
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 20
- Langue d'enseignement : Français
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) présentiel
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
26		4		

- Intitulé U E : **Modélisation en épidémiologie (MEPI)**
- Mention de master : **Modélisation mutualisé avec Biodiversité, Ecologie, Environnement (BEE)**
- Spécialité : **EFCE, MODE, SCNI (Mention Modélisation, optionnel)**
- Semestre : **3**
- Savoir et savoir-faire associés :
  - **Connaissance des principes de l'épidémiologie**
  - **Modélisation en épidémiologie : modèle SIR et dérivés, dynamique spatiale**
  - **Evaluation des stratégies de maîtrise des populations et des infections**
- Responsable U E : **T. HOCH, P. EZANNO (INRA)**
- Composante : **OSUR**
- Composante en charge financière : **OSUR**
- Crédits U E : **3**
- Coefficient U E : **1**
- Capacité d'accueil : **25**
- Langue d'enseignement : **français**
- Forme d'enseignement : **présentiel**
- Horaire d'enseignement : **24h présentiel**

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	Stage
11h		8h	5h	

- Intitulé U E : **Dynamiques écologiques et évolutives (DEE)**
- Mention de master : **Modélisation mutualisé avec Biodiversité, Ecologie, Environnement (BEE)**
- Spécialité : **MODE, SCNI (Mention Modélisation, optionnel)**
- Semestre : **3**
- Savoir et savoir-faire associés :
  - **Rappels sur la démarche scientifique ; Pourquoi, comment faire des modèles ; La théorie de l'évolution ; Maitrise d'un outil de modélisation : l'ordinateur**
  - **Modèles structurés en âge ou spatialisés en dynamique des populations**
  - **Concepts et pratique de la modélisation et de la simulation en génétique des populations**
  - **Concepts et pratique de la modélisation et de la simulation en dynamique évolutive**
- Responsable U E : **C. WOLF (Rennes 1), F. HAMELIN (Agrocampus)**
- Composante : **OSUR / Agrocampus Ouest**
- Composante en charge financière : **OSUR / Agrocampus Ouest**
- Crédits U E : **6**
- Coefficient U E : **1**
- Capacité d'accueil : **non limitée**
- Langue d'enseignement : **français**
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) : **présentiel**
- Horaire d'enseignement : **48h**

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
20h		28h		

- Intitulé U E : **Analyse statistique Bayésienne pour l'écologie (ABE)**
- Mention de master : **Modélisation mutualisé avec Biodiversité, Ecologie, Environnement (BEE)**
- Spécialité : **MODE, READ, SCNI (Mention Modélisation, optionnel)**
- Semestre : **3**
- Savoir et savoir-faire associés :
- **Concepts de l'analyse statistique Bayésienne et positionnement par rapport au cadre statistique classique « fréquentiste »**
  - **Application à la modélisation statistique, l'inférence et la prédiction dans les sciences de l'environnement.**
  - **Application à la quantification des incertitudes et à l'analyse des risques.**
  - **Introduction à différentes méthodes de calcul, notamment les méthodes d'estimation par simulation de Monte Carlo.**
- Responsable U E : **E. RIVOT (Agrocampus)**
- Composante : **Agrocampus**
- Composante en charge financière : **Agrocampus**
- Crédits U E : **3**
- Coefficient U E : **1**
- Capacité d'accueil : **20 (capacité accueil salle de Td)**
- Langue d'enseignement : **français**
- Forme d'enseignement : **présentiel**
- Horaire d'enseignement : **24h**

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
12h		12h		

- Intitulé U E : **Evolution moléculaire et phylogénie (EMP)**
- Mention de master : **Modélisation mutualisé avec Biodiversité, Ecologie, Environnement (BEE)**
- Spécialité : **MODE, BIG (Mention BAS), SCNI (Mention Modélisation)**
- Semestre : **3**
- Savoir et savoir-faire associés :
  - **Processus et modèles d'évolution moléculaire (Estimation des taux de substitutions nucléotidiques dans les zones codantes et non codantes, modèles mutationnels, biais d'usage des codons ) Horloge moléculaire, Mutations neutres et sélectionnées**
  - **Méthodes phylogénétiques et applications en biologie évolutive (Principes généraux, modèles pour l'inférence phylogénétique ; Méthodes de Parcimonie, Maximum de vraisemblance, Ressemblance globale. Evaluation de la robustesse des arbres. Tests de congruence et conflits phylogénétiques**
- Responsable U E : **M. AINOUCHE**
- Composante : **UFR SVE**
- Crédits U E : **3**
- Coefficient U E : **1**
- Capacité d'accueil : **non limitée**
- Langue d'enseignement : **français**
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) : **présentiel**
- Horaire d'enseignement : **24h**

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
14h		10h		

- Intitulé U E : **Modélisation du fonctionnement des écosystèmes marins sous contrainte anthropique (MFE)**
- Mention de master **Modélisation mutualisé avec Biodiversité, Ecologie, Environnement (BEE)**
- Spécialité : **EFCE, MODE, SCNI**
- Semestre : **3**
- Savoir et savoir-faire associés :
  - **Concepts fondamentaux de l'approche écosystémique**
  - **Enjeux de l'exploitation durable des ressources vivantes (application aux ressources marines)**
- **Modélisation du fonctionnement trophodynamique des écosystèmes marins sous contrainte anthropique**
- Responsable U E : **D. GASCUEL**
- Composante : **Agrocampus Rennes**
- Composante en charge financière : **Agrocampus Rennes**
- Crédits U E : **3**
- Coefficient U E : **1**
- Capacité d'accueil : **non limité**
- Langue d'enseignement : **français**
- Forme d'enseignement : **présentiel**
- Horaire d'enseignement : **30h présentiel**

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	Stage
18h		12h		



- Intitulé U E : Econométrie de la finance
- Mention du master : Physique, Sciences de la Terre, environnement (cours mutualisé avec l'UE171 : Finance quantitative et gestion d'actifs du master mention : Banque, finance)
- Parcours : Systèmes industriels, Terre et Environnement, Matière Complexe de SC
- Spécialité : Systèmes Complexes : Méthodes, Modèles et Simulation
- Semestre : (de 1 à 4) : 3
- Savoir et savoir-faire associés :

Savoirs : Présentation des méthodes économétriques adaptées à la modélisation des séries financières et à l'estimation des modèles financiers ; modèles arch, garch, changement de régime, modèles à volatilité stochastique... ; Application au calcul de VAR (value at risk, conditional value at risk)

Savoir-faire : A l'issue de l'UE, l'étudiant doit être capable d'évaluer la rentabilité et le risque des actifs financiers, des portefeuilles d'actifs, et d'estimer des modèles de rentabilité des actifs financiers.

- Responsable U E : Equipe pédagogique - mention Banque, Finance
- Composante : UFR sciences économiques
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil :
- Langue d'enseignement : Français
- Forme de l'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	12		12		

--	--	--	--	--	--

## **Semestre 4 - SCNI**

- Intitulé U E : **Technique de Communication et Connaissance du Monde Professionnel 2**
- Mention de master                   Modélisation mutualisé avec Physique
- Spécialités :                   Physique, Photonique, Systèmes Complexes Naturels et Industriels, Nanosciences
- Semestre : (1 2 3 ou 4)    4

Cette UE comprend trois volets :

- **Recherche et Innovation (10h)**
- **Communication Scientifique (8h)**
- **Module TRE (6h)**

- **Savoir et savoir-faire associés :**

**Volet Recherche et Innovation:** Intervention de l'agence Bretagne Valorisation (UEB) et d'intervenants extérieurs pour présenter aux étudiants l'organisation de la recherche aux échelles nationale, européenne et mondiale ainsi que différents aspects de l'innovation, la gestion de projets, ou l'entrepreneuriat.

**Volet Communication Scientifique :** Séminaires scientifiques de l'Institut de Physique de Rennes et d'intervenants extérieurs des autres parcours ou UE « professionnalisantes ». Rédaction d'un rapport « d'étonnement » pour apprendre à l'étudiant à trier, hiérarchiser et rendre compte d'une masse d'information qui lui est proposée.

**Volet Technique de Recherche d'Emploi (TRE) :** Rédaction de CV et lettres de motivation correspondant au projet de l'étudiant. Correction des CV par la DRH de l'Institut de Physique de Rennes. Entretiens individuels des étudiants avec le responsable d'UE pour faire le point sur le projet de l'étudiant, ainsi que sur son portefeuille de compétences.

- Responsable U E :           RABILLER Philippe (PR 28)
- Composante :                SPM
- Crédits U E :                 3
- Coefficient U E :            1
- Capacité d'accueil :
- Langue d'enseignement :
- Forme d'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...)   Présentiel et visio
- Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
24				

Intitulé U E : **communication scientifique en anglais**

Mention de master : **Modélisation, mutualisé avec Physique**

Spécialité :  **Systèmes complexes Naturels et Industriels**

Semestre : 4

Savoir et savoir-faire associés : Enseignement linguistique effectué par de scientifiques anglophones dont le but est de former les étudiants sur les points suivants

Rédaction d'articles scientifiques en anglais  
Présentations orales scientifiques (séminaires) en anglais

Responsables U E : Sean Mc Namara, Ian Sims, Brian Mitchell

Composante : UFR SPM

Crédits U E : 2

Coefficient U E : 1

Capacité d'accueil : 24

Langue d'enseignement : anglais

Forme d'enseignement : présentiel

Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

Cours magistraux	T.P.	T.D.	Projet	stage
16		14		

- Intitulé U E : Etude de cas
- Mention du master : Modélisation
- Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels (parcours PMC, MSGE et SBE) partiellement mutualisé avec Master Calcul Scientifique et Applications
- - Semestre : (de 1 à 4) : 4
- Savoir et savoir-faire associés :  
 La modélisation est une part essentielle de l'étude des systèmes complexes. Cette UE est consacrée à la méthodologie de l'approche, elle permet une mise en application de connaissances de base dans les différentes disciplines du master.  
 Les études de cas permettent d'illustrer la manière de mettre en place une modélisation conceptuelle dans des exemples spécifiques. Ils sont principalement enseignés par des praticiens.
- Responsable U E : Equipe pédagogique – 2ème année de la spécialité
- Composante : UFR SPM
- Crédits U E : 3
- Coefficient U E : 1
- Capacité d'accueil : 40
- Langue d'enseignement : Français
- Forme de l'enseignement : (présentiel, visio, à distance,...) : présentiel

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant	48				

Intitulé U E : stage  
Mention de master : Modélisation  
Spécialité : Systèmes Complexes Naturels et Industriels  
Semestre : 4

Savoir et savoir-faire associés :

Savoir :

– Stage : A réaliser dans un département de Recherche et Développement d'une entreprise privée ou d'un organisme public de recherche en collaboration étroite avec le milieu industriel. Il fait l'objet d'une convention de stage entre l'entreprise d'accueil et l'Université de Rennes 1. L'étudiant doit trouver l'entreprise d'accueil, définir le contenu du stage, en étroite concertation avec les responsables du stage, découvrir la culture et le fonctionnement des entreprises, réaliser les tâches définies et mener à termes, avec succès, le projet, mesurer ses capacités et compétences. Le stage doit être l'occasion pour l'étudiant de valoriser ses acquis des deux années du Master, et de faire ses preuves en vue du recrutement. Le stage fait l'objet d'une évaluation continue sous forme de rapports mensuels ou spécifiques, s'achevant par un rapport et une soutenance orale.

Savoir-faire :

Stage : Le stage constitue la première expérience professionnelle, sous la supervision d'un responsable de stage de l'entreprise d'accueil et d'un enseignant référent de l'Université de Rennes 1.

Responsable U E : Équipe pédagogique

Composante : UFR Mathématiques

Crédits U E : 22 ECTS

Coefficient U E : 1

Capacité d'accueil :

Langue d'enseignement : Français

Forme d'enseignement :

Horaire d'enseignement : (présentiel étudiant)

	Cours	T.P.	T.D.	Projet	Stage
Présentiel Etudiant					4 à 6 mois