

EARTH SCIENCE

Paris 7 Denis Diderot

LICENCE 1

- **SEMESTER 2 (Spring)**
 - Mathématiques 2 : algèbre et Analyse
 - Chimie Géosciences 2 : Thermodynamique chimique
 - Panorama des sciences de la terre
 - Thermodynamique et Physique

COURSE DESCRIPTION

Mathématiques 2 : algèbre et Analyse

Résumé du programme :

Analyse

- Comparaison de fonctions au voisinage d'un point
- Développements limités
- Fonctions de plusieurs variables
- Intégrales et primitives
- Intégrales généralisées (sur \mathbb{R} par exemple)
- Intégrales multiples
- Equations différentielles (linéaires, premier ordre)

Algèbre

- Fonctions complexes
- Applications linéaires (matrices, déterminants)
- Champs de vecteurs et opérateurs différentiels
- Courbes et surfaces paramétrées
- Coordonnées curvilignes

Chimie Géosciences 2 : Thermodynamique chimique

1. Thermodynamique : 1er principe et application à la réaction chimique : thermochimie

- Fonction d'état. Premier principe : U ; Echanges de chaleur (sans changement d'état ; avec changement d'état). Travail mécanique. Transformation à $P=cste$: Enthalpie.
- Chaleur de réaction à $P=cste$ (on mentionnera le fait que la chaleur de réaction à $V=cst$ n'est pas la même en général mais sans développer plus). On ne traitera plus les réactions en phase gaz.
- Thermochimie : Etat standard. Enthalpie standard. Relation entre la variation d'enthalpie et l'enthalpie de réaction pour un système idéal. Cycles thermodynamiques. Variation de l'enthalpie de réaction avec T . Enthalpies de formation. Loi de Hess. Energie de liaison. Détermination d'une enthalpie de réaction à partir d'autres enthalpies.

2. Généralités sur les équilibres en solution aqueuse

- L'eau liquide ; solvatation ; l'hydratation des ions ; l'eau solvant ionisant, dissociant et amphotère ; ions et composés ioniques. Electrolyte, non-électrolyte. Solvolyse et ionisation.
- Fraction molaire, fraction massique, concentration
- Notion d'équilibre. Avancement. Notion d'activité et coefficient d'activité. Produit des activités instantanées $_{inst}$. Constante d'équilibre K . Système hors équilibre : détermination du sens d'évolution par comparaison de $_{inst}$ et K . Déplacement d'équilibre (en solution uniquement); modification de la composition ; influence de T . Equilibres simultanés.

3. Réactions acide-base

- Acides et bases en solution aqueuse. L'eau amphotère. pK_a , force des acides et bases. pH . Echelle de pH , domaine de prédominance. Réactions acides-bases : prévision. Loi de dilution d'Ostwald (acides faibles). Calculs de pH : formules approchées et conditions de validité. Mesure du pH . Titrages (acide fort + base forte et acide faible + base forte). Solutions tampon – système carbonate. Influence du pH sur la solubilité.

4. Liaisons chimiques et complexation

- Construction du tableau périodique de Mendeleïev. Evolution des propriétés chimiques dans le tableau (électronégativité). Acide dur/mou et base dure/molle. Liaisons chimiques. Présentation, équilibres de complexation. Notions de minéralogie. Complexation et solubilité. Complexation et propriétés redox.

5. Réactions d'oxydoréduction

- Oxydant, réducteur, nombre d'oxydation. Ecriture des réactions redox. Potentiel redox, force des oxydants et des réducteurs. Loi de Nernst. Condition d'équilibre ($E_1=E_2$) et calcul de K . Prévision des réactions. Influence du pH sur les propriétés redox.

Panorama des sciences de la terre

Ce cours est dans la continuité du Panorama 1, mais peut être suivant indépendamment. Ce module met l'accent sur le rôle du temps dans la vie de la planète. Nous montrons comment historiquement la notion du temps long, géologique, a été établie et dressons les grands traits de l'histoire de notre planète et de la vie. Nous terminons le cours sur l'Anthropocène, période de l'histoire de la Terre où l'homme est devenu un agent géologique. Le cours est complété par des séances pratiques faisant appel aux méthodes de la chimie, de la physique et des

mathématiques. Quelques séances de travaux dirigés sont axées sur l'observation des principaux types de minéraux et de roches. Enfin, un voyage d'étude de quelques jours sur le terrain est organisé en France.

Thermodynamique et Physique

Le cours présente les bases de la thermodynamique physique :

- Introduction générale (les échanges thermiques dans la vie courante, l'industrie et les planètes - le sens commun et la thermodynamique - quelques rappels de physique et d'analyse aux dimensions).
- Systèmes et variables thermodynamiques - Notions de thermodynamique statistique - Équations d'État - Coefficients thermo-élastiques.
- Premier principe de la thermodynamique - Équivalence travail/chaleur – Chaleurs spécifiques - chaleur latente.
- Transferts de chaleurs : radiation, conduction, convection.
- Second principe de la thermodynamique - Entropie.
- Machines thermiques et pompes à chaleur.

LICENCE 2

- **SEMESTER 4 (Spring)**
 - Physique 2
 - Sciences de l'Univers et des planètes
 - Chimie pour les Géosciences
 - Mathématiques 2
 - Pétrole et Géosciences

COURSE DESCRIPTION

Sciences de l'Univers et des planètes

Résumé du programme :

L'objectif de ce module est d'acquérir les connaissances de bases sur l'Univers et le Système solaire.

Compétences visées :

- Formation de l'Univers et des étoiles
- Théorie du Big-Bang et formation de l'Univers. Age de l'univers.
- Principe généraux d'astronomie. Formation des étoiles, vie et mort des étoiles,
- Nucléosynthèse et formation des éléments lourds.
- Le système solaire
- Présentation générale et description des planètes
- Astéroïdes, comètes, poussière et anneaux
- Notions d'histoire de l'Astronomie et de la Planétologie.
- Gravitation et trajectoires des planètes. Forces centrales. Lois de Kepler
- Notions sur les marées dans le système solaire.
- Nébuleuses planétaires. Séquence de condensation et d'accrétions. Formation des planétessimaux.
- Chronologie du système solaire.
- Formation des planètes géantes et accrétion des planètes telluriques
- Les planètes telluriques
- Différentiation, formation des croûtes primaires et des noyaux planétaires
- Structure interne comparée des planètes telluriques et des satellites
- Géochronologie et géochimie planétaire
- Planétologie descriptive comparée
- Tectonique planétaire : volcanisme et impacts, tectonique à une et à plusieurs plaques

- Evolution comparée des planètes: (Magnétisme planétaire, Evolution des atmosphère et volatils,
- Géodynamique comparée des planètes)
- Eclairage sur les missions Planétaires
- Notions de balistique spatiale.
- Exploration planétaire en enjeux futurs.

Chimie pour les Géosciences

Résumé du programme :

Ce module vise à montrer les applications des lois fondamentales de la chimie à l'étude des matériaux terrestres.

Les bases de la thermochimie appliquées aux grands types de réaction, les équilibres de phase et des notions élémentaires de cinétique réactionnelle constituent le socle de connaissances et de méthodes de cet enseignement. Les applications aux sciences de la Planète seront montrées au travers d'exemples empruntés à la géochimie, à la volcanologie, à la métallogénie ou à l'océanographie. Le cycle naturel des éléments sur la Terre sera abordé.

Compétences visées :

- Comprendre et savoir utiliser les deux principes de la thermodynamique.
- Savoir calculer une constante d'équilibre et tracer un diagramme de phase.
- Savoir faire varier température et pression. Savoir tracer et interpréter un diagramme de phase simple.
- Savoir tracer le diagramme pe-pH d'un milieu naturel.
- Savoir calculer des vitesses de réaction dans des cas simples.
- Comprendre les limites de l'application des lois de la thermodynamique quand il s'agit de l'étude des milieux terrestres.
- Notions sur le cycle géochimique des éléments.

Pétrole et Géosciences

Résumé du programme :

Les grands défis du siècle commençant pour l'humanité concernent le problème de l'eau, de l'énergie et des matières premières. Ces trois questions sont directement dépendantes des Sciences de la Terre, et demanderont des développements en Recherche et Développement de plus en plus sophistiqués dans les décennies à venir. Nous proposons d'aborder dans ce cours le problème de l'avenir énergétique de la planète, en nous focalisant sur la problématique des énergies fossiles carbonées : charbon, pétrole et gaz. Le problème des réserves et ressources de la planète, ainsi que les enjeux des compagnies pétrolières nationales et internationales

seront également abordés. Les conséquences de l'utilisation de ces énergies en termes d'émission de CO₂ dans l'atmosphère font également partie de cette formation. Après une présentation de l'état des connaissances sur les systèmes pétroliers et gaziers dans les bassins sédimentaires (sédimentologie des roches mères, formation du pétrole et du gaz, migration et accumulation, altération), nous évoquerons les concepts nouveaux induits par une exploration axée de plus en plus en zones complexes et/ou profondes. Les interactions de fluides profonds (métamorphisme, croûte continentale, manteau) avec les fluides sédimentaires, et les conséquences associées sur les molécules hydrocarbures et non- hydrocarbures y seront discutées.

LICENCE 3

- **SEMESTER 6 (Spring)**
 - Thermodynamique géologique
 - Phénomènes de transports
 - La déformation de l'écorce terrestre

COURSE DESCRIPTION

Thermodynamique géologique

Résumé du programme :

Rappels des grands principes et du rôle de chacune des grandeurs thermodynamiques de 1er et 2nd ordres.

Energie thermique : les différentes formes d'entropie, le rôle de vibration dans les solides, calorimétrie, chaleur de réaction. Transitions de phase : les différents types de transformation, Effets spécifiques de P et T, diagrammes de phase (P-T, binaire, fusion en fuseau, eutectique).

Equilibres chimiques : Grands principes, thermodynamique des solutions, coefficients de partage, pression de vapeur, fugacité d'oxygène, réaction d'oxydoréduction.

Equation d'état : Les formalismes P-V et P-V-T, le gradient adiabatique.

L'objectif de ce cours est d'apporter les bases nécessaires à l'identification rapide et au traitement des équilibres et paramètres majeurs dominants les divers problématiques de la géophysique et/ou géochimie. La thermodynamique permet de prédire les équilibres et les évolutions des systèmes, et même si la mathématique est souvent propre aux différentes composantes des géosciences, la thermodynamique apporte des principes de bases communs nécessaires à la rigueur et à la cohérence des raisonnements. Par ailleurs, le rôle dominant de la thermodynamique dans la compréhension de la minéralogie des roches, magmas, et autres matériaux terrestres n'est plus à démontrer.

Phénomènes de transports

Résumé du programme :

- Diffusion : principes élémentaires, notion de flux
- Équation de la chaleur dans un milieu statique.
- Régime permanent à 1-D
- Régimes transitoires à 1-D. Propagation de perturbations thermiques dans un milieu.

- Propagation de la chaleur dans plusieurs dimensions d'espace.
- Diffusion chimique : concentrations et coefficients de diffusion
- Croissance cristalline.

L'objectif de ce cours est d'établir des bilans quantitatifs (énergie, masse) sur des systèmes macroscopiques, maîtriser quelques techniques de résolution des équations différentielles, raisonner sur des systèmes en évolution, lier échelles de temps et d'espace

La déformation de l'écorce terrestre

Résumé du programme :

L'objectif du cours est de décrire et de comprendre comment les continents se déforment, de façon dynamique et quantitative, à toutes les échelles de temps (du séisme à la tectonique des plaques) et de l'espace (de l'échantillon au continent). Dans une première partie du cours, les étudiants se familiarisent avec la structure des chaînes de montagnes, des rifts, etc., à partir d'exemples actuels ou anciens. Dans une deuxième partie, le cours fait le lien entre la structure des objets; leur évolution dans le temps et les propriétés physiques (mécaniques, thermiques) de la lithosphère continentale.