==========
==== Syllabus from our Bachelor program ======
==========

## Mathématiques pour les géosciences

### Objectif

Le but de ce cours est d'introduire les notions mathématiques de base nécessaires à la poursuite des études dans les domaines de la géographie, de la géologie et des sciences de l'environnement. Il est destiné aux étudiants de 1ère année de la Faculté des géosciences et de l'environnement (UNIL)

### Contenu

Calcul différentiel et intégral des fonctions réelles à une variable:
- La notion de fonction
- Dérivées
- Développements limités
- Intégrales
- Logarithme et exponentielle
- Equations différentielles ordinaires du premier ordre

Systèmes linéaires et calcul matriciel:
- Systèmes d'équations linéaires
- Dépendance et indépendance linéaire - Bases et dimension
- Calcul matriciel

Applications linéaires et diagonalisation de matrices:
- Applications linéaires
- Noyau et image
- Valeurs propres
- Changements de base
- Diagonalisation de matrices - Applications

## Analyse vectorielle

### Objectif

- Comprendre en profondeur l'impact du fait que de nombreux phénomènes dépendent de plusieurs variables ;
- Etre capable de lire des documents scientifiques qui utilisent des outils mathématiques relatifs à l'analyse vectorielle ;
- Maîtriser les bases du calcul différentiel et intégral des fonctions réelles de plusieurs variables ;
- Savoir utiliser la description mathématique des courbes et des surfaces ;
- Comprendre la notion de champ vectoriel et identifier les liens entre le traitement mathématique de cette notion et ses applications physiques ;
- Se familiariser avec les notions de travail et de flux d'un champ vectoriel qui jouent un rôle important dans de nombreux phénomènes environnementaux ;
- Percevoir les liens entre ces notions de travail et de flux et les outils de l'analyse vectorielle.

### Contenu

Calcul différentiel des fonctions réelles de plusieurs variables
1.1. Définition des fonctions réelles de plusieurs variables réelles
1.2. Le graphe et les courbes de niveau d'une fonction réelle de plusieurs variables réelles
1.3. Les dérivées partielles et le gradient
1.4. La dérivée dans une direction

Intégrales multiples
2.1. Intégrales doubles
2.2. Changement de variables dans les intégrales doubles
2.3. Intégrales triples

Courbes et surfaces
3.1. Courbes paramétrées
3.2. La longueur d'une courbe
3.3. Surfaces paramétrées
3.4. L'aire d'une surface

Analyse vectorielle
4.1. Champs vectoriels
4.2. Le flux et le théorème de la divergence
4.3. Le travail
4.4. Champs vectoriels conservatifs - première partie
4.5. La rotationnel
4.6. Le théorème de Stokes
4.7. Champs vectoriels conservatifs - deuxième partie

### Bibliographie

Jerrold E. Marsden and Anthony Tromba : Vector calculus, 6th edition (Freeman and company, 2012)
Murray R. Spiegel : Analyse vectorielle (Série Schaum, McGraw-Hill, 1973)

## Méthodes quantitatives I : introduction aux principes et statistiques descriptives

### Objectif

Connaissances et savoir-faire de la statistique descriptive et inférentielle de base.

### Contenu

Le cours MQ1 + MQ2 est une introduction conceptuelle et pratique aux Méthodes Quantitatives en Lettres et Géosciences.
Il expose les bases de la Statistique descriptive (comment représenter et résumer quels types de variables, ainsi que leurs relations deux à deux ou trois à trois) et de la Statistique inférentielle (qu'est-ce qu'un Modèle et comment le jauger, par un test d'Hypothèse, à l'aune des Données ?). La notion d'entropie (et les quantités dérivées) est également abordée.

## Méthodes quantitatives II : statistiques inférentielles

### Objectif

Connaissances et savoir-faire de la statistique descriptive et inférentielle de base.

### Contenu

Le cours MQ1 + MQ2 est une introduction conceptuelle et pratique aux Méthodes Quantitatives en Lettres et Géosciences. Il expose les bases de la Statistique descriptive (comment représenter et résumer quels types de variables, ainsi que leurs relations deux à deux ou trois à trois) et de la Statistique inférentielle (qu'est-ce qu'un Modèle et comment le jauger, par un test d'Hypothèse, à l'aune des Données ?). La notion d'entropie (et les quantités dérivées) est également abordée.

# Physique générale I

### Objectif
Apprendre à appliquer le modèle de Newton pour décrire le mouvement des objets rigides. L'étudiant sera ensuite introduit à la mécanique des fluides et à la thermodynamique.

### Contenu
Mécanique
1. Mesures, unités. Analyse dimensionnelle. Estimation des ordres de grandeur
2. Cinématique du point matériel : position, vitesse, accélération. Balistique
3. Dynamique de la particule : lois de Newton.
4. Forces : gravité, force harmonique, frottement
5. Quantité de mouvement, travail, énergie, puissance. Les lois de conservation
6. Oscillations harmoniques, amorties et forcées.
7. Corps déformables : solides, fluides, gazes. Eléments de l'élasticité, traction, cisaillement, compression hydrostatique.
8. Mécanique des fluides: pression hydrostatique, tension superficielle, capillarité. Hydrodynamique : équation de continuité, théorème de Bernoulli. Ecoulements laminaires et turbulents.

Thermodynamique
1. De la mécanique à la thermodynamique: la théorie cinétique des gaz. Pression et vitesse quadratique moyenne. équipartition de l'énergie. Propriétés thermiques : chaleur spécifique. Diagrammes de phase, transformations de phase. Chaleur latente
2. Phénomènes de transport, transmission de la chaleur. Radiation, convection, conduction
3. Le premier principe de la thermodynamique. Machines thermiques. L'entropie et le deuxième principe. Réversibilité et irréversibilité, l'entropie

### Bibliographie
David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, Physique 1 Mécanique

# Physique générale II

### Objectif

Maitriser les principes physiques à la base de l'électromagnétisme et tisser le lien entre ces concepts et de nombreuses utilisations dans la vie quotidienne ainsi que dans la recherche actuelle. Afin d'illustrer de façon concrète les principes physiques abordés, des expériences pratiques sont présentées tout au long du cours.

### Contenu
1. Charge électrique : Nature et répartition des porteurs de charge, loi de Coulomb. "Pourquoi est-il dangereux d'entrer dans une voiture pendant un plein d'essence ?" [HRW II, Ch. 1]
2. Champ électrique et lignes de champ : Notion de champ électrique, dipôle électrique, introduction au théorème de Gauss. "Comment séquencer l'ADN par électrophorèse ?" [HRW II, Ch. 2 & 3]
3. Potentiel et énergie potentielle : Énergie et travail dans un champ électrique, surfaces équipotentielles. "Quelle est l'influence d'une solution salée sur une charge?" [HRW II, Ch. 4]
4. Capacité et batterie : Condensateur, capacité et énergie électrostatique, propriétés d'un diélectrique, fonctionnement d'une pile. "Quelles propriétés d'une comète peuvent être révélées par un radar ?"[HRW II, Ch. 5]
5. Courant et résistance : Définition d'un courant électrique, sens et densité de courant, loi d'Ohm et résistance. "Comment mesurer la conductivité de l'eau salée ?" [HRWII, Ch. 6]

6. Circuits : Travail et puissance dans un circuit, lois de conservation, circuits RC. "Comment un signal nerveux est-il déclenché par une cellule ?" [HRW II, Ch. 7]
7. Champ magnétique et force de Lorentz : Direction de la force magnétique, force magné- tique sur un élément de courant, principes de l'effet Hall. "Quel est le fonctionnement d'un spectromètre de masse ?" [HRWII, Ch. 8]
8. Flux magnétique et induction : Champ magnétique produit par un courant, loi de Fara- day, inductance. "Comment peut-on freiner un train à l'aide de champs magnétiques ?" [HRW II, Ch. 9 & 10]
9. Oscillations électromagnétiques : Énergie magnétique d'une bobine, étude d'un circuit RLC, caractérisation des oscillations, . "Pourquoi le courant est-il faible dans une ligne élec- trique à haute tension ?" [HRW II, Ch. 12]
10. Onde électromagnétique : Introduction aux équations de Maxwell, concept d'onde électro- magnétique, spectre électromagnétique. "Comment une onde électromagnétique se comporte- t-elle dans la matière ?" [HRW III, Ch. 4]
11. Optique géométrique : Loi de Snell-Descartes, principe de Fermat, guide d'onde, instru- ments optique. "Quel est le principe de fonctionnement d'un guide d'onde ?" [HRW III, Ch. 4 & 5]
12. Optique ondulatoire : Phase d'une onde, interférométrie, diffraction et limite de résolution, spectroscopie. "Peut-on observer des molécules à l'aide d'un microscope?" [HRW III, Ch. 6 & 7]

### Bubkiogrphie

[HRW II] "Physique Générale II" chapitres 1-12, D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Editions Dunod
[HRW III] "Physique Générale III" chapitres 4-7, D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Editions Dunod

## Chimie générale

### Objectif

Cet enseignement vise l'acquisition des notions essentielles relatives à la structure de la matière, aux équilibres et à la réactivité chimique. Le cours et les exercices fournissent la méthodologie permettant de résoudre par le raisonnement et le calcul des problèmes inédits de chimie générale.

### Contenu

1. Atomistique: structure électronique des atomes, orbitales atomiques, spectroscopie, classification périodique
2. Liaison chimique: représentation de Lewis, règle de l'octet, liaison ionique, liaison covalente, énergie de liaison, modèle VSEPR et géométrie des molécules, orbitales moléculaires, moment dipolaire, forces de van der Waals et de London, liaisons intermoléculaires.
3. Quantités chimiques: masse atomique, isotopes, notion de mole, formules chimiques, concentrations
4. Réactions chimiques et stoechiométrie: équations chimiques, réactif limitant, électrolytes, lois des gaz parfaits, pressions partielles.
5. Thermochimie: énergie interne, premier principe de la thermodynamique, enthalpie des transformations physiques et des réactions chimiques, entropie, deuxième et troisième principe de la thermodynamique, enthalpie libre.
6. Equilibres chimiques: enthalpie libre dans un mélange, potentiel chimique et activité, quotient réactionnel, constante d'équilibre, influence des paramètres réactionnels sur les équilibres.
7. Propriétés des solutions: dissolution et solvatation, solubilité, lois de Raoult et de Henry, propriétés colligatives des solutions (ébullioscopie, cryoscopie, pression osmotique)
8. Transfert de proton: équilibres acide-base: théorie de Bronsted-Lowry, couples acide-base; constante d'ionisation, échelle de pH, calcul de pH de solutions, titrages acide-base
9. Transfert d'électron: électrochimie:équilibrage des réactions rédox, piles électrochimiques, potentiels standard, piles et accumulateurs, équation de Nernst, corrosion, loi de Faraday, électrolyse
10. Cinétique chimique: vitesse de réaction, lois de vitesse, molécularité et ordre d'une réaction, théorie du complexe activé, loi d'Arrhénius, catalyse

### Bibliographie

chime générale pour ingénieur: Friedli, PPUR
chimie générale: Hill, Petrucci, McCreary, Perry, Cantin, Edition du renouveau pédagogique Inc

Chimie des solutions: Hill:Hill, Petrucci, McCreary, Perry, Cantin, Edition du renouveau pédagogique Inc

## Géomorphologie

### Objectif

Le cours de géomorphologie doit permettre d'acquérir la formation de base en géomorphologie. Les divers thèmes étudiés comprennent les grands types de processus géomorphologues, abordés sous l'angle de la description des formes, de la compréhension des processus (explication génétique) et de l'évolution morphologique dans le temps. Un accent particulier est mis sur la géomorphologie structurale et climatique.

### Contenu

Etude de la morphogenèse des reliefs terrestres. Le cours est organisé en deux grandes parties (géomorphologie structurale et géomorphologie climatique) et 12 chapitres (Introduction / Altération / Le rôle de l'eau et le modelé fluvial / Morphologie structurale des roches sédimentaires / Morphologie structurale des roches granitiques / Morphologie volcanique / Morphologie karstique / Morphologie littorale / Le modelé des régions chaudes / Le modelé glaciaire / Le modelé périglaciaire / L'évolution des versants

## Géomorphologie de montagne

### Objectif

L'objectif de cet enseignement est de former les étudiants à l'analyse géomorphologique des paysages de montagne. Il est organisé en trois parties. (1) Cours sur les mouvements de versant, sur la géomorphologie glaciaire et périglaciaire et sur la notion de cascade sédimentaire; (2) Travaux pratiques à l'aide de divers médias tels que photographies terrestres, orthophotos, cartes topographiques, modèles numériques de terrain ou encore Google Earth; (3) Excursions (5 jours) sur le terrain. A la fin de ce cours, l'étudiant devra être capable d'identifier et d'analyser les différents processus responsables de la mise en place d'un relief de montagne.

### Contenu

Cours-TP :
- Les mouvements de versant (définitions, causes, processus, classifications, types de mouvements)
- Le domaine périglaciaire alpin (morphologie des versants, répartition du pergélisol, glaciers rocheux)
- Les fluctuations glaciaires et leurs signatures paysagères (les glaciers alpins du LGM à l'Holocène, les marges proglaciaires, le modèle paraglaciaire, les paysages glaciaires tardiglaciaires, holocènes et actuels, l'évolution actuelle des glaciers)
- Les systèmes géomorphologiques de montagne

Excursions:
- un jour d'excursion dans le jura;
- un jour d'excursion dans le bassin molassique;
- un jour d'excursion dans les Préalpes;
- deux jours d'excursion dans les Alpes

## Hydrauliques, formes et processus fluviaux

### Objectif

Acquérir des connaissances / compétences au sujet :
(1) des conditions hydrauliques en rivière, y compris les notions de contrainte de cisaillement et de puissance ;
(2) des processus d'érosion, de transport solide (de fond et en suspension), et de dépôt dans les systèmes fluviaux ;
(3) de la morphologie fluviale, y compris de la morphologie en plan, de la géométrie hydraulique, du débit dominant, des « blocs fluviaux » ; et
(4) des conséquences des conditions hydrauliques et des processus fluviaux sur l'environnement.

### Contenu

Introduction : principes
Les processus fluviaux 1 : L'écoulement de l'eau.
Les processus fluviaux 2 : La granulométrie et la rugosité.
Les processus fluviaux 3 : La contrainte de cisaillement.
Les processus fluviaux 4 : Transport de sédiments et contrainte de cisaillement critique.
Les processus fluviaux 5 : Le transport de sédiments ; suspension et charriage.

Synthèse sur les processus fluviaux et introduction à la morphologie fluviale.

La morphologie fluviale 1 : Morphologie en plan.
La morphologie fluviale 2 : Géométrie hydraulique, équilibre et débit dominant.
La morphologie fluviale 3 : Tri granulométrique et profil en long.
La morphologie fluviale 4 : Les méandres.
La morphologie fluviale 5 : L'écologie des rivières.
La morphologie fluviale 6 : Les jonctions des affluents et le mélange des cours d'eau.

### Bibliographie

**Malavoi, J.R. et Bravard, J.P., 2010. Eléments d'hydromorphologie fluviale. ONEMA, Vincennes, France, 224pp http://www.onema.fr/hydromorphologie-fluviale
**Malavoi, J.R., Garnier, C.C., Landon, N., Recking, A. et Baran, Ph., 2011. Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière. ONEMA, Vincennes, France, 216pp. http://www.onema.fr/Elements-de-connaissance-transport-solide
**Bravard J-.P et Petit, F., 2000 (aussi 1997). Les cours d'eau : dynamique du système fluvial
Giret, A. Géographie de l'écoulement fluvial
Piégay, H., Pautou, G. et Ruffinoni, C., Les forêts riveraines des cours d'eau
Tanguy, J-M, Traité d'hydraulique environnementale : Volume 1 et Volume 3
**Gordon, N.D., McMahon, T.A., Finlayson, B.L., Gippel, C.J. and Nathan, R.J., 2004. Stream Hydrology : An introduction for ecologists, Wiley, Blackwell.
Knighton, D. Fluvial Forms and Processes: A New Perspective
Richards, K.S., Rivers: Form and Process in Alluvial Channels
Robert, A. River Processes: An introduction to fluvial dynamics
Sambrook Smith, G. et al., Braided Rivers: Process, Deposits, Ecology, And Management

## Hydrologie

### Objectif

L'eau est une des ressources naturelles la plus importante de notre planète, mais elle n'est pas toujours disponible au bon moment et au bon endroit et à la qualité souhaitée. L'hydrologie en tant que science aide la société à exploiter et à protéger cette ressource naturelle et à se protéger contre les risques qui y sont liés. Ce cours fournit les éléments clés pour
i) décrire la distribution de nos ressources en eau, tant à l'échelle du cycle de l'eau global qu'à l'échelle du bassin versant,
ii) comprendre des études quantitatives des ressources disponibles et
iii) les questionner de manière critique.
Après avoir suivi ce cours, les étudiant-e-s connaîtront la terminologie et les concepts clés de l'hydrologie afin de pouvoir communiquer avec des spécialistes (scientifiques, ingénieurs). Le cours offre également une introduction aux principes de la modélisation hydrologique en vue d'une meilleure compréhension des enjeux liés à la prédiction des régimes hydrologiques futurs (dans le contexte du changement climatique notamment). Des exercices pratiques permettent aux étudiants d'améliorer leur capacité à analyser des données environnementales. De manière plus générale, le cours sensibilise les étudiant-e-s à l'analyse de processus environnementaux à différentes échelles spatio-temporelles et les incertitudes qui y sont liées.

## Contenu

À la fin du cours, les étudiant-e-s auront acquis les connaissances suivantes:

● Décrire quels sont les principaux lieux de stockage de l'eau en surface et en souterrain, en connaître l'ordre de grandeur à l'échelle mondiale et à l'échelle de la Suisse

● Décrire les principaux flux hydrologiques et les principes physiques qui les dirigent; connaître les modèles mathématiques simples qui peuvent être utilisés pour les décrire; connaître l'ordre de grandeur de ces flux à l'échelle annuelle pour différentes régions climatiques et pour la Suisse

● Savoir quels sont les stocks et flux dominants à prendre en compte lors de l'établissement d'un bilan hydrologique pour un lieu et une période temporelle donnée.

● Comprendre les enjeux liés à la mesure des composantes du bilan hydrologique (débit, pluie, ..) et connaître les sources d'incertitudes.

● Décrire les processus hydrologiques à l'échelle d'un bassin versant et pouvoir expliquer comment ces processus donnent lieu au régime hydrologique.

● Connaître les principes de base de la modélisation mathématiques de ces processus; comprendre les enjeux liés à leur modélisation à différentes échelles temporelles et spatiales.

## Bibliographie

Musy A., Higy C., Reynard, E. (2014). Hydrologie. 1. Une science de la nature, Une gestion sociétale, Presses polytechniques et universitaires romandes (En référence à la BCU)