

Orientation Géochimie, Tectonique alpine, Gîtes métallifères / Orientation Geochemistry - Alpine Tectonics - Ore Deposits

→ GATO

Coordinateurs : Othmar Müntener, Robert Moritz, Stefan Schmalholz

La lithosphère terrestre est constamment remodelée par des processus magmatiques, métamorphiques et tectoniques fortement engendrés par des transferts de masse et de chaleur. Les chaînes de montagne sont les sites d'intense activité volcanique, tectonique et/ou sismique situées parfois dans des parties du monde fortement peuplées et industrialisées. L'étude des phénomènes qui forment notre planète est également cruciale pour des questions sociales et économiques. Depuis longtemps, les Alpes ont constitué le terrain idéal pour tester des idées révolutionnaires en géodynamique comme la théorie des nappes, la géométrie des marges passives continentales, la tectonique des plaques, le métamorphisme régional ou de contact, jusqu'au débat récent sur l'exhumation des roches formées sous ultra hautes pressions. Les Alpes permettent également d'étudier les relations entre climat, érosion et orogénèses.

Le travail de terrain et les analyses de données sont la première étape dans la compréhension de la formation des chaînes de montagne et des processus physiques et chimiques qui les accompagnent. Il est ensuite nécessaire de développer des modèles qui confrontent les processus pétrologiques et thermo-mécaniques aux données acquises.

La formation acquise durant les deux années d'études de l'orientation Géochimie, Tectonique alpine, Gîtes métallifères donne les outils nécessaires pour élucider la chronologie des événements enregistrés dans les roches de notre planète, localiser des zones propices pour l'exploitation de matières premières, ou encore étudier et expliquer les processus dynamiques affectant les parties externes de notre Terre, tel que la formation et la destruction des chaînes de montagnes, les éruptions volcaniques ou la genèse de magmas. Les enseignements théoriques et pratiques couvrent les domaines comme la pétrologie, la géochimie isotopique, la tectonique, la géodynamique, la géologie structurale, les gisements métallifères, le continuum mécanique, la modélisation numérique, ainsi que les méthodes analytiques en laboratoires et bien sûr le travail sur le terrain. Au long de leur cursus dans le Master en géologie, les étudiants acquièrent des connaissances théoriques mais ont également l'opportunité de travailler dans une série de laboratoires analytiques de pointe. Les enseignements sont dispensés sous formes de cours, TP, séminaires, camp de terrain. L'orientation Géochimie, Tectonique alpine, Gîtes métallifères propose un cursus unique en Suisse et en Europe grâce son approche interdisciplinaire, ainsi que la proximité du laboratoire naturel que sont le Jura Suisse et les Alpes, le nombre d'experts impliqués, internes aux Universités de Genève et Lausanne et externes invités. L'offre de cours très vaste et éclectique de cette orientation permet aux étudiants de façonner un cursus universitaire personnel, répondant à leurs besoins pour s'orienter, selon leur plan de carrière, aussi bien vers une voie académique, que vers le monde professionnel, leur permettant de viser des emplois dans l'industrie minière, dans des bureaux d'études d'impact géologique et environnemental ou encore des organismes gouvernementaux.

PARTIE A2 obligatoire: 24 crédits ECTS

La partie A2 obligatoire comprend quatre modules::

- Petrological processes in geodynamic environments
- Quantitative tectonics and rocks deformation
- Geophysics across scales for geologists
- Field trips and reading seminar

Module Petrological processes in geodynamic environments

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Petrological processes in geodynamic environments <i>Processus pétrologiques dans les environnements géodynamiques</i>	<u>U. Schaltegger, O. Müntener</u> S. Pilet, L. Caricchi L. Baumgartner, S. Schmalholz L. Fontboté	Automne 70h C TP E S	Séminaires	9
<i>Un crédit ECTS équivaut à 25-30 heures de travail effectif</i>				
<i>C: cours – TP: Travaux pratiques – E: Exercices – S: Séminaires – T: Terrain – J: jours (cours blocs) – h: heures (cours hebdomadaires)</i>				

Ce module doit être suivi durant le premier semestre du Master puis validé lors de la session d'examen qui suit. Il est validé et les 9 crédits ECTS attribués si la note de l'évaluation est de 4 au moins.

Module Quantitative tectonics and rock deformation

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Quantitative tectonics and rock deformation <i>Tectonique quantitative et déformation des roches</i>	<u>S. Schmalholz</u>	Automne/Printemps	Pratique	6
Quantitative tectonics (<i>Tectonique quantitative</i>)	S. Schmalholz	Automne 42h C TP	Pratique	4
Microtectonics (<i>Microtectonique</i>)	M. Robyr, S. Schmalholz	Printemps 28h C TP	Pratique	2

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Geophysics across scales for geologists

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Geophysics across scales for geologists <i>Géophysique à différentes échelles pour géologues</i>	<u>György Hetényi</u> , B. Quintal, M. Lupi, D. Do Couto	Automne 28h C TP	écrit	3

Module Field trips and reading seminar

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Field trips and Reading seminar <i>Camps de terrain et séminaire de lecture</i>	<u>L. Baumgartner</u>	Printemps	Pratique / Validation sans note	6
Main fieldtrips (<i>Camps de terrain principaux</i>)	Enseignants ELSTE	Printemps 8j T	Pratique (Rapport)	4
Reading seminars in Geochemistry, Petrology and Ore Deposits (<i>Séminaires de lecture en géochimie, pétrologie et gîtes métallifères</i>)	L. Baumgartner	Printemps 12h S	Validation sans note	2

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

La partie A2 est validée si chacun des quatre modules est validé.

PARTIE B2 : 24 crédits ECTS à choix

L'étudiant doit choisir quatre modules parmi ceux proposés dans cette partie:

- Stable and radiogenic isotope geochemistry
- Petrology and fluids in the Earth's crust
- Advanced petrology and volcanology
- Advanced structural geology
- Fundamentals of numerical modelling and data analysis
- Ore deposits
- Mineral exploration
- Applied and environmental mineralogy
- Géologie environnementale
- Introduction to fluid flow for geologists
- Practical seismic reflection
- Borehole logging and rock physics
- Spatial analysis applied to geology and risk
- Analytical toolbox

Module Stable and radiogenic isotope geochemistry

Enseignement	<u>Enseignant responsable /</u> Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Stable and radiogenic isotope geochemistry <i>Géochimie des isotopes stables et radiogéniques</i>	<u>M. Chiaradia</u> , E. Samankasou, U. Schaltegger, R. Spikings, T. Vennemann	Tous les semestres impairs, Printemps 84h C TP S	Examen écrit	6
<i>Pré-requis: connaissances approfondies des principes de géochimie isotopique</i>				

Module Petrology and fluids in the Earth's crust

Enseignement	<u>Enseignant responsable /</u> Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Petrology and fluids of the Earth's crust <i>Pétrologie et fluides de la croûte terrestre</i>	<u>R. Moritz</u>	Automne/Printemps	Validation sans note	6
Fluids in the Earth crust <i>(Fluides dans la croûte terrestre)</i>	L. Baumgartner	Printemps 28hC TP	Validation sans note	2
Low-temperature alteration in the Upper Crust (bisannuel) <i>(Altérations de basse température sur la croûte supérieure)</i>	S. Schmidt	Tous les semestres pairs Automne 3j C TP	Validation sans note	1.5
Fluid inclusions <i>(Inclusions fluides)</i>	R. Moritz	Automne 3j C TP	Validation sans note	1.5
Reading rocks – Rock textures and fluids <i>(Lecture des roches - textures de roches et fluides)</i>	K. Kouzmanov	Printemps 2j C TP	Validation sans note	1

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Advanced petrology and volcanology

Enseignement	<u>Enseignant responsable /</u> Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Advanced petrology and volcanology <i>Pétrologie et volcanologie avancée</i> <i>(Les cours de ce module ne peuvent être pris individuellement)</i>	<u>L. Caricchi</u> , L. Pioli, C. Bonadonna, S. Pilet	Automne/Printemps	Séminaires Pratique (Rapport)	6
Volcanic rocks <i>(Roches volcaniques)</i>	L. Pioli, C. Bonadonna	Automne 28h C	Séminaire	2
Volcano petrology <i>(Pétrologie volcanique)</i>	L. Caricchi, S. Pilet	Printemps 28h C	Séminaire	2
Volcano fieldtrip <i>(Excursion volcanique)</i>	L. Caricchi, C. Bonadonna, S. Pilet, L. Pioli	Printemps 5j T	Pratique (Rapport)	2

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Advanced structural geology

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Advanced structural geology <i>Géologie structurale avancée</i>	<u>JL. Epard</u>	Automne/Prin- temps	Pratique	6
Alpine Structural Geology (<i>Géologie structurale alpine</i>)	JL. Epard	Automne 26h C TP	Pratique	3
Alpine tectonics, field camp (<i>Camp de tectonique alpine</i>)	JL. Epard	Printemps 6j T	Pratique (Rapport)	3

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Fundamentals of numerical modelling and data analysis

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Fundamentals of numerical modelling and data analysis <i>Les fondamentaux de la modélisation numérique et l'analyse de données</i>	<u>Y. Podladchikov</u>	Automne	Pratique (Rapport)	6
Introduction to data analysis with MATLAB (<i>Introduction à l'analyse de données avec Matlab</i>)	G. Simpson	Automne 3j CE	Pratique (Rapport)	1
MATLAB as a language of scientific computing (<i>Matlab comme langage de calcul scientifique</i>)	Y. Podladchikov	Automne 42h CE	Pratique (Rapport)	3
Physics as a basis for modeling (<i>La physique comme base de modélisation</i>)	Y. Podladchikov	Automne 28h CE	Pratique (Rapport)	2

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Ore deposits

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Ore deposits <i>Gîtes métallifères</i>	<u>L. Fontboté</u>	Automne	Pratique Examen écrit	6
Advanced ore deposits (<i>Gîtes métallifères - avancé</i>) <i>Pré-requis: cours «Ore microscopy» ou équivalent</i>	L. Fontboté, K. Kouzmanov, M. Chiaradia, R. Moritz	Automne 10j C TP + travail personnel	Pratique (rapport, séminaire) Examen écrit	4
Ore microscopy (<i>Microscopie des minerais</i>)	L. Fontboté, K. Kouzmanov	Automne 6j C TP	Examen écrit	2

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Mineral exploration

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Mineral exploration <i>Exploration minérale</i>	<u>L. Fontboté</u>	Automne/ Printemps	Pratique (Séminaire) Examen oral	6
Methods of exploration (bisannuel) (<i>Méthodes d'exploration</i>) <i>Pré-requis: basic geological and mineral deposit knowledge</i>	G. Beaudoin	Tous les semestres impairs Automne 10j CE	Pratique (Rapport)	3
Advanced ore deposits II (<i>Gîtes métallifères - avancé II</i>) <i>Pré-requis: Advanced ore deposits et Ore microscopy ou équivalent</i>	L. Fontboté, K. Kouzmanov, M. Chiaradia, R. Moritz	Printemps 3j CE	Séminaire Examen oral	2
Mining geophysics (<i>Géophysique minière</i>) <i>Pré-requis: Introduction à la géophysique</i>	J. Irving	Printemps 4j CE	Pratique (Exercices, présentation orale)	1

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Applied and environmental mineralogy

Enseignement	<u>Enseignant responsable / Intervenant(s)</u>	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Applied and environmental mineralogy <i>Minéralogie appliquée et environnementale</i>	<u>O. Müntener</u>	Automne/Printemps	Pratique	6
Gemmology <i>(Gemmologie)</i>	L. Cartier	Printemps 6j CE T	Pratique (Exercices)	2
Gemmology - field <i>(Gemmologie - terrain)</i> <i>Pré-requis : Gemmology</i>	L. Cartier	Automne 2j T	Validation sans note	1
Applied mineralogy <i>(Minéralogie appliquée)</i>	T. Vennemann, B. Putlitz	Printemps 4j C T	Pratique (Rapport)	2
Physics and structure of minerals <i>(Physique et structure des minéraux)</i>	O. Müntener	Printemps 14h C	Pratique	1

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Géologie environnementale

Enseignement	<u>Enseignant responsable / Intervenant(s)</u>	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Géologie environnementale (en français) <i>Environmental geology</i>	<u>S. Girardclos</u>	Printemps	Pratique	6
Sites contaminés <i>(Contaminated sites)</i>	S. Girardclos, J. Poté	Printemps 5j C TP	Pratique	3
Gestion, traitement et entreposage des déchets <i>(Management, processing and storage of waste)</i>	J. Poté, S. Girardclos, J. Faessler, G. Giuliani	Printemps 5j C TP	Pratique	3

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues. Le cours facultatif « Ore dressing, geometalurgy and environmental geochemistry of mine waste » (3 jours, 1 crédit ECTS) de la partie C2 de l'orientation GATO peut judicieusement venir compléter ce module de géologie environnementale.

Module Introduction to fluid flow for geologists

Enseignement	<u>Enseignant responsable / Intervenant(s)</u>	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Introduction to fluid flow for geologists <i>Introduction pour géologue aux écoulements des fluides</i>	<u>M. Lupi</u> , L. Pioli et collè- gues,	Printemps 5j C 5j T	Pratique	6

Module Practical seismic reflection

Enseignement	<u>Enseignant responsable / Intervenant(s)</u>	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Practical seismic reflection <i>Sismique réflexion - pratique</i> <i>(Les cours de ce module ne peuvent être pris individuellement)</i>	<u>A. Moscariello</u> , D. Ariztegui	Automne/Printemps	Pratique	6
2D and 3D interpretation (Petrel and Kingdom) <i>(Interprétation 2D et 3D - Petrel et Kingdom)</i>	A. Moscariello	Automne 28h C TP	Pratique	3
Marine seismic acquisition, interpretation and data integra- <i>(Acquisition, interprétation et intégration de données</i> <i>sismiques marines)</i>	D. Ariztegui	Printemps 8j T	Pratique	3

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Borehole logging and rock physics

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Borehole logging and rock physics <i>Diagraphie de puits et physique des roches</i>	<u>B. Quintal</u> , A. Moscariello et collègues	Automne 42h C E + travail personnel	Pratique	6

Module Spatial analysis applied to geology and risk

Enseignement	Enseignant responsable / Intervenant(s)	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Spatial analysis applied to geology and risk <i>Analyse spatiale appliquée à la géologie et au risque</i>	<u>M. Sartori</u>	Printemps	Pratique	6
Cartographic data management and landslide susceptibility assessment <i>(Structuration des données géologiques et analyses spatiales appliquées aux instabilités de versant)</i>	M. Sartori, C. Frischknecht	Printemps 5j CE	Pratique (Rapport)	3
Spatial risk assessment <i>(L'évaluation spatiale du risque)</i>	C. Frischknecht, P. Peduzzi, B. Chatenoux	Printemps 5j CE	Pratique (Rapport)	3

Les enseignements de ce module sont validés et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

Module Analytical Toolbox

Après avoir suivi et validé le cours obligatoire «Modern methods of rock analysis», l'étudiant choisit des enseignements dans la liste ci-dessous pour atteindre un total de 6 crédits ECTS:

Enseignement	Enseignant	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Modern methods of rock analysis (<i>Méthodes modernes d'analyse de roches</i>) (cours obligatoire dans ce module)	O. Müntener (coordinateur)	Automne 14h C	Validation sans note	1
Scanning Electron Microscopy (<i>Microscopie électronique à balayage, MEB</i>)	R. Martini pour l'UNIGE P. Vonlanthen pour l'UNIL	Automne 2j C TP	Validation sans note	1
Optical cathodoluminescence (<i>Cathodoluminescence optique</i>)	R. Martini	Printemps 1j C TP	Validation sans note	0.5
Initiation to the ion probe (<i>Initiation à la sonde ionique</i>)	A.S. Bouvier, A. Meibom	Printemps 1j C TP	Validation sans note	0.5
Electron probe microanalyzer (<i>Microsonde électronique</i>)	F. Bussy	Automne 2j C TP	Pratique (TP)	1
Stable isotopes analysis (<i>Analyse des isotopes stables</i>) <i>Pré-requis: Introduction à la géochimie et Traitement des données analytiques ou équivalent</i>	T. Vennemann	Printemps 3j C TP	Pratique (TP)	1.5
PoroPerm and QemScan	A. Moscariello	Automne 1j C TP	Validation sans note	0.5
Isotopic and molecular organic geochemistry (<i>Géochimie organique moléculaire et isotopique</i>) <i>Pré-requis: Géochimie organique ou équivalent</i>	J. Spangenberg	Printemps 3j C TP	Pratique (TP)	1.5
Introduction to inductively-coupled plasma mass-spectrometry (<i>Introduction à la spectrométrie de masse à source plasma à couplage inductif</i>)	A. Ulianov	Automne 2j C E	Validation sans note	1
Microtomography (<i>Microtomographie</i>)	L. Baumgartner	Printemps 1j C TP	Validation sans note	0.5
Laboratory techniques in geochemistry (<i>Techniques de laboratoire en géochimie</i>)	U. Schaltegger	Automne 1j C TP	Validation sans note	0.5
Sedimentary laboratory techniques (<i>Techniques de laboratoires sédimentaires</i>)	M. Weinkauff, P. Kindler	Automne 1j C TP	Validation sans note	0.5

Le module de méthodes analytiques est validé et les 6 crédits ECTS attribués en bloc, si la moyenne (pondérée par les crédits) de leurs notes est de 4 au moins et si les attestations sont obtenues.

PARTIE C2 : 12 Crédits à choix libre

L'étudiant complète son cursus en choisissant des enseignements parmi ceux proposés dans le Master en géologie ou dans d'autres cursus de Master (par exemple : Maîtrise universitaire en sciences de l'environnement, UNIGE ; Maîtrise universitaire en géosciences de l'environnement, UNIL ; Maîtrise en biogéosciences, UNIL/UNINE).

La liste des enseignements peut contenir des enseignements de niveau Bachelor, pour un maximum de 5 crédits ECTS.

Un stage en entreprise peut être validé au sein de cette partie, tel que prévu par le règlement (art 15, al. 6).

L'étudiant doit établir la liste des enseignements choisis en accord avec le responsable de son mémoire. Voici quelques propositions:

Enseignement	Enseignant	Semestre Modalité	Evaluation	Crédits ECTS
Syn-tectonic granite emplacement and vein formation – Cévennes, France (bisannuel) (<i>Mise en place de granites syn-tectoniques et veines hydrothermales - Cévennes, France</i>)	K. Kouzmanov, A. Chauvet	Tous les semestres impairs Printemps 6j T	Pratique	3
Environmental biogeochemistry (<i>Biogéochimie environnementale</i>) <i>Pré-requis: general geochemistry, aquatic chemistry, introductory chemistry and physics</i>	J. Peña	Printemps 30h C E	Examen écrit	3
Biominalization (<i>Biominéralisation</i>)	A. Meibom	Automne 42h C TP	Rapport Exposé oral	4
Stage en entreprise (validé par le responsable du Mémoire)				6
Modules ou enseignements issus du plan d'études du Master en géologie*				
Enseignements proposés par le MUSE (UNIGE), MSc Environnement (UNIL), MSc Biogéosciences (UNIL-UNINE)*				
Enseignements proposés par une autre institution universitaire*				
Enseignements de niveau Bachelor*			5 crédits ECTS, au maximum	
Total de crédits à valider				12 crédits ECTS

*: pour ces enseignements, l'évaluation et le nombre de crédits ECTS attribués sont ceux qui figurent dans le plan d'études dont ils sont issus.

Dans la partie C2, les enseignements sont validés individuellement si leur note est égale ou supérieure à 4.0/6 ou si l'attestation est acquise.

Partie Mémoire du Master en géologie – 60 crédits ECTS

Ce mémoire est un travail de recherche personnel, placé sous la responsabilité d'un enseignant de l'ELSTE.

Au plus tard à la fin du premier semestre du Master, l'étudiant doit choisir un sujet de mémoire. Avant le début de la deuxième année du cursus, l'étudiant doit rédiger et présenter son projet de master. Les crédits ECTS du projet de master sont acquis lorsque sa note est égale ou supérieure à 4.

Le mémoire est jugé sur la base du manuscrit déposé et de la qualité de la soutenance orale. Cette évaluation, pondérée selon la directive interne du travail de mémoire fait l'objet d'une seule note. Les crédits ECTS du mémoire sont acquis lorsque cette note est égale ou supérieure à 4.

Travail de mémoire	Semestre	Année 1	Année 2	Evaluation	Crédits ECTS
Projet de Master	Printemps	•		Rapport et Examen oral	10
Mémoire	Printemps		•	Manuscrit et Soutenance orale	50