

EARTH SCIENCE

Paris 7 Denis Diderot

LICENCE 1

- **SEMESTER 1 (Fall)**
 - Atomes et molécules
 - Physique I
 - Algèbre et analyse élémentaires 1
 - Panorama des sciences de la terre
 - Actualités en sciences de la terre

COURSE DESCRIPTION

Atomes et molécules

Résumé du programme :

Chapitre I: l'atome

- L'atome: noyau et électrons, les isotopes.
- La description quantique de l'électron dans l'atome. L'atome d'hydrogène et l'hydrogénoïde. Les niveaux d'énergies, le spectre électronique.
- L'atome polyélectronique, le modèle orbitalaire, le modèle de Slater.
- Le tableau périodique, énergie d'ionisation, affinité électronique, électronégativité de l'atome.

Chapitre II: Liaisons entre les atomes et les molécules

- Le modèle de Lewis, VSEPR. Mésonérie.
- Energie de liaison, moment dipolaire, polarisation de la liaison, électronégativité de Pauling. Caractère ionique partiel.
- Liaisons intermoléculaires (VdW, hydrogène).
- Introduction à la description du solide.

Chapitre III: Molécules organiques

- Géométrie des liaisons avec le carbone. - La nomenclature des molécules organiques. Isoméries.
- Stéréoisomères, projections, carbone stéréogène, conformation, configuration.
- Chiralité et activité optique.
- Exemples de réactions d'addition pour illustrer la stéréoisomérisation.

Physique I

Résumé du programme :

Partant des connaissances du lycée sur le mouvement d'un point matériel, cette UE est une introduction simple à de nouveaux domaines de la physique en généralisant les notions d'équilibre et de mouvement :

- analyse dimensionnelle et lois d'échelle
- hydrostatique et hydrodynamique
- thermique : température, chaleur, conduction de la chaleur

Algèbre et analyse élémentaires 1

Résumé du programme :

- Ensembles, applications
- Nombres complexes, exemples de transformations planes (homothétie, rotation)
- Fonction polynôme, racine, factorisation
- Sous-ev de \mathbb{R}_n , combinaison linéaire, vecteurs indépendants, sous-ev engendré, bases, équations (équations de plan et de droite dans l'espace) ; utilisation du produit scalaire et produit vectoriel dans \mathbb{R}_3
- Pratique sur les fonctions continues (théorèmes admis)
- Fonctions de deux variables, dérivées partielles, exemple d'étude de surface $z=f(x,y)$ (par section plane). Gradient, plan tangent.
- Etudes de suites (théorème sur suite croissante majorée admis) et de fonctions au niveau Terminale, tangentes et asymptotes.

Panorama des sciences de la terre

Résumé du programme :

Ce cours est une introduction générale aux Sciences de la Terre modernes. Il vise à explorer les grands concepts de la géologie, de la géophysique et de la géochimie pour donner une vue globale du fonctionnement et de l'évolution de la Terre. La planète Terre est considérée dans cette approche comme une planète particulière du système solaire auquel son histoire est liée. Nous montrons ce qui fait les spécificités de notre planète et lui a permis d'être habitable : différenciation, tectonique des plaques, cycle de l'eau, altération chimique et érosion, cycle géologique. Les conséquences de l'activité géologique tels que le volcanisme, les tremblements de terre, les crises environnementales sont également abordées. Le cours est complété par des séances pratiques où les méthodes utilisées par les sciences de la terre moderne sont enseignées. Elles font largement appel à la chimie, la physique et les mathématiques.

Actualités en sciences de la terre

Résumé du programme :

Présentation et discussions à partir d'articles de vulgarisation scientifique *en anglais* sur des sujets de recherche actuels en Sciences de la Terre, des Planètes et de l'Environnement.

Introduction aux problématiques modernes ainsi qu'aux résultats récents dans ce domaine.

L'accent sera mis sur l'analyse critique de l'approche scientifique et sur les méthodes utilisées. A travers des présentations individuelles en interaction avec l'auditoire, ce cours a pour but de développer les capacités de communication nécessaires à toute activité de recherche ou professionnelle.

LICENCE 2

- **SEMESTER 3 (Fall)**
 - L'homme et la planète
 - La machine terrestre
 - Géochimie organique et environnement
 - Mathématiques 1
 - Statistiques élémentaires
 - Physique 1

COURSE DESCRIPTION

L'homme et la planète

Résumé du programme :

L'objectif de ce module est de faire comprendre l'importance des sciences de la Planète dans la gestion du risque naturel géologique, dans la recherche des ressources naturelles et enfin dans la gestion de la planète, c'est à dire du développement durable.

Compétences visées :

- La Terre, une planète dangereuse : le risque sismique, le risque volcanique, le risque hydrologique, les glissements de terrain. La prévision, ou en est-on ?
- La Terre, une planète généreuse : les ressources naturelles : hydrocarbures, uranium, minerais. Réserves et futur.
- Apprendre à gérer la planète. Comment les activités humaines ont pris une importance planétaire au cours de ce siècle et comment concilier développement et les grands cycles naturels. L'effet de Serre, la gestion des sols et des eaux.

Les travaux dirigés sont des applications sous formes d'exercices. Ils présentent autour de thèmes variés la démarche du geo-scientifique depuis l'analyse des observations à différentes échelles de temps et d'espace à leur intégration dans des modèles prédictifs. On illustrera notamment : la prédiction des nuées ardentes, le fonctionnement chaotique du climat, l'exploitation des énergies renouvelables et le fonctionnement des cycles naturels.

La machine terrestre

Résumé du programme :

L'objectif de cette UE est de montrer aux étudiants une approche pluridisciplinaire du fonctionnement de la Terre, de sa dynamique interne. Supposant connues les principes de base

de la tectonique des plaques, on montre que la terre est une gigantesque machine thermique. L'apport à la compréhension de la machine terrestre des données fournies par les différentes disciplines des Sciences de la Terre (géodynamique, géomagnétisme, sismologie, physique des matériaux, mécanique des fluides, ...) est développé et discuté. Ces données géophysiques et géologiques sont confrontées à des modèles quantitatifs (cinématique des plaques, modèles de tomographie sismiques). Cet UE permet d'introduire quelques concepts fondamentaux sur la lithosphère, l'asthénosphère, le manteau terrestre et de définir les propriétés des matériaux terrestres (magnétiques, élastiques, visqueux, ...), afin de faire le lien entre tectonique de surface et dynamique globale de la Terre.

Géochimie organique et environnement

Résumé du programme :

Il s'agit de proposer aux étudiants une introduction à la chimie organique avec pour objet d'études la matière organique et les polluants anthropiques. Pour ce faire, les thèmes suivants seront abordés en cours : - Introduction structure fonction. - La composition chimique de la Matière Organique - Méthode d'analyses en chimie organique

Le cours sera complété par des TD et des TP.

Au cours de TP, les étudiants analyseront des molécules simple en UV, IR RMN et SM (sur spectre) et les compareront à la matière organiques et à un certains nombres de polluants type HAP.

Statistiques élémentaires

Résumé du programme :

Cet enseignement abordera différents aspects de l'instrument statistique :

- Statistiques descriptives.
- Calculs de probabilité et lois de probabilité.
- Théorie statistique de l'échantillonnage et de l'estimation.
- Théorie de la décision statistique

Des exemples concrets illustreront une présentation rigoureuse. En manipulant des données et en évaluant la quantité d'information qu'elles contiennent, il s'agira avant tout d'acquérir des compétences d'utilisation pratique des méthodes statistiques.

Compétences visées :

Cet enseignement fera référence à des techniques et des concepts rencontrés dans de multiples domaines scientifiques : notion d'intervalle de confiance en physique, test du χ^2 en biologie, échantillonnage d'une population en écologie. Il constituera une base solide pour aborder le traitement du signal ou l'analyse des bases de données. Il permettra l'interprétation de résultats expérimentaux et numériques à partir d'une batterie de tests formels.

LICENCE 3

- **SEMESTER 5 (Fall)**

- Géochimie fondamentale
- Pétrologie-Minéralogie
- Physique des roches
- Transport et réactions dans les hydrosystèmes
- Dynamique du relief
- Atmosphère-océan-climat : Terre-planètes
- Mécanique des milieux continus
- Mathématiques 3

COURSE DESCRIPTION

Géochimie fondamentale

Résumé du programme :

Cet enseignement présentera les notions de bases en géochimie permettant de comprendre l'origine des éléments chimiques par les processus de nucléosynthèse, leur répartition dans le système solaire et plus particulièrement dans la Terre. On montrera la relation entre propriétés chimiques et le comportement des éléments et comment la Terre s'est différencié en enveloppes de compositions chimiques distinctes: noyau, manteau, croûte, océan, atmosphère. Ce cours sera ancré sur les concepts de thermodynamique et d'équilibre chimique.

Une partie du cours traitera des enveloppes superficielles, en particulier du transfert des éléments associé au cycle de l'eau et de la chimie de l'océan. On introduira les notions de cycles des éléments chimiques entre les réservoirs terrestres.

Pétrologie-Minéralogie

Résumé du programme :

Pétrologie Magmatique : Cette partie du cours abordera les principaux types de roches magmatiques en relation avec leur cadre géodynamique : magmatisme océanique (roches du manteau et basalte) et magmatisme continental (fusion crustale et granitoides). Nous traiterons également les principaux diagrammes de phase des minéraux (binaires et ternaires).

Pétrologie Métamorphique : Cette partie du cours abordera les principes nécessaires à la compréhension des processus métamorphiques. Il abordera la description des principaux types de roches métamorphiques (metabasites, metasédiments) et leur signification dans le cadre géodynamique sur la base des diagrammes de phase spécifiques à ces systèmes

Les 12 séances de TD/TP comprendront : (1) Les silicates : visite de la collection de minéralogie de Paris 6 ; (2) Symétrie et optique cristalline ; (3 et 4) microscope polarisant ; (5) roches magmatiques : basaltes, péridotites, fusion partielle ; (6) roches magmatiques : gabbros, trachytes, cristallisation fractionnée ; (7) roches magmatiques : granitoïdes ; (8) révisions 1 ; (9) processus métamorphiques et déformation ; (10) roches métamorphiques et lithosphère continentale (métapélites); (11) roches métamorphiques et lithosphère océanique: metabasites ; (12) révisions 2.

Compétences visées :

L'objectif est d'apporter les connaissances de base nécessaires pour : (1) comprendre et savoir lire les diagrammes de phases des minéraux (2) savoir reconnaître au microscope polarisant, les minéraux et roches et (3) comprendre et pouvoir discuter d'un modèle géodynamique simple pour expliquer la genèse des principales roches terrestres.

Physique des roches

Résumé du programme :

Cette UE a pour objectif de donner une vision générale des propriétés physiques (élastiques, de transport...) des différents types de roches (sédimentaires, magmatiques et métamorphiques). L'accent sera mis sur l'influence de la microstructure de la roche, conditionnée par son mode de genèse, sur les propriétés physiques mesurables macroscopiquement.

Après avoir passé en revue les lois qui gouvernent ces propriétés, on s'intéressera aux valeurs des paramètres permettant de les caractériser (vitesse des ondes élastiques, perméabilité, conductivité électrique...) dans les différents types de roches.

Transport et réactions dans les hydrosystèmes

Résumé du programme :

Il s'agit d'un cours d'hydrologie, d'hydrogéologie et de géochimie dans laquelle (et de façon parallèle à de nombreux autres modules de notre parcours), nous faisons intervenir un enseignant géophysicien et un enseignant géochimiste.

Dans la partie physique, on donnera les grands principes qui régissent le mouvement de l'eau dans les grands types de réservoirs aqueux. Le développement mathématique complet sera traité au niveau master. Nous verrons aussi comment certains isotopes « tracent » les mouvements de l'eau et permettent de calculer son temps de résidence.

La partie chimie présentera les principales interactions eaux-roches (réactions acide-base, complexation, adsorption, oxydoréduction, dissolution/précipitation) et abordera les interactions avec les micro-organismes aquatiques. Une approche thermodynamique et cinétique de la dynamique des systèmes aquatiques sera proposée. Cette dernière est illustrée par l'utilisation de codes de calculs qui combinent transport et réactions.

Compétences visées :

Les objectifs visés sont une bonne connaissance générale des mécanismes de transport d'eau et de soluté au sein des hydrosystèmes et de l'importance du couplage entre réactions et transport. L'accent sera porté sur l'estimation des temps de résidence et la caractérisation des différents régimes de transport par des nombres sans dimension.

Dynamique du relief

Résumé du programme :

Comme l'ECUE « Transport et réactions dans les hydrosystèmes », l'ECUE Dynamique du relief est traité en tandem sous des aspects physiques et chimiques. L'ECUE « Dynamique du relief » concerne les mécanismes et les vitesses des formations des reliefs sur la Terre par l'action des processus physiques ou chimiques. On insistera sur la dissolution chimique des roches, leur dégradation physique à toutes les échelles, du minéral jusqu'à la chaîne de montagne et sur les aspects expérimentaux de la géomorphologie. On donnera également un panorama global des flux de matières qui sont concernés par les transports fluviaux dissous ou solides et par les mouvements de versants. L'utilisation des isotopes cosmogéniques pour quantifier la vitesse de dénudation des reliefs sera montrée.

Athmosphère-océan-climat : Terre-planètes

Résumé du programme :

- D'introduire des concepts de base permettant d'expliquer le climat actuel de la Terre
- De présenter les causes potentielles à l'origine des changements climatiques.
- De comprendre et analyser différents changements climatiques 'simples'
- De présenter un panorama des climats des planètes telluriques.

1ere partie : Introduction. Le système climatique. L'atmosphère (formation, composition chimique, structure verticale, bilan radiatif et effet de serre, transport d'énergie, dynamique et circulation générale). L'océan (structure, diagramme température/salinité, dynamique et circulation thermohaline). Calottes et banquises (concept de base pour comprendre son fonctionnement). Le cycle hydrologique. Introduction des concepts de forçages climatiques. Présentation de différents forçages à différentes échelles de temps (de quelques jours au milliard d'années) : tectonique des plaques, composition chimique de l'atmosphère, paramètres orbitaux et théorie de Milankovitch... Interactions au sein du système climatique. Comprendre et analyser des changements climatiques simples à différentes échelles de temps. Cette partie s'appuiera soit sur des enregistrements climatiques (données), soit sur des résultats de modèles numériques de climat.

2eme partie : Comparer le système climatique terrestre avec les systèmes climatiques des autres planètes telluriques du système solaire. Formation du système solaire, formation des planètes, différenciation planétaire (séparation croûte, manteau, noyau), histoire et bilan des volatils, évolution et habitabilité comparée des planètes telluriques

Mécanique des milieux continus

Résumé du programme :

On introduit des éléments d'importance fondamentale, tels que 1) le tenseur des contraintes et le tenseur des déformations. 2) les lois de l'élasticité, 3) les équations de la dynamique pour un solide élastique. Des exemples concrets permettent de calculer l'état des contraintes dans des zones de failles, des zones volcaniques, et dans des zones d'érosion/déposition sédimentaire. Les applications essentielles sont présentées lors des TD.

Mathématiques 3

Résumé du programme :

Rappels sur les matrices : Définitions, opérations sur les matrices, déterminant et inverse d'une matrice carrée, valeurs propres et vecteurs propres, application à la résolution de systèmes linéaires ou non-linéaires de q équations à p inconnues.

Rappels sur les fonctions dérivables : Propriétés des fonctions dérivables (théorème de Rolle, des accroissements finis, formule de Taylor-Young), notion de différence finie
Résolution numérique des équations différentielles Equations différentielles du premier ordre (méthodes d'Euler, Euler-Cauchy, Runge-Kutta, Adams-Bashforth), équations différentielles du second ordre avec conditions aux limites.

Résolution numérique des équations aux dérivées partielles : Equations aux dérivées partielles, application à l'équation de la chaleur.

Interpolation polynomiale : Méthode d'interpolation polynomiale de Lagrange, application à l'intégration numérique (formule des trapèzes, de Simpson, rappels sur les intégrales doubles).

Résolution d'équations par des méthodes itératives : Racines d'un polynôme, racines d'une fonction quelconque (méthode de bisection, de la fausse position, du point fixe, de Newton-Raphson), systèmes non-linéaires.

Régression par la méthode des moindres carrés : Introduction à la modélisation, ajustement à une fonction polynomiale (polynôme de degré p , généralisation, fonctions orthogonales), analyse de surfaces polynomiales théoriques, ajustement à une fonction quelconque (méthode du gradient, de quasi-Newton).