

# MASTER

## SCIENCES DE LA TERRE ET DES PLANETES - ENVIRONNEMENT

► Parcours : GÉORESSOURCES, GÉOMATÉRIAUX ET  
GÉODYNAMIQUE (G3)



**Université d'Orléans - OSUC**  
Campus Géosciences  
1 A rue de la Férollerie  
45071 Orléans Cedex 2

## LIVRET DE L'ETUDIANT

Année 2024 -2025



Responsable du Master STPE : Charles Gumiaux  
Responsable du parcours Géoressources, Géomatériaux et Géodynamique (G3) :  
Stanislas Sizaret



## Présentation générale

Le master Sciences de la Terre et des Planètes, Environnement (STPE) est porté par l'OSUC (Université d'Orléans) en partenariat pédagogique avec le BRGM (BRGM Campus).

Les enseignements en salle, les suivis de projets et les enseignements sur le terrain sont pour l'essentiel assurés par (1) des enseignants-chercheurs et chercheurs alliés à l'ISTO et (2) des agents du BRGM qui interviennent dans près de 30% des modules de formation. Nous sollicitons également des intervenants extérieurs de 6 entreprises privées ainsi que 3 autres laboratoires de recherche du campus pour une plus large ouverture de notre formation en master.

Le master STPE est caractérisé par une forte ouverture internationale : échanges avec le Canada (UQAM), la Chine (Univ. Nanjing), nombreux accords Erasmus (Palerme, Porto, Rome, Utrecht). Plusieurs écoles de terrain du Master se déroulent à l'étranger (Espagne, Maroc...). Certains modules sont enseignés en anglais.

Notre master offre une **pédagogie innovante** principalement caractérisée par :



*Le BRGM (Établissement public à caractère industriel et commercial) est un acteur majeur du master. Cette collaboration est matérialisée par une convention de partenariat pédagogique entre BRGM campus et l'Université d'Orléans : enseignements présentiels et encadrements de stage du master assurés par des ingénieurs et chercheurs des directions opérationnelles du BRGM. Plusieurs unités d'enseignement professionnalisantes, notamment en M2, sont pilotées par des agents du BRGM.*



Observatoire  
des Sciences de  
l'Université  
en région Centre

*L'Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre – Val de Loire (OSUC) créé en 2009 est une école interne de l'Université d'Orléans. Il fédère plusieurs laboratoires et équipes de recherche dans le domaine des sciences de l'Univers (ISTO, LPC2E, Station de Nançay) ainsi que plusieurs équipes de laboratoires du grand campus d'Orléans (CBM, ICARE, PRISME, UR Science du sol de l'INRAE, IDP). L'OSUC est sous la tutelle de 3 établissements qui définissent sa stratégie : CNRS, Université d'Orléans et Observatoire de Paris.*

*Il est actuellement dirigé par le  
Pr. Christophe Tournassat*

- Une formation axée sur le triptyque observation/expérimentation/modélisation. Des modules de géologie de terrain et/ou de métrologie environnementale sont proposés en M1 et M2.
- Des compétences renforcées en géomatique : les diplômés sont experts dans la gestion et le traitement des données géoscientifiques et environnementales par outils géomatiques (statistiques, géostatistiques, Systèmes d'information géographique (SIG), modélisation 3D, prédictivité).
- Une pédagogie axée sur l'apprentissage par le projet (« Learning by doing »), mise en œuvre dans un environnement scientifique unique (Service National d'Observation sur les Tourbières, plateformes analytiques de l'ISTO, dispositifs expérimentaux (Equipex PLANEX, Plateformes PIVOTS) et centres de calcul des laboratoires partenaires).
- Une équipe de formation et d'encadrement plurielle impliquant l'université, le CNRS, le BRGM, l'INRAE, et de nombreux acteurs du monde socio-économique.

## Objectifs de la formation

Le master STPE vise à former des cadres, des professionnels capables de comprendre et gérer les géosystèmes naturels en intégrant toute leur complexité. Chacun des trois parcours, distincts, ouvre vers des domaines d'application précis : (1) la dynamique des processus géologiques endogènes et son application pour les ressources minérales (parcours G3), (2) les diagnostics environnementaux et leur application sur les sites et sols pollués (parcours SSP-DE) et (3) la gestion, le traitement et la modélisation de la donnée en géosciences (parcours GEODATA).

Le diplômé est compétent dans l'expérimentation analogique et numérique des systèmes et processus naturels, tout en fondant son approche sur une connaissance approfondie du terrain. Il est expert dans la gestion et le traitement des données géoscientifiques et environnementales par outils géomatiques (statistiques, géostatistiques, modélisations cartographiques, prédictivité).

Enfin, le diplômé est sensibilisé aux dimensions et enjeux socio-économiques des Géoressources, de l'Environnement ou de la gestion et exploitation des données géoscientifiques.

Les diplômés auront une qualification d'ingénieurs d'application pour un large éventail de secteurs d'activité comme l'exploration et la gestion durable des ressources minérales, les géomatériaux, la géothermie, le stockage de l'énergie, la gestion durable des ressources en eau et des sols (selon le parcours).

La poursuite d'études en doctorat permettra d'accéder aux métiers de la recherche fondamentale ou appliquée dans les secteurs publics (Université, CNRS, BRGM, IRD, Ifremer, CEA ...) ou privés (bureaux d'étude et grands groupes industriels).

## Organisation de la formation

Le Master STPE vise le développement progressif de l'autonomie des étudiant.e.s et de la définition de leur projet professionnel personnel. Dans chacun des trois parcours, une part importante est consacrée à l'accompagnement des étudiant.e.s dans la construction de leur projet professionnel. Des travaux pratiques en mode projet permettent à chacun.e de se former au travail en équipe tout en concentrant son apprentissage sur certains aspects.

Deux périodes de stages sont programmées pendant le master :

- en première année : réalisation d'un projet de recherche ou R&D au sein d'un laboratoire académique ou d'une entreprise,
- en deuxième année : finalisation du projet personnel à travers la réalisation d'un stage de fin d'études en entreprise ou en laboratoire (2nd semestre)

La formation dans notre master repose sur des modules de spécialités ainsi que sur des modules communs avec les autres parcours du master ; les travaux pratiques et projets réalisés dans ces modules sont l'occasion d'un échange mutli-disciplinaire et de confronter savoirs et savoir-faire avec les autres promotions. De plus, à chaque semestre, un choix de modules optionnel est aussi proposé dans chacun des parcours du master afin que chaque étudiant.e puisse se créer sa carte spécifique de formation sur les deux ans de formation. Ces modules optionnels sont proposés soit dans le cadre du master STPE, soit au choix dans une offre de modules *Minerve* et proposés dans des masters d'autres disciplines et participant à ce programme Minerve (cf. tableaux de détail ci-dessous).

## Master STPE OSUC - M1 Semestre 1

| Enseignement  |  | Responsable     | Nature          | ECTS : |    |    |    |    |
|---|--|-----------------|-----------------|--------|----|----|----|----|
| Master 1 - Semestre 1                               |  |                 |                 | 30     | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Géomatique - Bases de données [EC]                  |  | Gumiaux C.      | Salle           | 3      | 3  | 3  | 3  | 2  |
| Géomatique - Carto géologique/géophysique [EC]      |  | Gumiaux C.      | Salle           | 2      |    |    | 2  | 2  |
| Géomatique - Géomorphologie quantitative [EC]       |  | Simonneau A.    | Salle           |        | 2  | 2  | 2  | 2  |
| Thermochimie  |  | Mercury L.      | Salle           | 5      | 5  |    |    | 4  |
| Statistiques  |  | Laurent G.      | Salle           |        | 2  | 2  |    |    |
| Anglais et insertion professionnelle                |  | Koga K.         | Salle           |        | 3  | 3  |    |    |
| Gîtologie   |  | Sizaret S.      | Salle           | 4      |    |    |    | 4  |
| Tectonique et Géodynamique                          |  | Augier R.       | Salle           | 4      |    |    |    | 4  |
| Magmatisme  |  | Prouteau G.     | Salle           | 4      |    |    |    | 4  |
| Volcanisme et métallogénie                          |  | Arbaret L.      | Terrain         | 5      |    |    |    | 4  |
| Géochimie des eaux naturelles                       |  | Mercury L.      | Salle           |        | 4  |    |    | 4  |
| transfert de C dans les hydrosystèmes               |  | Simonneau A.    | Salle           |        | 4  |    |    | 4  |
| Analytique 1  |  | Le Forestier L. | Salle           |        | 2  |    |    | 2  |
| Terrain 1 interdisciplinaire                        |  | Simonneau A.    | Terrain         |        | 2  |    |    | 2  |
| Sciences de la donnée 1 : qu'est-ce qu'une donnée ? |  | Beaufils M.     | Salle           |        |    | 3  |    | 4  |
| Vie des données ; acquisition                       |  | Moreira M.      | Salle           |        |    | 5  |    | 4  |
| projet science des données 1                        |  | Moreira M.      | Projet          |        |    | 3  |    |    |
| Geodata dans la société 1                           |  | Koga K.         | Salle           |        |    | 1  |    |    |
| Projet R&D collaboratif                             |  | Moreira M.      | Projet          |        |    |    |    | 4  |
| <u>OPTION (au choix) :</u>                          |  |                 |                 |        |    |    |    |    |
| Géodynamique et bassins                             |  | Tuduri J.       | Terrain / Salle | 3      | 3  | 3  |    | 3  |
| Eaux souterraines                                   |  | Roman S.        | Salle           |        |    |    |    |    |
| Python  |  | Jourdain L.     | Salle           |        |    |    |    |    |
| ou : offre des modules Minerve (autres masters)     |  |                 |                 |        |    |    |    |    |
| <u>OPTION 2 (au choix) :</u>                        |  |                 |                 |        |    |    |    |    |
| Géosciences, Mathématiques et Physique              |  | Koga K.         | Projet          |        |    |    |    | 3  |
| Python  |  | Jourdain L.     | Salle           |        |    |    |    |    |
| ou : offre des modules Minerve (autres masters)     |  |                 |                 |        |    |    |    |    |

20 ECTS au choix

G3

SSP-DE

GEODATA

Gpex

CPRE



## Master STPE OSUC - M1 Semestre 2

| Enseignement   |  | Responsable        | Nature          |        |  |    |    |    |    |
|--|--|--------------------|-----------------|--------|--|----|----|----|----|
| Master 1 - Semestre 2  |  |                    |                 | ECTS : |  | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Voie classique   |  |                    |                 |        |  | 6  | 6  | 6  | 30 |
| Stage (recherche ou en entreprise)                           |  | resp.              | Stage           |        |  |    |    |    |    |
| Cartographie et modélisation géologique 3D                   |  | Laurent G./Gumiaux | Terrain / Salle |        |  | 3  |    | 3  | 3  |
| Métrologie environnementale                                  |  | Moquet J.S.        | Terrain/Salle   |        |  |    | 3  | 3  | 3  |
| Métallogénie   |  | Sizaret S.         | Salle           |        |  | 5  |    |    | 6  |
| Métamorphisme et déformation ductile                         |  | Airaghi L.         | Salle           |        |  | 6  |    |    | 6  |
| Mécanique de la rupture et déformation fragile               |  | Raimbourg H.       | Salle           |        |  | 4  |    |    | 3  |
| Mise en place des magmas                                     |  | Arbaret L.         | Salle           |        |  | 3  |    |    | 3  |
| Géochimie environnementale                                   |  | Mercury L.         | Salle           |        |  |    | 5  |    | 6  |
| Géochimie organique  |  | Tournassat C.      | Salle           |        |  |    | 4  |    | 3  |
| Terrain 2 Hydrogéologie                                      |  | Roman S.           | Terrain         |        |  |    | 3  |    | 3  |
| Hydrogéologie  |  | Roman S.           | Salle           |        |  |    | 3  |    | 3  |
| Environnements miniers et après mine                         |  | Tuduri J.          | Terrain/Salle   |        |  |    | 3  |    | 3  |
| Sciences de la donnée 2 : utilisation et gestion des données |  | Chamekh F.         | Salle           |        |  |    |    | 3  | 3  |
| Modélisation scientifique numérique                          |  | Richard G.         | Salle/Projet    |        |  |    |    | 3  | 3  |
| Vie des données ; stockage et gestion                        |  | Moreira M.         | Salle           |        |  |    |    | 3  | 3  |
| projet science des données 2                                 |  | Moreira M.         | Projet          |        |  |    |    | 3  |    |
| Anglais scientifique   |  | Koga K.            | Salle           |        |  |    |    | 3  |    |
| Projet personnel de recherche                                |  | Gumiaux C.         |                 |        |  |    |    |    | 6  |
| <u>OPTION (1 au choix) :</u>                                 |  |                    |                 |        |  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| Géostatistiques et incertitudes spatiales                    |  |                    |                 |        |  |    |    |    |    |
| ou : offre des modules Minerve (autres masters)              |  | Laurent G.         | Salle           |        |  |    |    |    |    |
| min.   |  | min.               |                 |        |  |    |    |    |    |
| <u>OPTION 2 (au choix) :</u>                                 |  |                    |                 |        |  |    |    |    | 3  |
| ou : offre des modules Minerve (autres masters)              |  |                    |                 |        |  |    |    |    |    |
| Voie recherche en labo                                       |  |                    |                 |        |  |    |    |    |    |
| Stage de recherche (5 à 6 mois)                              |  | resp.              | Stage           |        |  | 30 | 30 | 30 |    |

18 ECTS au choix

## Master STPE OSUC - M2 Semestre 3

| Enseignement   |  |                     |              | Responsable |   | Nature |  | ECTS : 30 |   |    |    |    |    |    |    |
|--|--|---------------------|--------------|-------------|---|--------|--|-----------|---|----|----|----|----|----|----|
| Master 2 - Semestre 3  |  |                     |              |             |   |        |  |           |   | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Communication scientifique                                       |  | Koga K.             | Salle        |             |   |        |  |           | 3 |    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| Analyse spatiale et géologie prédictive                          |  | Gumiaux C.          | Salle        |             | 3 |        |  |           | 3 |    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| Expérimentation sur site   |  | Moquet J.S.         | Terrain      |             |   |        |  |           |   |    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| Systèmes métallogéniques   |  | Sizaret S.          | Salle        |             | 5 |        |  |           | 5 |    |    |    |    | 6  | 6  |
| Métallogénie, Tectonique et Magmatisme                           |  | Augier R.           | Terrain      |             | 6 |        |  |           | 6 |    |    |    |    | 6  | 6  |
| Législation minière  |  | Tuduri J.           | Salle        |             | 4 |        |  |           |   |    |    |    |    |    |    |
| Economie des matières premières                                  |  | Tuduri J.           | Salle        |             | 3 |        |  |           |   |    |    |    |    |    |    |
| Projet à l'international   |  | Tuduri J.           | Projet       |             | 6 |        |  |           |   |    |    |    |    |    |    |
| Magmas et volatils   |  | Koga K.             | Salle        |             |   |        |  |           | 5 |    |    |    |    | 6  | 6  |
| Modélisation numérique du diapirisme                             |  | Richard G.          | Salle/Projet |             |   |        |  |           | 4 |    |    |    |    | 3  | 3  |
| Expérimentation haute pression -haute température                |  | Andurar J./Prouteau | Laboratoire  |             |   |        |  |           | 4 |    |    |    |    | 3  | 3  |
| Transport réactif  |  | Milesi V.           | Salle        |             |   |        |  |           |   |    | 3  |    |    | 3  | 3  |
| Terrain 3 - bassins versants                                     |  | Simonneau A.        | Terrain      |             |   |        |  |           |   |    | 3  |    |    | 3  | 3  |
| Analytique2 : eau et sédiment                                    |  | Simonneau A.        | Salle        |             |   |        |  |           |   |    | 3  |    |    | 3  | 3  |
| Sites et sols pollués 1  |  | Le Forestier L.     | Salle        |             |   |        |  |           |   |    | 2  |    |    | 3  | 3  |
| Sites et sols pollués 2  |  | Le Forestier L.     | Salle        |             |   |        |  |           |   |    | 4  |    |    | 3  | 3  |
| Modélisation des transferts dans la ZNS                          |  | Roman S.            | Salle        |             |   |        |  |           |   |    | 3  |    |    | 3  | 3  |
| Intelligence Artificielle en Geosciences                         |  | Laurent G.          | Salle        |             |   |        |  |           |   |    |    | 4  |    | 3  | 3  |
| Vie des données ; analyse, communication                         |  | Moreira M.          | Salle        |             |   |        |  |           |   |    |    | 5  |    | 6  | 6  |
| Progrès de la science des données dans les sciences de l'Univers |  | Gilardi N.          | Salle        |             |   |        |  |           |   |    |    | 2  |    |    |    |
| Geodata dans la société 2  |  | Koga K.             | Salle        |             |   |        |  |           |   |    |    | 1  |    |    |    |
| projet science des données 3                                     |  | Moreira M.          | Projet       |             |   |        |  |           |   |    |    | 3  |    |    |    |
| projet personnel de recherche                                    |  | Gumiaux C.          | Projet       |             |   |        |  |           |   |    |    |    |    | 6  | 6  |
| OPTION 1 :   |  |                     |              |             |   |        |  |           | 3 |    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| Ressources et société  |  |                     |              |             |   |        |  |           |   |    |    |    |    |    |    |
| ou : offre des modules Minerve (autres masters)                  |  |                     |              |             |   |        |  |           |   |    |    |    |    |    |    |
| OPTION 2 :   |  |                     |              |             |   |        |  |           |   |    |    |    |    |    |    |
| ou : offre des modules Minerve (autres masters)                  |  |                     |              |             |   |        |  |           |   |    |    | 3  | 3  | 3  | 3  |

18 ECTS au choix

G3 pro  
G3 rech.  
SSP-DE  
GEODATA  
Gpex

## Master STPE OSUC - M2 Semestre 4

| Enseignement  |  | Responsable | Nature        | ECTS : |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|--|-------------|---------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Master 2 - Semestre 4   |  |             |               | 30     | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Environnements miniers et après mine                                    |  | Tuduri J.   | Salle/Terrain | 3      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Valorisation et traitement des matières premières minérales             |  | Sizaret S.  | Terrain/Salle | 3      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Conduite de projet d'exploration (Maroc)                                |  | Tuduri J.   | Terrain/Salle | 6      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Ressource modélising  |  | Tuduri J.   | Salle         | 3      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Economie de l'environnement   |  | Gallegue X. | Salle         |        | 3  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Management et législation de l'environnement et Approche Projet Qualité |  | Tuduri J.   | Terrain/Salle |        | 4  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Environmental data management   |  | Antea       | Terrain/Salle |        | 3  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Stage en entreprise (4 à 5 mois)  |  | resp.       | Stage         | 15     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Stage de recherche en apprentissage                                     |  | resp.       | Stage         |        | 30 |    |    |    |    |    |    | 24 |    |
| Stage de recherche ou en entreprise (5-6 mois)                          |  | resp.       | Stage         |        |    |    |    |    | 30 |    | 30 |    |    |
| <u>OPTION 1 :</u>   |  | min.        |               |        |    |    |    |    |    |    |    | 3  |    |
| offre des modules Minerve (autres masters)                              |  |             |               |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <u>OPTION 2 :</u>   |  | min.        |               |        |    |    |    |    |    |    |    | 3  |    |
| offre des modules Minerve (autres masters)                              |  |             |               |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

G3 pro  
G3 rech.  
SSP-DE  
GEODATA  
Gpex



## Les stages en master STPE

Le stage est une période de mise en situation professionnelle, et correspond à une mise en pratique des connaissances et compétences acquises lors de la formation. La maquette comprend deux stages attributifs d'ECTS et obligatoires pour l'obtention du diplôme en S2 (6 ou 30 ECTS selon le choix) et en S4 (15, 20 ou 30 ECTS) respectivement. Un stage d'été facultatif, non attributif d'ECTS et ne participant pas à la validation du cursus peut être effectué entre les deux années du master. Les propositions de stage doivent être validées par l'équipe de formation.

**En master 1**, le stage obligatoire (6 semaines minimum, 6 ECTS) peut s'effectuer en laboratoire de recherche (stage « Recherche », à l'université, au CNRS, au BRGM ...) ou en entreprise (stage « Recherche et développement »), selon le projet professionnel de l'étudiant. Les étudiants souhaitant s'orienter vers un stage « Recherche » et présentant un projet très mûre ont la possibilité, après accord de l'équipe de formation, d'effectuer dès le M1 un stage long (~5 mois, 30 ECTS), qui sera alors gratifié (parcours G3 et SSP-DE).

A la fin du master 1, les étudiants ont la possibilité d'effectuer un stage facultatif « d'été », soit dans la continuité de leur stage obligatoire, dans le même organisme (l'ensemble de la période sera alors gratifié), soit dans une autre structure.

**En master 2**, les étudiants peuvent effectuer leur stage de fin d'études dans un laboratoire de recherche (~5 mois, 30 ECTS, Université, CNRS, BRGM, INRA etc...). Les soutenances sont alors organisées en juin. Les autres stages se déroulent le plus souvent en entreprise et sont complétés pendant le semestre par des modules professionnalisants (parcours G3 et SSP-DE). Ces stages durent au minimum 4 mois et les soutenances sont organisées pendant l'automne.

A noter : les dates de bornes de stages sont données en cours de premier semestre, lorsqu'elles sont arrêtées.

## Examens

Chaque module du master est soumis à un ou plusieurs examens. Les modalités de contrôle des connaissances se feront à travers des examens écrits 'classiques' mais une part importante est aussi donnée à la préparation de présentations orales, de posters ou de rapports. La rédaction de rapports scientifiques constitue un élément majeur dans les compétences que des diplômés de master doivent maîtriser. C'est une demande forte à la fois du monde industriel (stages et offres d'emplois) et du milieu académique.

A noter :

- ✓ En master, **il n'y a pas de compensation entre les semestres d'une même année**. Ainsi, pour obtenir l'année de Master 1, un.e étudiant.e doit obtenir la moyenne à la fois dans le semestre 1 et le semestre 2 (idem avec les semestres 3 et 4 en seconde année),
- ✓ Au semestre 2 (M1) ou au semestre 4 (M2), le cas échéant, il n'y a **pas de compensation entre le bloc théorique** (modules en salle ou sur le terrain) du semestre **et le stage obligatoire**. La note de stage (qui comprend une note sur le déroulement du stage, une note sur le rapport et une dernière sur la soutenance) est prise en compte dans le calcul de la moyenne du semestre correspondant mais l'étudiant.e doit obtenir la moyenne à la fois pour le bloc théorique et pour l'UE de stage pour valider le semestre.

Le détail des examens et contrôles de connaissances est donné dans le tableau ci-dessous. Rapprochez-vous également de vos responsables de modules et enseignant.e.s pour fixer les détails sur les attendus. Si un contrôle terminal (CT) est prévu, vous serez informé de la date par la scolarité de l'OSUC. Pour les contrôles continus (CC) et les rendus de rapports, l'information sur l'échéance est directement transmise par les intervenant.e.s dans les modules.

## Equipe de formation et d'accompagnement



Observatoire  
des Sciences de  
l'Université en  
région Centre



### Equipe de pilotage du **MASTER STPE**

Responsable du Master : **Charles GUMIAUX** (*Enseignant-Chercheur, Université d'Orléans*)

Echanges internationaux : **Stanislas SIZARET** (*Enseignant-Chercheur, Université d'Orléans*)

Responsables de parcours :

- **G3** : **Stanislas SIZARET** (U.O.) & **Johann TUDURI** (BRGM Campus)
- **SSP-DE** : **Anaëlle SIMONNEAU** (U.O.)
- **GEODATA** : **Manuel MOREIRA** (U.O.)

Une équipe de pilotage et d'encadrement plurielle, implique dans le master l'université, le CNRS, le BRGM, l'INRA et de nombreux acteurs du monde socio-économique.

L'équipe de pilotage s'appuie sur une équipe pédagogique constituée d'enseignants-chercheurs, de chercheurs, d'ingénieurs du BRGM et d'acteurs du monde socio-économique. Les intervenants sont listés dans le tableau ci-dessous.

| NOM               | PRENOM    |                      | PARCOURS |
|-------------------|-----------|----------------------|----------|
| AIRAGHI           | Laura     | Université d'Orléans | G3       |
| ANDUJAR           | Juan      | CNRS                 | G3       |
| ARBARET           | Laurent   | Université d'Orléans | G3       |
| AUGIER            | Romain    | Université d'Orléans | G3       |
| BAPTISTE          | Julien    | BRGM                 | SSP-DE   |
| BEAUFILS          | Mickaël   | BRGM                 | GEODATA  |
| CATOIRE           | Valéry    | Université d'Orléans | SSP-DE   |
| CHAMEKH           | Fatma     | Université de Lyon   | GEODATA  |
| CHARRON           | Stéphanie | ANTEA Group          | SSP-DE   |
| COLOMBANO         | Stéfan    | BRGM                 | SSP-DE   |
| DARBOUX           | Frédéric  | INRAe                | SSP-DE   |
| DAVAIN-GATTEAU    | Gabrielle | VALESTIA             | SSP-DE   |
| DE LARY DE LATOUR | Louis     | BRGM                 | SSP-DE   |
| DUBRAC            | Noémie    | BRGM                 | SSP-DE   |

|              |                |                      |                       |
|--------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| FRESLON      | Nicolas        | Université d'Orléans | SSP-DE                |
| GALIEGUE     | Xavier         | Université d'Orléans | SSP-DE                |
| GILARDI      | Nicolas        | CYBELETECH SAS       | GEODATA               |
| GUELORGET    | Yves           | ANTEA Group          | SSP-DE                |
| GUMIAUX      | Charles        | Université d'Orléans | SSP-DE / G3 / GEODATA |
| JOURDAIN     | Line           | Université d'Orléans | SSP-DE / G3 / GEODATA |
| KOGA         | Ken            | Université d'Orléans | SSP-DE / G3 / GEODATA |
| LAURENT      | Gautier        | Université d'Orléans | SSP-DE / G3 / GEODATA |
| LE FORESTIER | Lydie          | Université d'Orléans | SSP-DE                |
| LOUVEL       | Marion         | CNRS                 | G3                    |
| MERCURY      | Lionel         | Université d'Orléans | SSP-DE / G3           |
| MILESI       | Vincent        | Université d'Orléans | SSP-DE / G3           |
| MOQUET       | Jean-Sébastien | Université d'Orléans | SSP-DE / GEODATA      |
| MOREIRA      | Manuel         | Université d'Orléans | GEODATA               |
| PROUTEAU     | Gaëlle         | Université d'Orléans | G3                    |
| RAIMBOURG    | Hugues         | Université d'Orléans | G3                    |
| RICHARD      | Guillaume      | Université d'Orléans | G3 / GEODATA          |
| ROMAN        | Sophie         | Université d'Orléans | SSP-DE / G3 / GEODATA |
| SIMONNEAU    | Anaëlle        | Université d'Orléans | SSP-DE / GEODATA      |
| THIBAUT      | Alexandre      | ANTEA Group          | SSP-DE                |
| TOURNASSAT   | Christophe     | Université d'Orléans | SSP-DE                |
| TUDURI       | Johann         | BRGM                 | SSP-DE / G3 / GEODATA |
| ZORNIG       | Clément        | BRGM                 | SSP-DE                |

En complément de l'équipe pédagogique, les services administratifs de l'OSUC sont à votre disposition pour vous accompagner :

### Equipe administrative

#### *Admissions – Inscriptions – Gestion de la pédagogie et des formations :*

Samira TARKANY – Responsable du service « Scolarité-ADE-Services d'enseignement » – Bureau E113

[admission-osuc@univ-orleans.fr](mailto:admission-osuc@univ-orleans.fr)

☎ 02 38 49 49 12

#### *Emplois du temps, inscriptions pédagogiques et examens, gestion des groupes :*

Marlène LALLEMAND – Gestionnaire pédagogique – Bureau E113

[ade-osuc@univ-orleans.fr](mailto:ade-osuc@univ-orleans.fr)

☎ 02 38 49 49 50

#### *Conventions de stages, relations internationales, insertion professionnelle et liens avec l'entreprise :*

Fabienne GENTILLET – Responsable des services administratifs

[osuc-stages@univ-orleans.fr](mailto:osuc-stages@univ-orleans.fr)

[International.osuc@univ-orleans.fr](mailto:International.osuc@univ-orleans.fr)

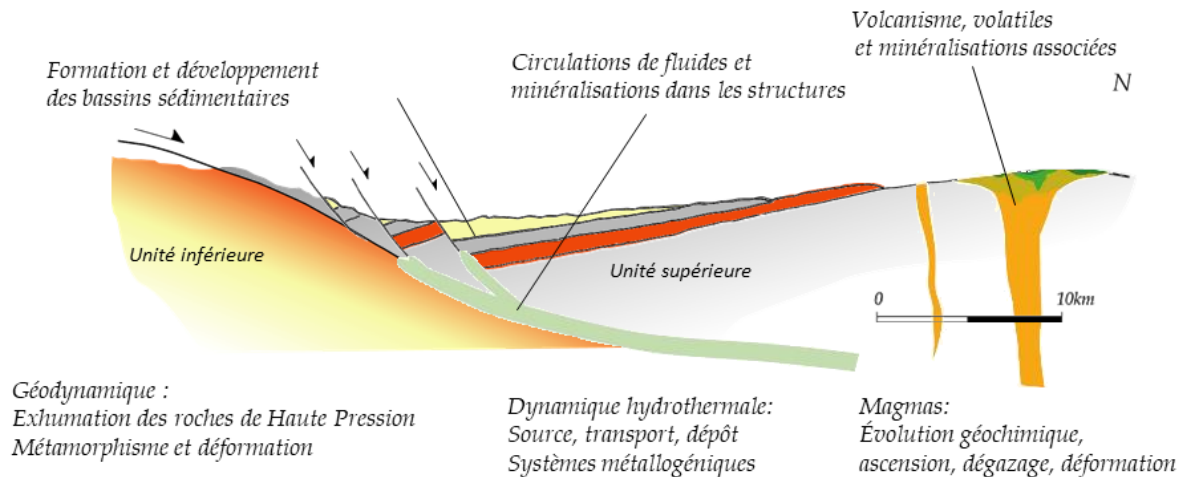
☎ 02 38 49 49 41



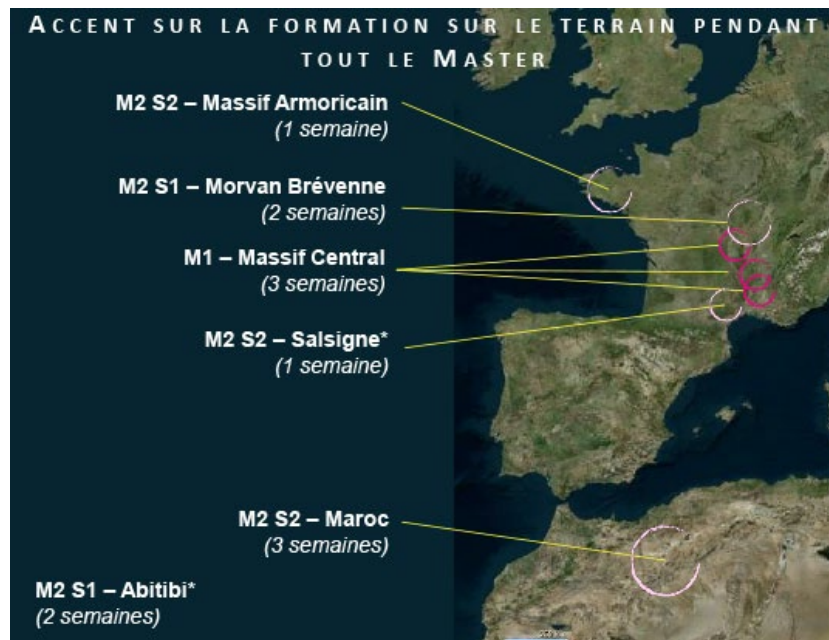


## PARCOURS

### « Géoresources, Géomatériaux et Géodynamique »

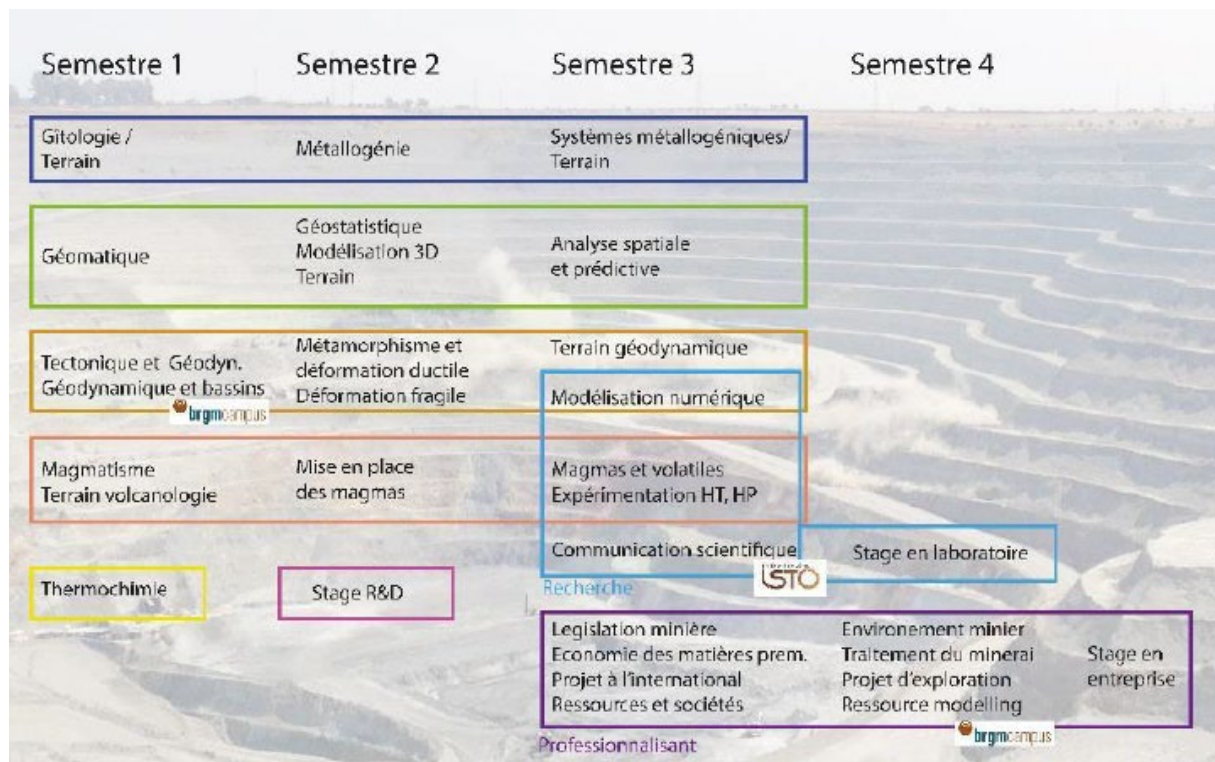


L'enseignement du parcours G3 est focalisé sur la géologie de socle en relation avec la dynamique des processus géologiques endogènes et leur quantification notamment à travers les outils de la géomatique et des représentations 3D. Il s'appuie sur l'expertise des équipes de recherche de l'ISTO et du BRGM dans les domaines de la **métallogénie**, de la **pétrologie magmatique**, de la **volcanologie**, de la **géodynamique** et de la **géomatique**. Chaque semestre, les enseignements sont articulés autour d'une ou plusieurs écoles de terrain (Massif central, Massif Armoricain, Maroc...). Les diplômés sont sensibilisés aux dimensions et enjeux socio-économiques et environnementaux associés aux géoresources. En Master 2, deux options permettent aux étudiants du parcours G3 de s'orienter plus spécifiquement.



1) L'option exploration pour la gestion des **ressources minérales** a pour vocation de former des cadres géologues dans les domaines de l'**exploration** et de l'**exploitation** des ressources minérales (e.g. granulats, minéraux industriels et ressources métalliques). Les étudiants sont préparés à la conduite et à la gestion durable de projets miniers, en France ou à l'international, par la maîtrise des concepts les plus récents en R&D et une bonne connaissance du fonctionnement des structures économiques. La poursuite d'études en doctorat permet d'accéder aux métiers de la recherche appliquée à ces mêmes secteurs.

2) La seconde option est une formation aux métiers de la **recherche scientifique** avec pour objectif la compréhension par l'observation, la quantification et la modélisation des **processus endogènes** (dynamique de la lithosphère, processus magmatiques et métallogéniques). La maîtrise approfondie des méthodes de terrain, des outils expérimentaux, analytiques (e.g. expérimentation HP-HT, plateforme Ar/Ar, microscope et microsonde électroniques...) et de modélisation numérique offre un profil de compétences remarquable aux étudiants souhaitant se former dans le domaine de la pétrologie, de la volcanologie, de la tectonique, de la géodynamique ou de la métallogénie.

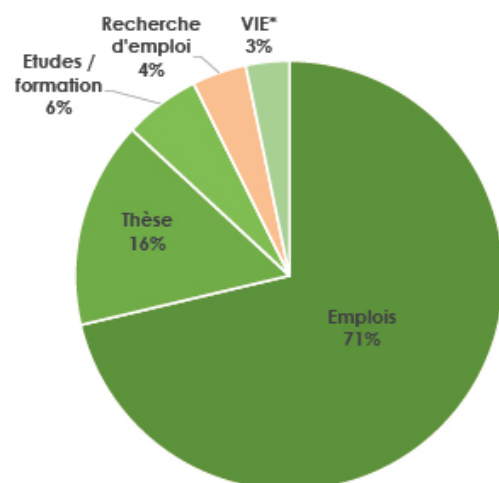


Au final l'ensemble des diplômés auront une formation de cadre avec un esprit formé à la recherche scientifique pour :

- . Une qualification d'ingénieur d'applications : chargé d'études, cadre technique dans les groupes privés et publics, les services de l'Etat... (e.g. Orano, Cemex, Eramet, Koniambo Nickel, Iamgold, Imerys, Innovexplo, Kinross, LafargeHolcim, Newmont, Vicat...)
- . Une poursuite en thèse permettant d'accéder aux métiers de la recherche fondamentale ou appliquée dans le secteur public (Universités, CNRS, Ifremer, IRD, BRGM, CEA, INERIS...) ou dans le secteur privé (par exemple, dans le domaine de la métallogénie, de la géothermie (e.g. services, Fonroche...) des géomatériaux et matériaux (e.g. Saint Gobain...))



## Devenir des diplômés du Master



\* VIE : Volontariat International en Entreprise (service Civil)

- Enquête sur 4 promotions
- Situation 3 ans (1 an pour une promo) après l'obtention du diplôme

### Clés de la réussite :

- le **stage** de fin d'étude
- **notre réseau**

> Participation à des congrès professionnels (e.g. SIM)





# Le parcours G<sup>3</sup>

## Semestre 7

| Module   | Intitulé   | Responsable module | Page               |
|----------|--|--------------------|--------------------|
| OAM7G303 | Gîtologie  | Stanislas SIZARET  | <a href="#">19</a> |
| OAM7G304 | Tectonique et Géodynamique                               | Romain AUGIER      | <a href="#">20</a> |
| OAM7G305 | Magmatisme   | Gaëlle PROUTEAU    | <a href="#">21</a> |
| OAM7G306 | Volcanisme et métallogénie : terrain d'application       | Laurent ARBARET    | <a href="#">22</a> |
| OAM7G30A | Géomatique : Bases de données spatialisées               | Charles GUMIAUX    | <a href="#">23</a> |
| OAM7G30B | Géomatique – Cartographie géologique et géophysique      | Charles GUMIAUX    | <a href="#">24</a> |
| OAM7G301 | Thermochimie   | Lionel MERCURY     | <a href="#">26</a> |
| OAM7G307 | Géodynamique des bassins                                 | Johann TUDURI      | <a href="#">27</a> |
| OAM7G308 | Eaux souterraines  | Sophie ROMAN       | <a href="#">28</a> |
| OAM7RE10 | Python appliqué à l'analyse de données environnementales | Line JOURDAIN      | <a href="#">29</a> |

## Semestre 8

| Module   | Intitulé  | Responsable module              | Page               |
|----------|---|---------------------------------|--------------------|
| OAM8G302 | Métallogénie                                    | Stanislas SIZARET               | <a href="#">30</a> |
| OAM8G303 | Métamorphisme et déformation ductile            | Laura AIRAGHI                   | <a href="#">31</a> |
| OAM8G304 | Déformation fragile                             | Hugues RAIMBOURG                | <a href="#">33</a> |
| OAM8G305 | Mise en place des magmas                        | Laurent ARBARET                 | <a href="#">34</a> |
| OAM8G301 | Modélisation 3D                                 | Gautier LAURENT/Charles GUMIAUX | <a href="#">35</a> |
| OAM8G3SR | Stage1 de recherche                             | Marion LOUVEL                   | <a href="#">37</a> |
| OAM8G3SE | Stage 1 en entreprise                           | Stanislas SIZARET               | <a href="#">38</a> |
| OAM8G3SL | Stage 1 Recherche long                          | Marion LOUVEL                   | <a href="#">39</a> |
| OAM8G306 | Géostatistiques et incertitudes spatiales (1/2) | Gautier LAURENT                 | <a href="#">40</a> |

## Semestre 9

| Module   | Intitulé   | Responsable module            | Page               |
|----------|--|-------------------------------|--------------------|
| OAM9G302 | Systèmes métallogéniques                           | Stanislas SIZARET             | <a href="#">41</a> |
| OAM9G301 | Analyse spatiale et géologie prédictive            | Charles GUMIAUX               | <a href="#">42</a> |
| OAM9G303 | Métallogénie, Tectonique et Magmatisme (terrain)   | Romain AUGIER                 | <a href="#">44</a> |
| OAM9G311 | Ressources et société                              | Johann TUDURI                 | <a href="#">45</a> |
| OAM9G304 | Communication scientifique – voie Recherche        | Ken KOGA                      | <a href="#">46</a> |
| OAM9G305 | Magmas et volatils                                 | Ken KOGA                      | <a href="#">47</a> |
| OAM9G306 | Modélisation numérique du diapirisme               | Guillaume RICHARD             | <a href="#">48</a> |
| OAM9G307 | Expérimentation haute pression – haute température | Gaëlle PROUTEAU8/Juan ANDUJAR | <a href="#">49</a> |
| OAM9G308 | Législation minière                                | Johann TUDURI                 | <a href="#">50</a> |
| OAM9G309 | Economie des matières premières                    | Johann TUDURI                 | <a href="#">51</a> |
| OAM9G310 | Projet à l'international                           | Johann TUDURI                 | <a href="#">52</a> |

## Semestre 10

| Module   | Intitulé  | Responsable module               | Page               |
|----------|---|----------------------------------|--------------------|
| OAM0G3SR | Stage de Recherche  | Marion LOUVEL                    | <a href="#">53</a> |
| OAM0G301 | Environnement minier et après mine                          | Johann TUDURI                    | <a href="#">54</a> |
| OAM0G302 | Valorisation et traitement des matières premières minérales | Stanislas SIZARET                | <a href="#">55</a> |
| OAM0G303 | Conduite de projet d'exploration                            | Johann TUDURI                    | <a href="#">56</a> |
| OAM0G304 | Ressource modelling   | Johann TUDURI                    | <a href="#">57</a> |
| OAM0G3SE | Stage en entreprise   | Johann TUDURI/ Stanislas SIZARET | <a href="#">58</a> |

Tableau des Modalités de contrôles des connaissances et des compétences – M1 [p. 59](#)

Tableau des Modalités de contrôles des connaissances et des compétences – M2 [p.60](#)

| OAM7G303   |    | Gîtologie   |            |    |    |
|--|----|-------------|------------|----|----|
| Semestre   | S7 | Langue      | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 4  | Mise à jour | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 36 | Dont        | CM         | TD | TP |
|  |    |             | 18         |    | 18 |
| Descriptif de l'enseignement   |    |             |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Minéralogie des silicates et non silicates, Premières notions d'analyse des textures, datations relatives, Géologie des systèmes magmatiques, métamorphiques et sédimentaires, Contextes Géodynamiques   |    |             |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Reconnaitre les principaux opaques au microscope métallographique,<br>Connaître les principaux gîtes métalliques.  |    |             |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Contextualisation de l'activité minière: société, économie, géologie</li><li>Maîtrise de la typologie des gîtes</li><li>Connaissance des crises métallogéniques et grands cycles géodynamiques</li><li>Utilisation du microscope à réflexion: reconnaissance des opaques</li></ul>  |    |             |            |    |    |
| <b>Contenu :</b><br><u>Cours Magistraux:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>Contextualisation socio-économique de l'activité extractive: ressources, réserves et place des ressources minérales dans les politiques de transitions.</li><li>Classification des gîtes métallifères :<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Gisements orthomagmatiques.</li><li>✓ Gisements hydrothermaux endogènes et exogènes.</li><li>✓ Gisements sédimentaires.</li></ul></li><li>Crises métallogéniques et cycles géologiques.</li></ul><br><u>Travaux Pratiques:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>Minéralogie des minerais et gangues : oxydes, sulfures, carbonates et halogénures.</li><li>Observations et descriptions, paragenèse et premières interprétations basées sur les équilibres minéraux.</li><li>Etudes de cas à partir d'échantillons provenant des indices observés sur le terrain.</li></ul> |    |             |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>   |    |             |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Stanislas Sizaret  |    |             |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |             |            |    |    |
| Spécialité parcours G3   |    |             |            |    |    |

| OAM7G304   |    | Tectonique et géodynamique |            |    |    |
|--|----|----------------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S7 | Langue                     | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 4  | Mise à jour                | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 36 | Dont                       | CM         | TD | TP |
|  |    |                            | 21         | 9  | 6  |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                            |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Solides notions de dynamique du globe et de mobilité lithosphérique. Maitrise des outils de géologie structurale, pétrologie métamorphique et géophysiques.  |    |                            |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Cet enseignement apporte une vision à l'échelle globale de la mobilité lithosphérique et de la dynamique mantellique. Il se focalise ensuite sur la zone méditerranéenne ; une zone de convergence diffuse et complexe entre deux plaques lithosphériques majeures. A l'issue de cette unité, l'étudiant aura une connaissance approfondie de dynamique des zones de convergence incluant des notions fondamentales sur la distribution de la déformation, du métamorphisme, du magmatisme et de bassins sédimentaires et des fluides circulant entre ces différents ensembles.  |    |                            |            |    |    |
| <b>Compétences :</b><br>Intégration et synthèse des données de différentes disciplines.<br><br>Changements d'échelle.  |    |                            |            |    |    |
| <b>Contenu :</b><br>Cette unité d'enseignement s'attache à décrire, à partir d'exemples actuels et anciens, la dynamique de la lithosphère en contexte de convergence depuis la subduction, la collision jusqu'à l'effondrement post-orogénique. Les processus sédimentaires, magmatiques, métamorphiques et structuraux actifs lors de ces diverses étapes sont replacés dans le cadre de la convergence lithosphérique. La dynamique lithosphérique sera envisagée dans le cadre plus globale de la convection mantellique par le biais de travaux de modélisation. Seront abordées les notions suivantes : les mécanismes de croissance orogénique et d'accrétion ; l'exhumation des roches de haute-pressure ; chemins pression-température et contextes géodynamiques ; les failles faibles avec en particulier les failles normales à faible pendage ; le rôle du magmatisme dans la localisation de la déformation ; fluides et déformation ; transitions rhéologiques et limite cassant/ductile ; datation de la déformation, estimation des durée et vitesses de déformation. |    |                            |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b><br>Geodynamics (Serge LALLEMAND, Laurent JOLIVET, Henri-Claude NATAF 1995).   |    |                            |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Romain Augier  |    |                            |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                            |            |    |    |
| Spécialité parcours G3   |    |                            |            |    |    |



| OAM7G305   |    | Magmatisme  |            |    |    |
|--|----|-------------|------------|----|----|
| Semestre   | S7 | Langue      | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 4  | Mise à jour | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 36 | Dont        | CM         | TD | TP |
|  |    |             | 21         |    | 15 |
| Descriptif de l'enseignement   |    |             |            |    |    |
| Prérequis :<br>Eléments de minéralogie, pétrologie magmatique (processus, équilibres de phases), géochimie (traces et isotopes) et géodynamique de niveau Licence ou équivalent.   |    |             |            |    |    |
| Objectifs :<br>Comprendre le comportement des phases et la répartition des éléments dans les systèmes magmatiques de haute température, à partir des concepts fondamentaux de la minéralogie, de la géochimie (majeurs, traces, isotopes) et de la thermochimie.   |    |             |            |    |    |
| Compétences : <ul style="list-style-type: none"><li>• Compétences d'observation : identifier avec une approche naturaliste les roches magmatiques les plus courantes</li><li>• Compétences expérimentales : réaliser des analyses, calculer l'incertitude, évaluer la qualité des données acquises.</li><li>• Compétences d'analyse, d'interprétation et de synthèse : sélectionner, organiser, synthétiser des données pour formuler une interprétation et répondre à une problématique dans le domaine du magmatisme sl.</li><li>• Compétences transversales : savoir élaborer, communiquer, collaborer autour d'un projet de groupe.</li></ul>  |    |             |            |    |    |
| Contenu : <ul style="list-style-type: none"><li>• Cours : Magmas, systèmes polyphasés : phases constitutives - Texture et cinétique des processus magmatiques - Structure des liquides silicatés - Physico-chimie des magmas : magmas et éléments volatils ; introduction à la variable fO2 - Fusion partielle et origine des magmas, évolution des magmas, diversité magmatique dans son contexte tectonique.</li><li>• TP et applications : Observation raisonnée (macro et micro, texture et paragenèse) des roches des associations magmatiques courantes</li><li>• Acquisition de données géochimiques</li><li>• Projet encadré de groupe : travail de synthèse bibliographique (et/ou de données pétrologiques/géochimiques) sur des sujets impliquant les enjeux scientifiques et socio-économiques (risque naturel, environnement, géodynamique terrestre, ressources minérales/énergie) de l'étude du magmatisme.</li></ul> |    |             |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :<br>"Les relations de phases et leurs applications", Barbey & Libourel, 2003 ; "Igneous Petrology", Best & Christiansen, 2001 ; "Principles of igneous and Metamorphic Petrology", Philpotts & Ague, 2009   |    |             |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Gaëlle Prouteau  |    |             |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |             |            |    |    |
| Spécialité parcours G3   |    |             |            |    |    |

| OAM7G306  |    | Volcanisme et métallogénie : terrain d'application |            |    |    |
|---|----|--|------------|----|----|
| Semestre  | S7 | Langue   | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 5  | Mise à jour  | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 50 | Dont   | CM         | TD | TP |
|   |    |  |            |    | 50 |
| Descriptif de l'enseignement  |    |  |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Bases solides en minéralogie, pétrologie magmatique, volcanologie, processus métallogéniques, tectonique et géodynamique  |    |  |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Cette école de terrain a pour objectif la mise en application des compétences acquises lors de la formation initiale en licence et d'introduire les enseignements en salle du Master par une approche pratique sur les objets naturels. L'école est divisée en deux parties :<br>Magmatologie-volcanologie : Analyse lithologique et sédimentologique de dépôts pyroclastiques, analyse texturale et structurale des corps laviques. Cartographie d'un complexe volcano-tectonique plinien polyphasé.<br>Métallogénie : Description avec les moyens disponibles sur le terrain des minéralisations et de leur contexte géologique immédiat pour en déduire des métallogénies et ébauche l'histoire des métaux dans la région étudiée. Elaboration de documents miniers : levés miniers, évaluation de teneurs, carte de détail, fiches d'indices. |    |  |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Compétences d'observations : maîtriser les techniques de relevés en carte et en coupe.</li><li>• Compétences d'analyse : Savoir réaliser une métallogénie, une carte géologique complexe. Savoir intégrer les observés dans leur contexte géodynamique.</li></ul>  |    |  |            |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Volcanologie : Les étudiants travaillent sur le terrain en trinômes pour établir les relevés de prospection d'un secteur. Les documents attendus sont la minute de terrain, une carte géologique et structurale ainsi qu'un Log du secteur étudié.</li><li>• Métallogénie : Les carnets de terrain complétés des observations et mesures effectués sur les ateliers de la journée sont relevés tous les soirs, corrigés et notés.</li></ul>  |    |  |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>  |    |  |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Laurent Arbaret   |    |  |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |  |            |    |    |
| Spécialité parcours G3  |    |  |            |    |    |

| OAM7G30A  |    | Géomatique - Bases de données spatialisées |            |    |    |
|---|----|--|------------|----|----|
| Semestre  | S7 | Langue                                     | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 3  | Mise à jour                                | 10.07.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 15 | Dont                                       | CM         | TD | TP |
|   |    |  | 6          | 9  |    |
| Descriptif de l'enseignement  |    |  |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Cartographie géologique, gestion de données sous tableurs, notions de statistiques  |    |  |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Ce module vise à doter les étudiants des compétences nécessaires pour gérer, analyser et exploiter des données géologiques dans un environnement SIG. Les étudiants apprendront à :<br>Comprendre les principes fondamentaux des bases de données spatialisées (géodatabases) et leur application en géologie,<br>Maîtriser les concepts clés de la topologie et leur importance dans la représentation de données géospatiales,<br>Acquérir des compétences en langage SQL pour interroger, manipuler et analyser des données géologiques stockées dans des bases de données spatialisées,<br>Mettre en œuvre des techniques de gestion et d'exploitation de bases de données spatialisées pour des applications géologiques concrètes   |    |  |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Créer et gérer des bases de données spatialisées pour stocker des données géologiques de terrain au format numérique.</li><li>Gérer la topologie.</li><li>Utiliser le langage SQL pour interroger, manipuler et analyser des données géospatiales dans un environnement SIG.</li></ul>   |    |  |            |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Rappels sur les projections cartographiques et la cartographie géologique: Introduction aux concepts de projections cartographiques et leur impact sur la représentation spatiale des données géologiques.</li><li>Introduction aux bases de données spatialisées: Principes de base des géodatabases, modèles de données spatiales (vecteur, raster), et structures de stockage.</li><li>Concepts de topologie en géologie: Rôle de la topologie dans la représentation des relations spatiales entre les entités géologiques (points, lignes, polygones).</li><li>Langage SQL pour les données spatialisées: Apprentissage des commandes SQL pour interroger, manipuler et analyser des données géospatiales (sélection, filtrage, agrégation, jointures spatiales).</li><li>Exploitation de données de terrain: Application des concepts et techniques apprises à l'exploitation de données géologiques collectées sur le terrain (affleurements, sondages, géophysique).</li></ul> |    |  |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>  |    |  |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Charles Gumiaux   |    |  |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |  |            |    |    |
| Commun SSP-DE / GEODATA   |    |  |            |    |    |

| OAM7G30B   |    | Géomatique – EC Cartographie géologique & géophysique |            |    |    |
|--|----|---|------------|----|----|
| Semestre   | S7 | Langue  | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 2  | Mise à jour   | 10.07.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 21 | Dont  | CM         | TD | TP |
|  |    |   |            | 3  | 18 |
| Descriptif de l'enseignement   |    |   |            |    |    |
| Prérequis :<br>connaissances de base en géologie et géophysique  |    |   |            |    |    |
| Objectifs :<br>Ce module vise à fournir aux étudiants une compréhension des méthodes géophysiques régionales et de leur application à la cartographie géologique en domaine de socle. Les étudiants apprendront à analyser et interpréter des données géophysiques provenant de diverses techniques, notamment :<br>Données gravimétriques: principes de la gravimétrie, le traitement des données gravimétriques, l'interprétation des anomalies gravimétriques et leurs applications à la cartographie des structures géologiques de sub-surface,<br>Données magnétiques: principes de la méthode magnétique, l'interprétation des anomalies magnétiques et leurs applications à la cartographie des structures géologiques et leurs prolongements en profondeur (ex. corps minéralisés, dykes magmatiques, failles),<br>Données radiométriques: principes de la radiométrie, de l'acquisition et du traitement des données radiométriques, l'interprétation des données radiométriques et leurs applications à la cartographie en surface des lithologies, des altérations (hydrothermales ou supergènes), des gisements minéraux,<br>Données électromagnétiques: principes des méthodes électromagnétiques (EM), l'acquisition et le traitement des données EM, l'interprétation des données EM et leurs applications à la cartographie des structures conductrices (ex. structures géologiques, gisements minéraux, eaux souterraines,...). |    |   |            |    |    |
| Compétences : <ul style="list-style-type: none"><li>A l'issue de ce module, les étudiant(e)s seront capables de :</li><li>Comprendre les principes théoriques physiques associés aux quatre méthodes géophysiques traitées</li><li>Visualiser, analyser et interpréter des données géophysiques en carte (et en profil) provenant de différentes méthodes</li><li>Savoir comparer et comprendre les apports de chaque méthode géophysique sur la cartographie des structures géologiques</li><li>Utiliser un logiciel de cartographie numérique pour visualiser, classifier, comparer et interpréter les données géophysiques raster et géologiques vectorielles.</li><li>Communiquer efficacement les résultats d'une étude géophysique à travers la mise en forme de cartes, profils ou diagrammes</li><li>Savoir structurer un document de rapport scientifique classique en distinguant méthodes, résultats et interprétations.</li></ul>  |    |   |            |    |    |
| Contenu : <ul style="list-style-type: none"><li>Principes théoriques: Présentation des concepts fondamentaux de chaque méthode géophysique.</li></ul>  |    |   |            |    |    |

- Travaux pratiques: Mise en œuvre des méthodes géophysiques à travers des exercices sur des données réelles, permettant aux étudiants de se familiariser avec des logiciels de visualisation et d'interprétation des données.
- Projet de cartographie: Au fil des séances de TP, réalisation d'un projet de cartographie géologique utilisant les données géophysiques, permettant aux étudiants d'appliquer les connaissances acquises à un cas d'étude concret, dans le Massif-Central.

**Bibliographie / Ressources pédagogiques :**

**Responsable de l'enseignement : Charles Gumiaux**

**Master STPE parcours SSP-DE**

**Commun GEODATA**

| OAM7G301  |    | Thermochimie |            |    |    |
|---|----|--------------|------------|----|----|
| Semestre  | S7 | Langue       | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 5  | Mise à jour  | 18.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 36 | Dont         | CM         | TD | TP |
|   |    |              | 24         | 12 |    |
| Descriptif de l'enseignement  |    |              |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Eléments de géochimie des interactions eau-roche acquis en Licence de Sciences de la Terre.   |    |              |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Comprendre l'application des principes thermodynamiques aux réactions chimiques, contextualisées dans des situations d'intérêt géologique.  |    |              |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Maîtriser les modèles d'activités, sur les solutions solides et dans le cas des solutions électrolytiques. Comprendre les limites du modèle à l'équilibre.</li><li>Savoir lire et interpréter les principales représentations des équilibres réactionnels pour la pétrologie, l'hydrothermalisme et l'environnement.</li></ul>   |    |              |            |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Partie I : Introduction à la thermodynamique<br/>1er et 2nd principes, cycles moteur, propriétés thermochimiques. Force motrice (T,P) sur les équilibres réactionnels.</li><li>Partie II : Thermochimie<br/>Equilibre et potentiels chimiques. Etat standard (notion de phases pures) et écart à l'état standard (solutions). Activité thermodynamique pour les gaz, liquides, solutés et solides. Constante d'équilibre et indice de saturation.</li><li>Partie III : Diagrammes P-T-X.<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Systèmes unaires et diagrammes P-T.</li><li>✓ Systèmes binaires : solvus, eutectique, fuseau, azéotrope, diagrammes combinés.</li><li>✓ Introduction aux diagrammes ternaires.</li></ul></li></ul> |    |              |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b><br>G. Anderson (2005) Thermodynamics of natural systems, Cambridge Univ. Press. // P. Richet (2000) Les bases physiques de la thermodynamique, Belin. BU Sciences 536.7 RIC // Supports de cours sur l'ENT.  |    |              |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Lionel Mercury  |    |              |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |              |            |    |    |
| Commun SSP-DE   |    |              |            |    |    |



| OAM7G307   |    | Géodynamique et bassins |            |    |    |
|--|----|-------------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S7 | Langue                  | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 3  | Mise à jour             | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 20 | Dont                    | CM         | TD | TP |
|  |    |                         |            | 20 |    |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                         |            |    |    |
| Prérequis :<br>Cartographie en domaine sédimentaire, Minéralogie, Géologie sédimentaire  |    |                         |            |    |    |
| Objectifs :<br>Comprendre la géologie des bassins sédimentaires en reconnaissant et interprétant les caractéristiques lithologiques, les structures géologiques et les séquences stratigraphiques ;<br>Identification de faciès sédimentaires et interprétation des processus sédimentaires ; Explorer les applications pratiques de la géologie des bassins sédimentaires   |    |                         |            |    |    |
| Compétences :<br>Observer et décrire les différents types de structures sédimentaires ainsi que leurs caractéristiques lithologiques<br><br>Capacité à utiliser un vocabulaire spécialisé pour décrire précisément ces structures et à les replacer dans leur contexte génétique<br><br>Interpréter des successions de faciès sédimentaires en termes d'environnements de dépôt ;<br><br>Interpréter des séquences stratigraphiques et reconstruire l'histoire géologique d'un bassin sédimentaire   |    |                         |            |    |    |
| Contenu :<br>Cette unité d'enseignement réalisée sur le terrain, vise à offrir aux étudiants une immersion complète dans l'étude pratique des processus géologiques à l'œuvre dans les environnements sédimentaires. Les travaux se concentreront sur un contexte géologique où coexistent des roches terrigènes, carbonatées et évaporitiques, offrant ainsi une diversité géologique riche à analyser. Les notions fondamentales de formation et de faciès sédimentaire ainsi que de séquences stratigraphiques et de processus de sédimentation seront présentées et discutées, en mettant l'accent sur la reconnaissance des différentes lithologies et structures géologiques caractéristiques des bassins sédimentaires. Les principes de lithostratigraphie seront intégrés afin de permettre aux étudiants de comprendre la stratigraphie des bassins et de reconstruire leur évolution géologique. En outre, le module inclura une analyse approfondie de la dynamique sédimentaire et de la réponse des bassins sédimentaires à l'activité tectonique, notamment les processus de subsidence et de surrection, fournissant ainsi une perspective cruciale sur l'évolution des environnements sédimentaires. Les applications pratiques de la géologie des bassins sédimentaires, seront également mises en lumière dans les domaines de l'hydrogéologie, de l'exploitation des ressources minérales et du stockage géologique, soulignant ainsi l'importance de cette discipline dans la compréhension et la gestion des ressources naturelles et des risques géologiques. |    |                         |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :  |    |                         |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri  |    |                         |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                         |            |    |    |
| Spécialité parcours G3   |    |                         |            |    |    |

| OAM7G308  |    | Eaux souterraines |            |    |    |
|---|----|-------------------|------------|----|----|
| Semestre  | S7 | Langue            | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 3  | Mise à jour       | 20.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 20 | Dont              | CM         | TD | TP |
|   |    |                   | 10         | 10 |    |
| Descriptif de l'enseignement  |    |                   |            |    |    |
| Prérequis :<br>Eléments d'hydrogéologie   |    |                   |            |    |    |
| Objectifs :<br>Comprendre et maîtriser les notions nécessaires à une bonne représentation des ressources en eau et à leur gestion durable   |    |                   |            |    |    |
| Compétences :   |    |                   |            |    |    |
| Contenu : <ul style="list-style-type: none"><li>• Relation pluie/débit/infiltration, couplage surface/souterrain</li><li>• Les types d'aquifères (temps de séjour, volume représentatif, hydrodynamique)</li><li>• Grands systèmes aquifères</li><li>• Etudes quantitatives : essais de puits, essais de nappe</li><li>• Piézométrie, charge hydraulique</li><li>• Loi de Darcy</li></ul> |    |                   |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :   |    |                   |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Sophie Roman  |    |                   |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |                   |            |    |    |
| Option Minerve  |    |                   |            |    |    |

| OAM7RE10  |    | Python appliqué à l'analyse de données environnementales |            |    |    |
|---|----|--|------------|----|----|
| Semestre  | S7 | Langue   | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 3  | Mise à jour  | 12.04.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 24 | Dont   | CM         | TD | TP |
|   |    |  | 6          | 0  | 18 |
| Descriptif de l'enseignement  |    |  |            |    |    |
| Prérequis :<br>aucun  |    |  |            |    |    |
| Objectifs :<br>Acquérir les notions fondamentales de la programmation en Python. Savoir écrire un programme pour résoudre un problème simple. Application à l'analyse de données environnementales.   |    |  |            |    |    |
| Compétences :   |    |  |            |    |    |
| Contenu : <ul style="list-style-type: none"><li>Cours : Généralités sur la programmation informatique, Notion d'objet. Variables. Types. Opérateurs (arithmétiques, de comparaison et logiques,) Séquences, Tests, Boucles, Modules, Fonctions, Tableaux de nombre avec NumPy, Lecture et Ecriture de Fichiers, Graphiques, Analyse statistique de données.</li><li>TP : exercices de programmation sur ordinateur mobilisant les différents éléments du cours.</li></ul> |    |  |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :<br><a href="https://www.python.org/">https://www.python.org/</a>  |    |  |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Line JOURDAIN   |    |  |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |  |            |    |    |
| Option Minerve  |    |  |            |    |    |

| OAM8G302   |    | Métallogénie |            |    |    |
|--|----|--------------|------------|----|----|
| Semestre   | S8 | Langue       | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 5  | Mise à jour  | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 36 | Dont         | CM         | TD | TP |
|  |    |              | 18         |    | 18 |
| Descriptif de l'enseignement   |    |              |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Gîtologie, Géologie des systèmes magmatiques, métamorphiques et sédimentaires, Thermodynamique (Potentiel chimique, loi d'action de masse)   |    |              |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Comprendre les processus de concentration dans les systèmes orthomagmatiques et hydrothermaux<br>Maitriser les méthodes de caractérisations des signatures isotopiques et géochimiques des sources (métaux et fluides)<br><br>Ananalyser les équilibres fluides minéraux : spéciation, mise en solution, dépôts et diagramme de stabilité  |    |              |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Utiliser les signatures géochimiques et isotopiques pour discuter des processus minéralisateurs</li><li>Connaître les fondements de différentes techniques d'investigation classiques: isotopes stables, radiogéniques, géochimies des fluides, géochimie des magmas, inclusions fluides.</li></ul>   |    |              |            |    |    |
| <b>Contenu :</b><br>Cours Magistraux <ul style="list-style-type: none"><li>Processus orthomagmatiques: séparation de phases (liquides sulfurés, carbonaté, ...) et différenciation. Les fluides hydrothermaux : signatures isotopiques, géochimiques, études des inclusions fluides</li><li>Traçage de la source des métaux (isotopes radiogéniques et compositions géochimiques)</li><li>Structure de l'eau et spéciation</li><li>Réactivité eau / roche et dépôts.</li></ul><br>Travaux Pratiques: Etudes de cas <ul style="list-style-type: none"><li>Gisements magmatiques ultrabasiques à <math>\delta^{66}\text{Zn}</math>-Cu</li><li>Pegmatites et granites à métaux rares</li><li>Les coupoles granitiques des systèmes péralumineux</li><li>VMS/SEDEX MVT</li><li>Gossan et zone de cémentation</li></ul> |    |              |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :  |    |              |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Stanislas Sizaret  |    |              |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |              |            |    |    |
| Spécialité parcours G3   |    |              |            |    |    |

| OAM8G303   |    | Métamorphisme et déformation ductile |                    |    |    |
|--|----|--------------------------------------|--------------------|----|----|
| Semestre   | S8 | Langue                               | Anglais & Français |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 6  | Mise à jour                          | 25.03.2024         |    |    |
| Volume horaire total   | 48 | Dont                                 | CM                 | TD | TP |
|  |    |                                      | 15                 | 15 | 18 |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                                      |                    |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Connaissances de niveau Licence : Minéralogie (familles des minéraux et structure), Pétrologie métamorphique (séquences, faciès, contextes géodynamiques), thermodynamique et thermochimie (enthalpie libre, cinétique de réaction), déformation finie.  |    |                                      |                    |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Consolider les principes de base permettant de construire un trajet pression-température-déformation-temps (P-T-d-t)<br><br>Montrer la nécessité de compléter les connaissances en analyses des textures, en géochronologie et en géothermobarométrie pour construire les chemins métamorphiques<br><br>Apprendre à faire le lien entre un chemin P-T-d-t et le contexte géodynamique<br><br>Fournir les principes de base et les outils thermo-barométriques le plus courants de la quantification des conditions du métamorphisme<br><br>Utiliser et intégrer les outils isotopiques dans la datation et la compréhension des processus métamorphiques.  |    |                                      |                    |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Savoir construire et lire un chemin métamorphique complet (P-T-d-t) à partir des diagrammes (modélisation thermodynamique) mais aussi des observations texturales, microstructurales et de la composition chimique des minéraux ;</li><li>Reconnaître les principales réactions métamorphiques de chaque séquence et comment elles se produisent à l'échelle microscopique, ainsi que le feed-back entre déformation et métamorphisme</li><li>Être capable d'utiliser les outils thermo-barométriques appropriés pour estimer quantitativement les conditions de différentes étapes du chemin métamorphique d'un roche ;</li><li>Développer un regard critique vis à vis de l'estimation thermo-barométrique dans les roches métamorphiques : absence d'équilibre, cinétique, incertitudes des différentes méthodes, complexité des échantillons naturels ;</li><li>Connaître et savoir choisir le système isotopique approprié pour dater les différentes étapes d'un chemin métamorphique</li></ul> |    |                                      |                    |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Pétrologie métamorphique : Définition et construction des chemins métamorphiques (P-T-d-t) à travers l'observation pétrologique et l'analyse quantitative. Mécanismes et types de réactions métamorphiques, zonation minérale et ses implications pour la thermobarométrie, thermo-barométrie empirique, semi-empirique, approche par multi-équilibre et modélisation thermodynamique à priori (pseudosections). Lien entre cristallisation et croissances des phases minérales métamorphiques et phases de déformation ductile (porphyroblasts anté-, syn- et post-cinématiques, déformation de la matrice à grains fins etc). Mise en relation des étapes du métamorphisme avec les âges obtenus dans les minéraux majeurs et accessoires. Fonctionnement de deux systèmes</li></ul>  |    |                                      |                    |    |    |

isotopiques utilisés pour les datations du métamorphisme : U/Th/Pb et K/Ar (Ar/Ar). Après une revue d'aspects théoriques, l'accent est mis sur la présentation d'exemples concrets pour lesquels les datations apportent, autre que des âges absolus, des contraintes sur les vitesses d'exhumation ou de déformation comme sur le rôle des fluides ou de la déformation.

- Déformation ductile: Distinguer déformation et contrainte. Analyse tensorielle du champ de contrainte, de déformation et des marqueurs structuraux. Construire une ellipse (2D) ou un ellipsoïde (3D) de déformation, dans le but d'établir l'orientation des contraintes. Exploiter des courbes rhéologiques pour distinguer déformation élastique, déformation plastique, phénomène de fluage et la notion de rupture. Relier les différents types de comportement à la compétence des roches et aux conditions thermodynamiques. Illustrer l'importance de la vitesse de déformation dans la rhéologie des systèmes ductiles. Analyser des objets tectoniques, en termes d'ellipsoïde des déformations finies et faire le lien avec le régime de contraintes. Analyser des microstructures associées aux structures d'échelle supérieure. Déterminer la géométrie et l'intensité de la déformation finie à partir de l'analyse cinématique des marqueurs structuraux Établir un profil rhéologique de la lithosphère continentale à l'aide de la loi de Byerlee et des lois de fluage. Comparer les profils rhéologiques des lithosphères continentale et océanique. Discuter des limites d'application des enveloppes rhéologiques à partir d'observations.
- Au cours de travaux pratiques (observation au microscope) l'attention sera portée à la fois sur les microstructures et leur chronologie relative et sur les réactions métamorphiques afin d'établir un chemin métamorphique pour la roche étudiée.

**Bibliographie / Ressources pédagogiques :**

**Responsable de l'enseignement : Laura Airaghi**

**Master STPE parcours SSP-DE**

**Spécialité parcours G3**



| OAM8G304   |    | Déformation fragile |            |    |    |
|--|----|---------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S8 | Langue              | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 4  | Mise à jour         | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 24 | Dont                | CM         | TD | TP |
|  |    |                     | 6          | 9  | 9  |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                     |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>produit scalaire, produit matriciel, utilisation des vecteurs  |    |                     |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Décrire les structures naturelles de déformation fragiles, les reproduire en laboratoire, modéliser le comportement mécanique sous-jacent; décrire les conditions nécessaires à la rupture</li><li>Appliquer cette analyse à la formation de chaînes d'avant-pays et des prismes d'accrétion</li><li>Décrire les mécanismes de formation des séismes</li><li>Décrire l'état des contraintes à travers l'ensemble de la lithosphère</li></ul>  |    |                     |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Savoir calculer les contraintes sur une surface arbitraire dans un champ de contrainte donné;</li><li>Savoir appliquer les lois de comportement mécanique pour prévoir les conditions de la rupture, ou encore les conditions de contrainte en profondeur</li><li>Comprendre les processus qui gouvernent la déformation de la partie supérieure de la lithosphère, ainsi que la rupture sismique</li></ul>   |    |                     |            |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Présentation des structures de déformation fragiles dans la nature et dans les expériences de laboratoire correspondantes (3hCM)</li><li>Analyse de la rupture fragile à partir des cercles de Mohr (3hCM + 3h TD)</li><li>Analyse de la rupture sismique à partir des expériences de friction (3h TD)</li><li>Modèle analogique de formation de prismes d'accrétion (6h TP, dont 3h pour réaliser les modèles et 3h pour les analyser par ordinateur + 3h TD sur l'analyse théorique du prisme critique)</li><li>Construction des enveloppes rhéologiques de la lithosphère (3hTP)</li></ul> |    |                     |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b><br>Fundamentals of Rock Mechanics (Jaeger, Cook and Zimmerman)  |    |                     |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Hugues Raimbourg   |    |                     |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                     |            |    |    |
| Spécialité parcours G3   |    |                     |            |    |    |

| OAM8G305  |    | Mise en place des magmas |                        |    |    |
|---|----|--------------------------|------------------------|----|----|
| Semestre  | S8 | Langue                   | Français               |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 3  | Mise à jour              | 25.03.2024             |    |    |
| Volume horaire total  | 24 | Dont                     | CM                     | TD | TP |
|   |    |                          | 10                     |    | 14 |
| Descriptif de l'enseignement  |    |                          |                        |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Pétrologie, magmatologie, Géologie structurale et tectonique  |    |                          |                        |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>L'objectif de ce module est d'étudier les modalités de transfert, de stockage intermédiaire et de mise en place finale des systèmes magmatique depuis la zone de production jusqu'aux systèmes volcaniques  |    |                          |                        |    |    |
| <b>Compétences :</b><br>Maîtriser le comportement mécanique contrôlant la mobilité des magmas dans la croûte continentale et leur lien entre transferts magmatiques et contexte tectonique.   |    |                          |                        |    |    |
| <b>Contenu :</b><br>CM (10h) <ul style="list-style-type: none"><li>• Eléments introductifs : The Granite war, petite histoire des modèles et des controverses des systèmes magmatiques : plutonisme versus neptunisme ; a new phase(-diagram), le mush model.</li><li>• Comportements mécaniques des systèmes partiellement cristallisés : des suspensions magmatiques aux mush; la clé de la mobilité.</li><li>• Stockage profond : niveau structural, temps de vie des chambres.</li><li>• Modalités de transfert des magmas dans la croûte inférieure et dans la croûte supérieure : le flare-up modèle Versus le steady-state model, influence du contexte tectonique.</li><li>• Plutons et volcanisme : la connexion controversée.</li></ul> TP (14h) <ul style="list-style-type: none"><li>• TP sous la forme de projets avec analyse bibliographique et rendu (rapport + présentation) : cas d'application dans leurs contextes tectoniques.</li></ul> |    |                          |                        |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>  |    |                          |                        |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Laurent Arbaret   |    |                          |                        |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |                          | Spécialité parcours G3 |    |    |

| OAM8G301   |    | Modélisation 3D |            |    |    |
|--|----|-----------------|------------|----|----|
| Semestre   | S8 | Langue          | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 3  | Mise à jour     | 10.07.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 43 | Dont            | CM         | TD | TP |
|  |    |                 |            |    | 43 |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                 |            |    |    |
| Prérequis :  |    |                 |            |    |    |
| Connaissances de base en géologie, structurale, géomorphologie, cartographie et SIG  |    |                 |            |    |    |
| Objectifs :  |    |                 |            |    |    |
| <p>Ce module vise à doter les étudiants des compétences nécessaires pour réaliser une cartographie géologique détaillée et créer un modèle 3D précis de structures géologiques complexes. Dans une démarche réaliste sur les conditions de cartographie en milieu professionnel, les étudiants bénéficieront de l'accès à tous les documents cartographiques ou rapports existants sur la zone d'étude. Le module combine des approches de terrain et de laboratoire, permettant aux étudiants :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• D'acquérir des compétences en matière de cartographie géologique de terrain en milieu professionnel, en utilisant des outils numériques portables et des techniques de photogrammétrie.</li><li>• Mettre en œuvre leurs compétences en matière de Système d'Information Géographiques (SIG).</li><li>• Maîtriser un des logiciels de gestion et modélisation de données géologiques en 3D.</li><li>• Développer des compétences d'interprétation structurale, tectonique et de modélisation géologique pour créer des représentations 3D réalistes de la géologie.</li></ul> <p>Ce module vise également à former les étudiants à la gestion de projets en équipe et la coordination de rendus communs.</p> |    |                 |            |    |    |
| Compétences :  |    |                 |            |    |    |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Récolter des données géologiques détaillées et précises sur le terrain.</li><li>• Gérer un calendrier d'acquisition de données et d'information in situ.</li><li>• Gérer le travail d'une équipe restreinte pendant une campagne de terrain.</li><li>• Gérer et participer à la coordination et la construction d'une carte géologique commune à tous les secteurs d'étude joints.</li><li>• Acquérir et traiter des données géologiques à l'aide d'outils numériques et de logiciels spécialisés.</li><li>• Générer des modèles 3D précis de structures géologiques complexes à partir de données de terrain et de photogrammétrie.</li><li>• Interpréter et analyser des modèles 3D pour comprendre l'histoire géologique d'un site.</li><li>• Communiquer efficacement les résultats d'une étude géologique sous forme de cartes 2D et de modèles 3D interactifs.</li></ul>   |    |                 |            |    |    |
| Contenu :  |    |                 |            |    |    |
| Partie 1 : Terrain (7 jours)   |    |                 |            |    |    |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Cartographie géologique détaillée : mise en pratique des techniques de cartographie géologique de terrain, y compris la description des affleurements, la mesure des orientations structurales et l'annotation des données locales pour construire in fine une carte géologique régionale.</li><li>• Acquisition et organisation de données numériques : Utilisation de tablettes et d'outils numériques pour la collecte de données géologiques organisées dans une base de données commune.</li></ul>  |    |                 |            |    |    |

- Photogrammétrie pour la modélisation 3D : Acquisition d'images aériennes par drone et de photos au sol pour la reconstruction de modèles photogrammétriques 3D de certains sites de la zone d'étude.
- Travail en groupe : travail réparti en secteurs mais avec un objectif de réalisation d'une carte et d'une base de données communes nécessitant l'interaction et les échanges pour partager les interprétations et les compétences entre les participants.

Partie 2 : Laboratoire (18 heures)

- Traitement et analyse de données géologiques : Utilisation de logiciels spécialisés pour le traitement des données géologiques acquises sur le terrain, y compris la correction, l'organisation et la visualisation des données (QGIS, Stereonet, Paraview, etc.)
- Calcul et interpolation d'un modèle géologique 3D : Intégration des données géologiques et exploitation des modèles photogrammétriques pour créer un modèle 3D précis de la structure géologique d'échelle régionale.
- Interprétation et modélisation géologiques : Analyse et interprétation du modèle 3D pour identifier les structures géologiques, les relations spatiales, et les processus géologiques et tectoniques en particulier ayant structurés la zone d'étude.
- Visualisation et communication des résultats : Création de cartes géologiques 2D et de modèles 3D interactifs pour communiquer efficacement les résultats de l'étude géologique.

**Bibliographie / Ressources pédagogiques :**

**Responsable de l'enseignement : Gautier Laurent & Charles Gumiaux**

**Master STPE parcours SSP-DE**

**Commun GEODATA**

| OAM8G3SR   |    | Stage de recherche |            |    |    |
|--|----|--------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S8 | Langue             | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 6  | Mise à jour        | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 0  | Dont               | CM         | TD | TP |
|  |    |                    | 0          | 0  | -  |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                    |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Signature de la convention de stage avec les encadrants et les responsables G3.  |    |                    |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Compréhension de l'état de l'art sur un thème de recherche donné, en rapport avec le cursus G3 (ex. métallogénie, magmatologie, volcanologie, métamorphisme).</li><li>• Introduction à différentes techniques analytiques.</li><li>• Prise en main des outils de traitement de données.</li><li>• Rédaction d'un rapport détaillé présentant l'état de l'art, les méthodes employées, les résultats et leur discussion.</li><li>• Réalisation d'une présentation orale.</li></ul> |    |                    |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Etude bibliographique ;</li><li>• Apprentissage de techniques d'analyse et de traitement de données ;</li><li>• Interprétation et discussion des résultats ;</li><li>• Prise de parole devant public pour présenter l'étude réalisée</li></ul>  |    |                    |            |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 6 semaines minimum de stage en laboratoire dont:</li><li>• travaux en laboratoire + rédaction du rapport (&lt;30 pages).</li><li>• relecture/correction du rapport avec l'encadrant.</li><li>• préparation de l'oral.</li><li>• Présentation orale (15 min + 20 min de questions) en présence des étudiant.e.s et du corps professoral.</li></ul>   |    |                    |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>   |    |                    |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Marion Louvel  |    |                    |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                    |            |    |    |
| Au choix : stage court recherche ou pro ou stage long recherche  |    |                    |            |    |    |

| OAM8G3SE   |    | Stage en entreprise |            |    |    |
|--|----|---------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S8 | Langue              | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 6  | Mise à jour         | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 0  | Dont                | CM         | TD | TP |
|  |    |                     | 0          | 0  | -  |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                     |            |    |    |
| Prérequis :<br>Signature d'une convention de stage   |    |                     |            |    |    |
| Objectifs :<br>Comprendre et mettre en œuvre une méthodologie pour répondre à une question industrielle et transmettre les résultats   |    |                     |            |    |    |
| Compétences : <ul style="list-style-type: none"><li>Mettre en œuvre une veille technique et/ou bibliographique</li><li>Maitriser une méthodologie scientifique</li><li>Analyser et interpréter des données</li><li>Communiquer un résultat scientifique à destination d'une entreprise</li></ul>   |    |                     |            |    |    |
| Contenu : <ul style="list-style-type: none"><li>Identifier une problématique industrielle qui peut être solutionnée par une approche scientifique du domaine des sciences de la terre</li><li>Réaliser une veille technique et/ou une étude bibliographique</li><li>Mettre en œuvre une ou plusieurs méthodes à expliciter et maitriser</li><li>Rédaction d'un rapport à destination d'une entreprise</li><li>Présentation orale</li></ul> |    |                     |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :  |    |                     |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Stanislas Sizaret  |    |                     |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                     |            |    |    |
| Au choix : stage court recherche ou pro ou stage long recherche  |    |                     |            |    |    |

| OAM8G3SL   |    | Stage de recherche long |            |    |    |
|--|----|-------------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S8 | Langue                  | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 30 | Mise à jour             | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 0  | Dont                    | CM         | TD | TP |
|  |    |                         | 0          | 0  | -  |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                         |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Niveau de compétences et résultats solides en Licence ; accord préalable de l'équipe des responsables de parcours G3.  |    |                         |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Compréhension de l'état de l'art sur un thème de recherche donné, en rapport avec le cursus G3 (ex. métallogénie, magmatologie, volcanologie, métamorphisme).</li><li>• Introduction à différentes techniques analytiques.</li><li>• Prise en main des outils de traitement de données.</li><li>• Rédaction d'un rapport détaillé présentant l'état de l'art, les méthodes employées, les résultats et leur discussion.</li><li>• Réalisation d'une présentation orale.</li></ul> |    |                         |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Etude bibliographique ; Formulation des problématiques scientifiques ; Apprentissage de techniques d'analyse et de traitement de données ; Interprétation et discussion des résultats ; Formulation de perspectives pour la continuation du sujet en M2.</li></ul>  |    |                         |            |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 20 semaines de stage en laboratoire dont:</li><li>• 18 semaines de travaux en laboratoire + rédaction du rapport (&lt;30 pages).</li><li>• 1 semaine pour la relecture/correction du rapport avec l'encadrant.</li><li>• 1 semaine pour la préparation de l'oral.</li><li>• Présentation orale (20 min + 20 min de questions) en presence des etudiant.e.s et du corps professoral.</li></ul>   |    |                         |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>   |    |                         |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Marion Louvel  |    |                         |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                         |            |    |    |
| Au choix : stage court recherche ou pro ou stage long recherche  |    |                         |            |    |    |

| OAM8G306  |    | Géostatistiques et incertitudes spatiales |            |    |    |
|---|----|---|------------|----|----|
| Semestre  | S8 | Langue                                    | Anglais    |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 3  | Mise à jour                               | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 20 | Dont                                      | CM         | TD | TP |
|   |    |   | 8          | 6  | 6  |
| Descriptif de l'enseignement  |    |   |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>fondement de statistiques (notion d'espérance, variance, covariances, estimateurs) ; notions de base d'Anglais scientifique   |    |   |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b>  |    |   |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• mémoriser : le vocabulaire spécifique et les outils pratiques pour la description des variables et incertitudes spatiales ;</li><li>• comprendre : les informations véhiculées par les outils de géostatistiques (variogramme, krigeage, incertitudes) ;</li><li>• appliquer : une procédure adaptée pour l'étude d'un jeu de données spatiales ;</li><li>• analyser : être capable de mettre en évidence l'existence de corrélations spatiales entre variables ;</li><li>• analyser : être capable d'exploiter l'existence de corrélations spatiales pour réduire les incertitudes spatiales</li></ul>  |    |   |            |    |    |
| <b>Contenu :</b> <p>Ce module étend les notions de statistiques et d'analyse de données au cas des variables régionalisées, c'est-à-dire lorsqu'une localisation dans l'espace et/ou dans le temps est associée aux observations. Lorsque c'est le cas, cette information supplémentaire peut être exploitée lorsqu'il existe une redondance spatiale entre les informations.</p> <p>Concrètement, le fait d'être à proximité d'une observation peut apporter de l'information exploitable pour être un peu plus sûr de la valeur estimée à cet endroit que si on avait simplement regardé la variable étudiée indépendamment de la question de la position, comme en statistique classique. Cet estimateur peut ensuite être synthétisé dans un modèle mathématique (modèle de variogramme) exploitable pour interpoler les variables spatiales en contrôlant les incertitudes liées à l'estimation. Cet outil spécifique à la géostatistique, nommé Krigeage, se dérive en plusieurs variantes dont il conviendra de comprendre les nuances pour être à même de développer et d'appliquer une procédure d'analyse adaptée à la chaque situation étudiée.</p> <p>Dans le cadre de la formation aux langues étrangères et pour l'ouverture du module, celui sera dispensé en anglais, avec une traduction du vocabulaire technique également introduit en français.</p> |    |   |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>  |    |   |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Gautier Laurent   |    |   |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |   |            |    |    |
| Option Minerve  |    |   |            |    |    |



| OAM9G302  |    | Systèmes Métallogéniques |                        |    |    |
|---|----|--------------------------|------------------------|----|----|
| Semestre  | S9 | Langue                   | Français               |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 5  | Mise à jour              | 25.03.2024             |    |    |
| Volume horaire total  | 36 | Dont                     | CM                     | TD | TP |
|   |    |                          | 18                     |    | 18 |
| Descriptif de l'enseignement  |    |                          |                        |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Gîtologie, Réactivité fluides / roche, Analyse de la déformation, Contexte géodynamiques aux différentes échelles   |    |                          |                        |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Description qualitative et quantitative des liens entre une minéralisation et son environnement géodynamique  |    |                          |                        |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Comprendre et établir des modèles conceptuels dur la dynamique des systèmes hydrothermaux.</li><li>Etablir des modèles quantitatifs pour simuler tout ou partie des processus minéralisateurs</li><li>Être capable de mettre en place une stratégie d'exploration à grande échelle (inventaire minier)</li></ul>   |    |                          |                        |    |    |
| <b>Contenu :</b><br><br>Cours Magistraux : <ul style="list-style-type: none"><li>Déformation et mobilisation des métaux, systèmes transitoires</li><li>Altération et réactivité fluides roches</li><li>Dynamique des systèmes hydrothermaux</li><li>Evolution pétrophysque</li><li>Moteurs des écoulements</li><li>Advection 6 diffusion et couplages</li></ul><br>Travaux Pratiques : <ul style="list-style-type: none"><li>Prolongement des études de terrains</li><li>Décrire finement un gisement, trajectoires P, T,t, X, évolution de la Vfluide, de la perméabilité au cours des stades minéralisateurs et des processus de concentration.</li><li>Etablir un modèle conceptuel de mise en place à partir de ce modèle établir un modèle quantitatif de tout ou partie des processus en jeu.</li></ul> |    |                          |                        |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>  |    |                          |                        |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Stanislas Sizaret   |    |                          |                        |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |                          | Spécialité parcours G3 |    |    |

| OAM9G301   |    | Analyse spatiale et géologie prédictive |            |    |    |
|--|----|---|------------|----|----|
| Semestre   | S9 | Langue                                  | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 3  | Mise à jour                             | 10.07.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 24 | Dont                                    | CM         | TD | TP |
|  |    |   | 9          | 3  | 12 |
| Descriptif de l'enseignement   |    |   |            |    |    |
| Prérequis :<br>connaissances de base en géologie, géophysique, SIG, analyse statistique + programmation recommandées   |    |   |            |    |    |
| Objectifs :<br>Ce module vise à doter les étudiants des compétences nécessaires pour utiliser des techniques d'analyse spatiale et de cartographie prédictive pour résoudre des problèmes liés aux ressources naturelles et aux risques géologiques en sciences de la terre. Les étudiants apprendront à : <ul style="list-style-type: none"><li>Mettre en œuvre des méthodes d'analyse spatiale avancées pour identifier des patterns et des relations spatiales dans des données géologiques, géophysiques et environnementales.</li><li>Créer des cartes de favorabilité et de risque pour la caractérisation et la recherche de ressources énergétiques et minérales, ainsi que pour l'évaluation des risques naturels.</li><li>Exploiter l'analyse spatiale pour révéler des liens génétiques potentiels entre les variables cartographiques afin de mieux comprendre les processus géologiques sous-jacents.</li></ul>   |    |   |            |    |    |
| Compétences : <ul style="list-style-type: none"><li>Utiliser l'analyse spatiale pour identifier des liens génétiques entre les variables cartographiques et mieux comprendre les processus géologiques sous-jacents,</li><li>Créer des cartes de favorabilité et d'aléas pour la caractérisation et la recherche de ressources énergétiques et minérales, ainsi que pour l'évaluation des risques naturels,</li><li>Communiquer efficacement les résultats d'analyses spatiales et de cartographie prédictive sous forme de cartes, de graphiques et de rapports.</li></ul>  |    |   |            |    |    |
| Contenu :<br>Théorie <ul style="list-style-type: none"><li>Méthodes de classification statistique de données: Apprentissage de techniques de classification statistique pour regrouper des données en classes homogènes et identifier des patterns dans les données multivariées.</li><li>Analyse des corrélations et de correspondance entre variables: Exploration des méthodes d'analyse des corrélations pour mesurer la force des relations entre les variables cartographiques.</li><li>Qualification et quantification des relations spatiales: Introduction aux outils et techniques pour qualifier et quantifier les relations spatiales entre objets cartographiques vectoriels (regroupements, alignements, analyse de proximité, de recoupement, etc.).</li><li>Croisement et combinaison de données: Apprentissage des différentes méthodes de croisement et combinaison de données spatiales (weight of evidence, logique floue, Disc Based Association) pour créer des cartes de favorabilité et d'aléas.</li></ul><br>Pratique <ul style="list-style-type: none"><li>Modélisation de cartes d'aléas et de favorabilité: Sur des exemples concrets, mise en œuvre des méthodes d'analyse spatiale et de cartographie prédictive pour créer des cartes d'aléas pour les risques naturels et des cartes de favorabilité pour la recherche de ressources naturelles énergétiques ou minières</li></ul> |    |   |            |    |    |

**Bibliographie / Ressources pédagogiques :**

**Responsable de l'enseignement : Charles Gumiaux**

**Master STPE parcours SSP-DE**

**Commun SSP-DE / GEODATA**

| OAM9G303  |    | Métallogénie, Tectonique et Magmatisme (terrain) |                        |    |    |
|---|----|--|------------------------|----|----|
| Semestre  | S9 | Langue   | Français               |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 6  | Mise à jour                                      | 25.03.2024             |    |    |
| Volume horaire total  | 60 | Dont   | CM                     | TD | TP |
|   |    |  |                        |    | 60 |
| Descriptif de l'enseignement  |    |  |                        |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Modules de géologie endogène généraux incluant spécifiquement le thème des ressources minérales (gîtologie et métallogénie), du métamorphisme, de l'hydrothermalisme, de la géochimie, de la géophysique, de la tectonique, de la géodynamique et du magmatisme   |    |  |                        |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Acquérir de l'autonomie dans la méthodologie descriptive des objets naturels de l'échelle de l'échantillon, celle d'un objet géologique de méso-échelle (intrusion syn-cinématique, dôme métamorphique, indice ou gisement) et in fine celle d'une région/district. Tirer et synthétiser le maximum d'informations structurales, cinématiques, minéralogiques, texturales, chronologiques et les valoriser dans une ébauche de modèle intégratif prenant en compte les processus tectoniques, métamorphiques, magmatiques en y intégrant l'hydrothermalisme et les concentrations minérales associées. Ce stage tente de faire le lien entre l'évolution orogénique et la genèse des concentrations minérales en se focalisant au maximum sur des objets uniques avec un maximum d'approches complémentaires. |    |  |                        |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Production de cartes lithologiques, cinématiques, de l'intensité de la déformation finie, de la préservation/apparition des paragénèses métamorphiques ou hydrothermales à très haute résolution.</li><li>• Une des principales compétences acquises durant le stage correspond la capacité de gérer les sauts d'échelle depuis les observables à l'échelle d'un affleurement jusqu'à la signature des</li><li>• processus endogènes d'échelle crustale/lithosphérique.</li></ul>  |    |  |                        |    |    |
| <b>Contenu :</b><br>Terrain. <ul style="list-style-type: none"><li>• Travail en ateliers sur des sites emblématiques des problématiques métallogéniques, tectoniques et magmatiques dans le domaine Varisque affleurant dans le Massif Armoricain et le Massif central.</li><li>• Les relations entre évolution métamorphique/hydrothermale, fusion partielle (et granitisation) et déformation sont abordées sur différents exemples bien documentés depuis la phase de subduction, pendant les phases de collision et l'évolution tardi à post-orogénique de la chaine Varisque ouest-européenne.</li></ul>   |    |  |                        |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b><br>Articles scientifiques spécifiques et livret-guide.   |    |  |                        |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Romain Augier   |    |  |                        |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |  | Spécialité parcours G3 |    |    |

| OAM9G311   |    | Ressources et société |            |    |    |
|--|----|-----------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S9 | Langue                | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 3  | Mise à jour           | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 20 | Dont                  | CM         | TD | TP |
|  |    |                       | 20         |    |    |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                       |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Avoir lu au moins une fois dans sa vie le quotidien Les Echos  |    |                       |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Facteurs historiques qui ont façonné l'industrie minière européenne et les leçons apprises pour orienter les politiques et les pratiques actuelles ; Anticiper les évolutions futures de l'industrie minière européenne et identifier les stratégies pour promouvoir un développement minier durable ; Promotion de la transparence, de la responsabilité sociale des entreprises et de la participation des parties prenantes pour assurer une exploitation minière responsable et éthique dans la région.  |    |                       |            |    |    |
| <b>Compétences :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacité à analyser et à comprendre le contexte historique de l'industrie minière ;</li><li>• Capacité à analyser les tendances actuelles, et anticiper les évolutions futures ;</li><li>• Capacité à intégrer les principes du développement durable dans la gouvernance de l'exploitation minière ;</li><li>• Acquérir une compréhension approfondie des bonnes pratiques de gouvernance et être en mesure de les appliquer dans son travail</li></ul>  |    |                       |            |    |    |
| <b>Contenu :</b> <p>Cette unité d'enseignement dédiée à la reprise minière en France et en Europe offre une perspective complète en intégrant à la fois une dimension historique et des approches prospectives. En revisitant le passé, cet enseignement met en lumière les grands cycles miniers et leur déclin, tout en examinant les leçons tirées de ces expériences pour orienter les politiques et les pratiques actuelles. En se tournant vers l'avenir, ce module explore les tendances émergentes et les défis anticipés de l'industrie minière européenne, en se concentrant sur des aspects tels que l'innovation technologique, la transition vers une économie bas-carbone et les opportunités de développement durable. À travers une analyse approfondie des piliers du développement durable, il examine comment les concepts de responsabilité sociale, d'impact environnemental et de prospérité économique peuvent être intégrés dans la gouvernance de l'exploitation minière en Europe. Des études de cas contextualisées illustrent ces concepts, mettant en relief les réussites et les défis rencontrés par les acteurs de l'industrie tout en ouvrant la voie à des solutions novatrices et durables pour l'avenir de l'industrie extractive.</p> |    |                       |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>   |    |                       |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri  |    |                       |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                       |            |    |    |
| Option Minerve   |    |                       |            |    |    |

| OAM9G304  |    | Communication scientifique - voie Recherche |            |    |    |
|---|----|---|------------|----|----|
| Semestre  | S9 | Langue                                      | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 3  | Mise à jour                                 | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 24 | Dont  | CM         | TD | TP |
|   |    |   | 0          | 24 |    |
| Descriptif de l'enseignement  |    |   |            |    |    |
| Prérequis :<br>Anglais et insertion professionnelle (M1)  |    |   |            |    |    |
| Objectifs :<br>To learn basic skills in efficiently understanding scientific written documents. To learn how to present scientific content in public.   |    |   |            |    |    |
| Compétences :<br>Public scientific communication in English   |    |   |            |    |    |
| Contenu :<br><div>1. English Test (cold start – speech section)</div> <div>2. Scientific papers : structure and path of extracting information</div> <div>2.a - Abstract format (semester exercise = write &amp; submit an AGU-format abstract)</div> <div>2.b - Ethics (including plagiarism + citation) and expectations (copyright, data access / protection)</div> <div>3. Paragraph, sentence, expressing ideas, supporting ideas</div> <div>4. Graphs, tables</div> <div>5. Equations, numbers</div> <div>6. Maps and locations</div> <div>7. Sections, outcrops and stratigraphic relations</div> <div>8. Structure of scientific documents (IMRD-C)</div> <div>9. Report / paper / field report format and content</div> <div>10. Poster presentation</div> <div>11. Oral presentation 1</div> <div>12. Oral presentation 1</div> |    |   |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :<br>Teaching contents will be available through interactive notebook.  |    |   |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Ken Koga  |    |   |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |   |            |    |    |
| Spécialité parcours G3 voie Recherche<br>Commun SSP-DE - GEODATA  |    |   |            |    |    |

| OAM9G305   |    | Magmas et volatils |                    |    |    |
|--|----|--------------------|--------------------|----|----|
| Semestre   | S9 | Langue             | Anglais & Français |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 5  | Mise à jour        | 03.04.2024         |    |    |
| Volume horaire total   | 24 | Dont               | CM                 | TD | TP |
|  |    |                    |                    | 24 |    |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                    |                    |    |    |
| Prérequis :<br>Pétrologie & Géochimie, connaissances en Chimie et Physique, Thermodynamique de base, connaissances en géophysique (transport de chaleur, convection, diffusion, sismologie)  |    |                    |                    |    |    |
| Objectifs :<br>La compréhension des processus géologiques ne peut être accomplie sans comprendre le rôle des éléments volatils qui les accompagne. Le cours vise à fournir une ouverture sur les modèles actuels de transfert d'éléments volatils dans la Terre, et en particulier dans les magmas   |    |                    |                    |    |    |
| Compétences : <ul style="list-style-type: none"><li>Réflexion critique et discussion fondé sur des observations factuelles.</li><li>Capacité d'approfondir les connaissances en retraçant la bibliographie</li></ul>   |    |                    |                    |    |    |
| Contenu : <p>Le Magma est le seul milieu terrestre capable de transporter des éléments des profondeurs de la Terre jusqu'à la surface. C'est un agent essentiel de l'évolution à long terme de la Terre. Les éléments volatils sont préférentiellement dissous dans le magma que dans les solides et amenés à la surface de la Terre. Sans ce processus, l'atmosphère et l'hydrosphère actuelles n'auraient pas existé. Ce cours de M2 présente les résultats les plus récents sur les magmas et les éléments volatils qui constituent le pont entre les processus de l'intérieur et de la surface de la Terre.</p> <p>Le cours est divisé en deux sections. La première moitié des cours couvre les sujets suivants afin d'acquérir les connaissances de base. La seconde partie couvre les avancées récentes de la recherche.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Elements volatils et isotopes</li><li>Origine des elements volatils</li><li>Budget des elements volatiles dans l'intérieur de la Terre</li><li>Transfert d'éléments volatils et subduction</li><li>Genèse du Magma et rôle des éléments volatils</li><li>Dégazage et magma</li><li>Exolution des éléments volatils et leur transport.</li><li>Réaction d'oxydoréduction et transfert d'éléments volatils</li><li>Gas rares / eau – CO2 / halogène / soufre</li></ul> |    |                    |                    |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :<br>Attribué par les enseignants intervenants   |    |                    |                    |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Ken Koga   |    |                    |                    |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                    |                    |    |    |
| Spécialité parcours G3 voie Recherche  |    |                    |                    |    |    |

| OAM9G306  |    | Modélisation numérique du diapirisme |                                       |    |    |
|---|----|--------------------------------------|---------------------------------------|----|----|
| Semestre  | S9 | Langue                               | Français                              |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 4  | Mise à jour                          | 25.03.2024                            |    |    |
| Volume horaire total  | 24 | Dont                                 | CM                                    | TD | TP |
|   |    |                                      | 6                                     | 6  | 12 |
| Descriptif de l'enseignement  |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Bases de la mécanique des fluides visqueux  |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Objectifs :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Comprendre les processus de transport de la matière et de la chaleur.</li><li>• Savoir modéliser les phénomènes de transports.</li><li>• Connaître la hiérarchie des modèles.</li><li>• Utiliser de façon raisonnée un code de dynamique des fluides numérique (CFD) par volumes finis.</li></ul>  |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Compétences :</b>  |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Équation de conservation, équations de transports convectif et diffusif : équation de la chaleur, équations de Navier-Stokes</li><li>• Initiation à la modélisation du couplage entre transport de masse et de chaleur.</li><li>• Initiation et utilisation d'un code CFD openSource (OpenFoam).</li><li>• Application à la mise en place d'un diapir (ex: granite de Flamanville)</li></ul> |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>  |    |                                      |                                       |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Guillaume Richard   |    |                                      |                                       |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |                                      | Spécialité parcours G3 voie Recherche |    |    |



| OAM9G307   |    | Expérimentation HP-HT en laboratoire |                                       |    |    |
|--|----|--------------------------------------|---------------------------------------|----|----|
| Semestre   | S9 | Langue                               | Français                              |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 4  | Mise à jour                          | 25.03.2024                            |    |    |
| Volume horaire total   | 24 | Dont                                 | CM                                    | TD | TP |
|  |    |                                      |                                       |    | 24 |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Pétrologie, pétrophysique, volcanologie, minéralogie, géochimie, techniques d'analyses microscopiques  |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Initiation à la recherche expérimentale en laboratoire haute température / pression pour répondre à une question scientifique : conception, réalisation pratique des expériences, acquisition et traitement des données (Modèles thermodynamiques, analyses statistiques, microscope électronique à balayage, microsonde électronique, Rama, FTIR ...)   |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Compétences :</b><br>Maîtrise d'une démarche scientifique recourant aux méthodes expérimentales conception, analyse et interprétation.  |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mini projets</li><li>• Définition d'une problématique scientifique</li><li>• Observation et caractérisation des produits naturels avec le microscope optique, microscope électronique à balayage, microsonde électronique, Raman, FTIR</li><li>• Introduction aux dispositifs expérimentaux, HT-HP.</li><li>• Réalisation d'expérience(s) HT-HP</li><li>• Caractérisation et analyse des produits expérimentaux</li><li>• Traitement de données</li><li>• Comparaison avec les produits naturels</li><li>• Interprétation et discussion</li></ul> |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>   |    |                                      |                                       |    |    |
| <b>Responsable de l'enseignement : Gaëlle Prouteau &amp; Juan Andujar</b>  |    |                                      |                                       |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                                      | Spécialité parcours G3 voie Recherche |    |    |

| OAM9G308   |    | Législation minière |            |    |    |
|--|----|---------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S9 | Langue              | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 4  | Mise à jour         | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 18 | Dont                | CM         | TD | TP |
|  |    |                     | 18         |    |    |
| Descriptif de l'enseignement   |    |                     |            |    |    |
| Prérequis :  |    |                     |            |    |    |
| Objectifs :<br><br>Compréhension des principaux cadres juridiques internationaux régissant l'exploitation minière, tels que les conventions, les accords et les traités internationaux, ainsi que leur impact sur la réglementation minière nationale ; Analyser les principaux enjeux juridiques auxquels est confrontée l'industrie minière à l'échelle internationale, tels que la gouvernance des ressources naturelles, les droits des communautés locales, la protection de l'environnement et la responsabilité sociale des entreprises ; Evaluer comment les normes et les principes juridiques internationaux sont mis en œuvre dans les législations minières nationales à travers le monde, ainsi que les défis et les opportunités associés à cette mise en œuvre. |    |                     |            |    |    |
| Compétences :<br><br>Ce module fournira aux étudiants les connaissances et les compétences nécessaires pour évaluer et contribuer de manière critique à la législation minière internationale, ainsi que pour comprendre son impact sur les pratiques minières durables et responsables à l'échelle mondiale.  |    |                     |            |    |    |
| Contenu :<br><br>Cette unité d'enseignement fournira une analyse approfondie des cadres juridiques et réglementaires qui gouvernent l'exploitation minière à l'échelle mondiale. Les étudiants exploreront les principaux traités, accords et conventions internationaux pertinents, ainsi que leur impact sur les politiques et réglementations minières nationales. En examinant les enjeux juridiques clés tels que la gouvernance des ressources naturelles, les droits des communautés locales et la responsabilité sociale des entreprises, les étudiants comprendront les défis rencontrés dans la mise en œuvre de ces normes à l'échelle nationale  |    |                     |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :  |    |                     |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri  |    |                     |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |    |                     |            |    |    |
| Spécialité parcours G3 voie Ressources minérales   |    |                     |            |    |    |

| OAM9G309  |    | Economie des matières premières |            |    |    |
|---|----|---------------------------------|------------|----|----|
| Semestre  | S9 | Langue                          | Anglais    |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 3  | Mise à jour                     | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 24 | Dont                            | CM         | TD | TP |
|   |    |                                 | 24         |    |    |
| Descriptif de l'enseignement  |    |                                 |            |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Géologie des ressources minérales   |    |                                 |            |    |    |
| <b>Objectifs :</b><br>Comprendre les principes économiques fondamentaux qui régissent l'industrie minière ;<br>Fournir aux étudiants les compétences nécessaires pour effectuer une analyse financière approfondie des projets miniers, ou évaluer la viabilité économique des investissements miniers  |    |                                 |            |    |    |
| <b>Compétences :</b><br>Cet enseignement prépare les étudiants à analyser et évaluer les stratégies commerciales dans le secteur minier, ainsi qu'à anticiper et à répondre aux évolutions économiques et commerciales dans le domaine des ressources minérales   |    |                                 |            |    |    |
| <b>Contenu :</b><br>Cette unité d'enseignement offre une analyse approfondie des stratégies commerciales adoptées par les sociétés minières et les investisseurs, et de leur interaction avec le contexte économique mondial, qui conditionne le fonctionnement des marchés des matières premières minérales. Les étudiants explorent les concepts économiques et financiers fondamentaux qui façonnent l'industrie minière, tels que l'offre et la demande, les cycles économiques, les politiques gouvernementales et les fluctuations des prix des matières premières minérales. En examinant les multiples facteurs qui influencent les cours des minéraux, comme la géopolitique, l'innovation technologique et les tendances du marché, les étudiants acquièrent une compréhension approfondie des dynamiques complexes sous-jacentes à l'industrie minière mondiale. De plus, ce module aborde les concepts et outils à la base de l'analyse financière de projets ainsi que les indicateurs financiers des entreprises. |    |                                 |            |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>  |    |                                 |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri   |    |                                 |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |                                 |            |    |    |
| Spécialité parcours G3 voie Ressources minérales  |    |                                 |            |    |    |

| OAM9G310  |    | Le projet à l'international dans le domaine des géosciences |            |    |    |
|---|----|---|------------|----|----|
| Semestre  | S9 | Langue  | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 6  | Mise à jour   | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 45 | Dont  | CM         | TD | TP |
|   |    |   | 0          | 0  | -  |
| Descriptif de l'enseignement  |    |   |            |    |    |
| Prérequis :   |    |   |            |    |    |
| Objectifs :   |    |   |            |    |    |
| L'un des objectifs de ce module est de fournir à l'étudiant une vision globale de la gestion de projets complexes à l'international, lui permettant de s'adapter aux situations auxquelles il pourra être confronté dans une entreprise du secteur des géosciences. Un autre objectif est d'améliorer l'intégration future de l'étudiant au sein d'un environnement commercial international et de l'aider à valoriser ses compétences en communication orale et écrite.  |    |   |            |    |    |
| Compétences :   |    |   |            |    |    |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacité à gérer efficacement des projets complexes dans un contexte international, en maîtrisant les différentes étapes du processus, de la conception à la clôture, tout en tenant compte des spécificités interculturelles et des défis liés à la gestion de projets à l'échelle mondiale ;</li><li>• Aptitude à communiquer de manière efficace et à établir des relations professionnelles fructueuses dans un environnement international, en comprenant les nuances culturelles, en adaptant son style de communication et en favorisant la collaboration entre des équipes multiculturelles pour atteindre les objectifs du projet ;</li><li>• Capacité à élaborer et à soumettre des propositions de projet compétitives en réponse à des appels d'offres internationaux, en comprenant les exigences spécifiques des clients et en articulant clairement les solutions proposées, tout en tenant compte des contraintes géographiques, réglementaires et culturelles</li></ul>  |    |   |            |    |    |
| Contenu :   |    |   |            |    |    |
| Cette unité d'enseignement propose une immersion pratique dans la gestion de projets internationaux dans le domaine des géosciences, en s'appuyant sur des exemples concrets tirés de situations réelles. Les étudiants seront guidés à travers les différentes phases de projets complexes, depuis leur conception en réponse à des appels d'offres jusqu'à leur clôture, en mettant en lumière les étapes clés de la réalisation. En plus de fournir une compréhension approfondie de ces processus, ce module offre des perspectives sur les transactions courantes dans un contexte commercial international, y compris la négociation de contrats et les partenariats interculturels. Il dote également les étudiants d'outils pratiques pour améliorer leur communication interculturelle et leurs compétences relationnelles, indispensables pour naviguer avec succès dans un environnement professionnel mondialisé. Enfin, une attention particulière sera portée à l'analyse des risques et à la gestion des parties prenantes dans des contextes multiculturels, afin de préparer les étudiants à relever les défis complexes inhérents aux projets internationaux. |    |   |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :   |    |   |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri   |    |   |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |    |   |            |    |    |
| Spécialité parcours G3 voie Ressources minérales  |    |   |            |    |    |

| OAM0G3SR  |     | Stage de recherche |                     |    |    |
|---|-----|--------------------|---------------------|----|----|
| Semestre  | S10 | Langue             | Français ou Anglais |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 30  | Mise à jour        | 25.03.2024          |    |    |
| Volume horaire total  | 0   | Dont               | CM                  | TD | TP |
|   |     |                    | 0                   | 0  | -  |
| Descriptif de l'enseignement  |     |                    |                     |    |    |
| <b>Prérequis :</b><br>Intérêt pour la recherche et projet de poursuite en thèse ; Niveau de compétences et résultats solides en M1  |     |                    |                     |    |    |
| <b>Objectifs :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• S'approprier la méthode scientifique en vue d'une future autonomie dans la recherche.</li><li>• Acquérir les compétences techniques et analytiques nécessaires à la poursuite de la formation scientifique dans le cadre d'un doctorat.</li><li>• Contextualiser les travaux réalisés et formuler des hypothèses d'interprétation des résultats.</li></ul> |     |                    |                     |    |    |
| <b>Compétences :</b>  |     |                    |                     |    |    |
| <b>Contenu :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 5 mois de stage en laboratoire/sur le terrain dont:</li><li>• 3-4 mois de collecte de données, analyse et interprétation</li><li>• 1 mois de rédaction du rapport final</li><li>• 1 présentation orale de 20 min (+20min de questions) devant un jury.</li></ul>   |     |                    |                     |    |    |
| <b>Bibliographie / Ressources pédagogiques :</b>  |     |                    |                     |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Marion Louvel   |     |                    |                     |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |     |                    |                     |    |    |
| Parcours G3 voie Recherche  |     |                    |                     |    |    |

| OAM0G301   |     | Environnement miniers et après mine |            |    |    |
|--|-----|-------------------------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S10 | Langue                              | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 3   | Mise à jour                         | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 40  | Dont                                | CM         | TD | TP |
|  |     |                                     | 20         | 20 |    |
| Descriptif de l'enseignement   |     |                                     |            |    |    |
| Prérequis :<br>Connaissances des grands modèles de gisements ; notions de bilans hydriques ; utilisation de cartes piézométriques ; géochimie des solutions aqueuses ; géotechnique (stabilité des sols, ...).   |     |                                     |            |    |    |
| Objectifs :<br>Acquérir une démarche logique pour anticiper les risques environnementaux dès l'exploration minière. Maîtriser l'utilisation d'outils d'analyse spécifiques sur le terrain. Apprendre les techniques de sécurisation et de surveillance des sites miniers abandonnés. Cette approche mixte salle-terrain prépare les étudiants à relever les défis concrets de la gestion environnementale dans les projets miniers, favorisant ainsi une formation pratique et durable   |     |                                     |            |    |    |
| Compétences : <ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluer les impacts potentiels de l'exploitation minière sur l'environnement ;</li><li>• Concevoir et mettre en œuvre des mesures d'atténuation visant à minimiser les impacts environnementaux des projets miniers ;</li><li>• Utiliser divers outils et techniques de surveillance ;</li><li>• Compréhension des réglementations environnementales ;</li><li>• Gestion des risques pour assurer la conformité réglementaire et minimiser les risques pour l'environnement et la santé humaine ;</li><li>• Travail d'équipe et communication</li></ul>  |     |                                     |            |    |    |
| Contenu :<br>Cette unité d'enseignement offre une vue d'ensemble de la gestion environnementale dans les projets miniers, couvrant leur cycle de vie de l'exploration à l'après-mine. Elle souligne l'importance de considérer les impacts environnementaux à chaque étape du processus. L'évaluation environnementale initiale lors de l'exploration identifie les risques potentiels et guide les décisions futures. L'étude de faisabilité intègre des analyses environnementales pour évaluer les impacts prévus et développer des stratégies d'atténuation. La gestion environnementale pendant la phase active repose sur le "Plan de Gestion Environnemental". L'après-mine adopte une approche intégrée couvrant les eaux de surface et souterraines, la gestion des déchets miniers, la stabilité géotechnique des stockages de résidus, etc. |     |                                     |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :<br>TAILSAFE – Sustainable improvement in safety of tailings facilities. <a href="http://www.tailsafe.com/">http://www.tailsafe.com/</a><br>Mine Water - hydrology, pollution, remediation. Younger, P., Banwart, S., Hedin, R. (2002)<br>Geotechnical engineering for mine waste storage facilities. Blight, G.  |     |                                     |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri  |     |                                     |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |     |                                     |            |    |    |
| Parcours G3 voie Ressources minérales  |     |                                     |            |    |    |
| Commun SSP-DE  |     |                                     |            |    |    |

| OAM0G302   |     | Valorisation et traitement des matières premières minérales |            |    |    |
|--|-----|---|------------|----|----|
| Semestre   | S10 | Langue  | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 3   | Mise à jour   | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 36  | Dont  | CM         | TD | TP |
|  |     |   | 9          |    | 27 |
| Descriptif de l'enseignement   |     |   |            |    |    |
| Prérequis :<br>Gîtologie, Géologie générale.   |     |   |            |    |    |
| Objectifs :<br>Professionnalisation de la formation : Initiation à la minéralurgie et aux tests de caractérisation des matériaux employés dans le génie civil  |     |   |            |    |    |
| Compétences : <ul style="list-style-type: none"><li>• Connaissance des modes de gisements des minéraux industriels et granulats. Mise en œuvre de tests du génie civil</li><li>• Initiation au traitement de minerais</li><li>• Savoir évoluer sur un site d'exploitation</li></ul>  |     |   |            |    |    |
| Contenu :<br>Cours Magistraux : <ul style="list-style-type: none"><li>• Minéraux industriels : Géologie, exploration, exploitation des principaux minéraux industriels (Kaolin, andalousite, diatomite, argile ...) et des granulats.</li><li>• Procédés minéralurgiques : Broyage, criblage et séparation des minéraux, méthodes par densités, méthodes magnétiques et flottation.</li></ul><br>Travaux Pratiques : <ul style="list-style-type: none"><li>• Mise en oeuvre de techniques minéralurgiques</li><li>• Essais techniques pour la caractérisation des granulats (Propreté des sables, courbes granulométriques, tests de dureté: los angeles et micro-deval) et la caractérisation des argiles : test au bleu de méthylène, limites d'Atterberg.</li><li>• Visites de sites d'extraction</li></ul> |     |   |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :  |     |   |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Stanislas Sizaret  |     |   |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |     |   |            |    |    |
| Parcours G3 voie Ressources minérales  |     |   |            |    |    |

| OAM0G303   |     | Conduite de projet d'exploration |            |    |    |
|--|-----|----------------------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S10 | Langue                           | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 6   | Mise à jour                      | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 104 | Dont                             | CM         | TD | TP |
|  |     |                                  | 21         | 23 | 60 |
| Descriptif de l'enseignement   |     |                                  |            |    |    |
| Prérequis :<br>Cartographie en contexte sédimentaire ; métamorphique et magmatique ; Gîtologie ;<br>Métallogénie ; Gestion de projet ; Economie minérale ; Maitrise des outils géomatiques   |     |                                  |            |    |    |
| Objectifs :<br>Concevoir, coréaliser, gérer un projet d'exploration de complexité moyenne ; Identifier les techniques adaptées à une substance et un contexte géologique particulier ; Respect de la procédure qualité et amélioration du processus décisionnel ; Être capable de communiquer clairement et efficacement ; Développer la capacité à s'adapter aux défis et aux changements imprévus qui peuvent survenir au cours du projet d'exploration, et à trouver des solutions créatives pour les surmonter ; Respecter les principes éthiques et les normes professionnelles,  |     |                                  |            |    |    |
| Compétences : <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacité à concevoir, gérer ou cosuperviser un projet d'exploration de complexité moyenne ;</li><li>• Aptitude à s'adapter aux défis et aux imprévus qui surviennent au cours d'un projet ;</li><li>• Capacité à identifier les techniques appropriées, Utiliser des outils géoscientifiques et géomatiques pour collecter, analyser et interpréter les données ;</li><li>• Compétence à communiquer efficacement avec les membres de l'équipe, les parties prenantes et les professionnels de l'industrie</li></ul>   |     |                                  |            |    |    |
| Contenu :<br>Cette unité d'enseignement combinera des séances en salle avec une mise en situation réalisée sur le terrain. Les enseignements en salle fourniront les compétences nécessaires pour réaliser l'exercice de conduite de projet d'exploration effectuée sur le terrain. Les étudiants seront chargés de produire un rapport technique détaillé à partir de leurs observations et analyses. En salle, les différentes phases d'un projet d'exploration, leurs objectifs, méthodes, outils et traitements seront présentés en détail. Une attention particulière sera portée aux critères de choix des méthodes (techniques vs. budgétaires), à l'approche qualité et aux éléments décisionnels permettant de progresser d'une phase à l'autre du projet. Sur le terrain, les étudiants travailleront en groupe sur un prospect minier, mettant en pratique leurs compétences pour mener à bien un projet d'exploration dans un domaine complexe hydrothermalisé. Les attentes incluent la réalisation de levés géologiques, la caractérisation thématique des altérations, la définition des contrôles structuraux de la minéralisation, l'identification des métallotectes, la création d'un modèle géologique 3D ... et l'évaluation de la ressource. |     |                                  |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :<br>Moon, C.J., Whateley, M.K.G., Evans, A.M., 2006. Introduction to mineral exploration, Second edition ed. Blackwell Publishing.  |     |                                  |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri  |     |                                  |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |     |                                  |            |    |    |
| Parcours G3 voie Ressources minérales  |     |                                  |            |    |    |



| OAM0G304  |     | Resource modelling & evaluation |            |    |    |
|---|-----|---------------------------------|------------|----|----|
| Semestre  | S10 | Langue                          | Anglais    |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.   | 3   | Mise à jour                     | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total  | 48  | Dont                            | CM         | TD | TP |
|   |     |                                 | 24         | 24 |    |
| Descriptif de l'enseignement  |     |                                 |            |    |    |
| Prérequis :<br>Gîtologie ; Métallogénie ; Economie minérale ; Maitrise des outils géomatiques ; Conduite de projet d'exploration  |     |                                 |            |    |    |
| Objectifs : <ul style="list-style-type: none"><li>Acquérir une compréhension approfondie de l'interface, des fonctionnalités et des outils disponibles pour l'évaluation des ressources minérales d'un logiciel métier (e.g. Geovia Surpac) ;</li><li>Apprendre à importer, gérer et organiser les données géologiques, géotechniques et topographiques ;</li><li>Savoir créer des modèles géologiques 3D représentant les différentes unités géologiques, les contacts, les structures et les altérations pour définir les limites des gisements minéraux ;</li><li>Comprendre les méthodes et les techniques d'estimation des ressources minérales, telles que la méthode des blocs krigés ou la méthode des polygones, et être en mesure de les appliquer ; dans Surpac ;</li><li>Être capable de valider et d'analyser les résultats de l'estimation des ressources, en évaluant la qualité des données, en identifiant les incertitudes et en interprétant les résultats finaux ;</li><li>Savoir générer des rapports et des présentations professionnels à partir des résultats de l'évaluation des ressources pour communiquer efficacement les résultats aux parties prenantes.</li></ul> |     |                                 |            |    |    |
| Compétences :<br>Utilisation du logiciel métier pour évaluer les ressources minérales et planifier les opérations d'exploitation minière ; Créer des modèles géologiques précis en utilisant Surpac, en intégrant des données géologiques provenant de données de sondages pour représenter de manière réaliste les gisements minéraux ; Mettre en application les méthodes d'estimation des ressources minérales.  |     |                                 |            |    |    |
| Contenu :<br>Cette unité d'enseignement présente les techniques essentielles de modélisation géologique d'un logiciel métier largement utilisé dans l'industrie extractive (e.g. Geovia Surpac), outil clé pour l'évaluation des ressources et la planification des opérations minières. Les étudiants apprendront à importer, organiser et créer des modèles 3D représentant les unités géologiques, les contacts et les structures. Des techniques avancées, comme la modélisation de la minéralisation et des altérations, seront également abordées. En combinant théorie et pratique, ce chapitre prépare les étudiants à utiliser efficacement un logiciel métier dans leurs futurs projets miniers.  |     |                                 |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :   |     |                                 |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri   |     |                                 |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE   |     |                                 |            |    |    |
| Parcours G3 voie Ressources minérales   |     |                                 |            |    |    |

| OAM0G3SE   |     | Stage en entreprise |            |    |    |
|--|-----|---------------------|------------|----|----|
| Semestre   | S10 | Langue              | Français   |    |    |
| Crédits ECTS / Coeff.  | 15  | Mise à jour         | 25.03.2024 |    |    |
| Volume horaire total   | 0   | Dont                | CM         | TD | TP |
|  |     |                     | 0          | 0  | -  |
| Descriptif de l'enseignement   |     |                     |            |    |    |
| Prérequis :<br>Fin de cycle de formation   |     |                     |            |    |    |
| Objectifs :<br>Professionnalisation et mise en situation en entreprise ou dans un établissement public.  |     |                     |            |    |    |
| Compétences :<br>Appropriation d'une ou plusieurs missions au sein d'une entreprise, en rendre compte à l'écrit et à l'oral  |     |                     |            |    |    |
| Contenu : <ul style="list-style-type: none"><li>• Préparer un projet professionnel</li><li>• Présenter une ou plusieurs candidatures (Bureau d'études, exploitations ...)</li><li>• Réaliser les missions confiées (niveau ingénieur)</li><li>• Présenter un rapport de stage et un oral sur les missions confiées: contextualisation, présentation des missions, des méthodes mise en œuvre des résultats et interprétations.</li></ul> |     |                     |            |    |    |
| Bibliographie / Ressources pédagogiques :  |     |                     |            |    |    |
| Responsable de l'enseignement : Johann Tuduri & Stanislas Sizaret  |     |                     |            |    |    |
| Master STPE parcours SSP-DE  |     |                     |            |    |    |
| Parcours G3 voie Ressources minérales  |     |                     |            |    |    |

# M1 STPE G3

|          |   |      |      | Session 1   |          |  |          |             |          | Session 2                              |         |             |  |         |       |
|----------|---|------|------|-------------|----------|--|----------|-------------|----------|--|---------|-------------|--|---------|-------|
| Code     | Libellé   | ECTS | COEF | RNE         |          |  | RSE      |             |          | RNE/RSE                                |         |             |  |         |       |
|          |   |      |      | quotité (%) | modalité | nature                                 | durée    | quotité (%) | modalité | nature                                 | durée   | quotité (%) | modalité                               | nature  | durée |
| OAM7G3S7 | SEM SEMESTRE 7  | 30   | 30   |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
| OAM7G301 | UE Thermochimie   | 5    | 5    | 50/50       | CC       | écrits                                 | 3h       | 100         | CT       | écrit                                  | 3h      | 100         | CT                                     | écrit   | 3h    |
| OAM7G302 | UE Géomatique G3  | 5    | 5    |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
| OAM7G30A | EC Bases de données spatialisées                            | 3    | 3    | 100         | CC       | rapport                                |          | 100         | CT       | rapport                                |         | 100         | CT                                     | rapport |       |
| OAM7G30B | EC Cartographie géologique et géophysique                   | 2    | 2    | 100         | CC       | rapport                                |          | 100         | CT       | rapport                                |         | 100         | CT                                     | rapport |       |
| OAM7G303 | UE Géologie   | 4    | 4    | 50/25/25    | CC       | écrit/rapports                         | 3h/./.   | 100         | CT       | écrit                                  | 3h      | 100         | CT                                     | écrit   | 3h    |
| OAM7G304 | UE Tectonique et Géodynamique                               | 4    | 4    | 33/33/33    | CC       | écrits                                 | 1h/1h/1h | 100         | CT       | écrit                                  | 1h      | 100         | CT                                     | écrit   | 1h    |
| OAM7G305 | UE Magmatisme   | 4    | 4    | 50/50       | CC       | écrit/oral                             | 3h/30mn  | 100         | CT       | écrit                                  | 3h      | 100         | CT                                     | écrit   | 3h    |
| OAM7G306 | UE Volcanisme et métallogénie : terrain d'application       | 5    | 5    | 50/50       | CC       | rapports                               |          | 50/50       | CT       | rapports                               |         | 100         | CT                                     | oral    | 20'   |
|          | CHOI Option à choix 1 parmi 4                               | 3    | 3    |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
| OAM7G307 | UE Géodynamique et bassins                                  | 3    | 3    | 100         | CT       | rapport                                |          | 100         | CT       | rapport                                |         | 100         | CT                                     | rapport |       |
| OAM7G308 | UE Eaux souterraines  | 3    | 3    | 100         | CT       | écrit                                  | 2h       | 100         | CT       | écrit                                  | 2h      | 100         | CT                                     | écrit   | 2h    |
| OAM7RE10 | UE Python appliqué à l'analyse de données environnementales | 3    | 3    | 100         | CT       | Ecrit                                  | 2H       | 100         | CT       | Ecrit                                  | 2H      | 100         | CT                                     | Ecrit   | 2H    |
|          | UE Minerve  | 3    | 3    |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
| OAM8G3S8 | SEM SEMESTRE 8  | 30   | 30   |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
|          | CHOI CHOIX 1 parmi 2  | 30   | 30   |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
|          | BLOC Bloc 1 Voie normale                                    | 30   | 30   |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
| OAM8G301 | UE Modélisation 3D  | 3    | 3    | 50/50       | CC       | rapports                               |          | 100         | CT       | rapport                                |         | 100         | CT                                     | oral    | 20'   |
| OAM8G302 | UE Métallogénie   | 5    | 5    | 33/33/33    | CC       | Rapports                               |          | 100         | CT       | rapport                                |         | 100         | CT                                     | rapport |       |
| OAM8G303 | LGA Métamorphisme et déformation ductile                    | 6    | 6    | 50/50       | CC       | écrits                                 | 2h/2h    | 100         | CT       | écrit                                  | 3h      | 100         | CT                                     | oral    | 30'   |
| OAM8G304 | UE Déformation fragile                                      | 4    | 4    | 50/50       | CC       | écrits                                 | 1h/1h    | 100         | CT       | écrit                                  | 2h      | 100         | CT                                     | écrit   | 2h    |
| OAM8G305 | UE Mise en place des magmas                                 | 3    | 3    | 50/50       | CC       | écrit/rapport                          | 2h/.     | 100         | CT       | écrit                                  | 2h      | 100         | CT                                     | écrit   | 2h    |
|          | CHOI Option Géostatistiques et incertitudes spatiale (1/2)  | 3    | 3    |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
| OAM8G306 | LGA Géostatistiques et incertitudes spatiales (1/2)         | 3    | 3    | 100         | CT       | rapport                                |          | 100         | CT       | rapport                                |         | 100         | CT                                     | oral    | 20'   |
|          | UE Minerve  | 3    | 3    |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
|          | CHOI Stage1 individuel (au choix 1/2)                       | 6    | 6    |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
| OAM8G3S6 | STAG Stage 1 en entreprise                                  | 6    | 6    | 25/45/30    | CT       | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | ././30'  | 25/45/30    | CT       | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | ././30' | 25/45/30    | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | CT      | ./30' |
| OAM8G3S8 | STAG Stage1 de recherche                                    | 6    | 6    | 25/45/30    | CT       | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | ././30'  | 25/45/30    | CT       | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | ././30' | 25/45/30    | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | CT      | ./30' |
|          | BLOC Bloc 2 Voie recherche                                  | 30   | 30   |             |          |  |          |             |          |  |         |             |  |         |       |
| OAM8G3S5 | STAG Stage recherche long                                   | 30   | 30   | 25/45/30    | CT       | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | ././40'  | 25/45/30    | CT       | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | ././40' | 25/45/30    | encadrant/rapport/<br>soutenance orale | CT      | ./40' |

## M2 STPE G3

| Code     | Libellé  | Session 1 |      |             |          |                                    |         | Session 2   |          |                                    |         |
|----------|--|-----------|------|-------------|----------|------------------------------------|---------|-------------|----------|------------------------------------|---------|
|          |  | ECTS      | COEF | RNE         |          | RSE                                |         | RNE/RSE     |          |                                    |         |
|          |  |           |      | quotité (%) | modalité | nature                             | durée   | quotité (%) | modalité | nature                             | durée   |
| OAM06359 | SEM Semestre 9   | 30        | 30   |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
| OAM06301 | UE Analyse spatiale et géologie prédictive                     | 3         | 3    | 100         | CT       | rapport                            |         | 100         | CT       | rapport                            |         |
| OAM06302 | UE Systèmes métallogéniques                                    | 5         | 5    | 50/50       | CC       | oral/poster                        | 15'/.   | 100         | CT       | poster                             | 15'/.   |
| OAM06303 | UE Métallogénie, Tectonique et Magmatisme (terrain)            | 6         | 6    | 50/50       | CC       | rapports                           |         | 50/50       | CT       | rapports                           |         |
|          | CHOIX 1 parmi 2  | 16        | 16   |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
|          | PAR Voie Recherche - cours de spécialité                       | 16        | 16   |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
| OAM06304 | LGA voie Recherche - Communication scientifique                | 3         | 3    | 50/50       | CC       | oral/rapport                       | 15'/.   | 50/50       | CT       | oral/rapport                       | 15'/.   |
| OAM06305 | LGA Magmas et volatils   | 5         | 5    | 100         | CT       | rapport                            |         | 100         | CT       | rapport                            |         |
| OAM06306 | UE Modélisation numérique du diapirisme                        | 4         | 4    | 100         | CT       | rapport                            |         | 100         | CT       | rapport                            |         |
| OAM06307 | UE Expérimentation haute pression - haute température          | 4         | 4    | 50/50       | CC       | rapport/oral                       | ./15'   | 100         | CT       | rapport                            | ./15'   |
|          | PAR Voie Professionnelle au BRGM - cours de spécialité         | 16        | 16   |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
| OAM06308 | UE Législation minière   | 4         | 4    | 100         | CT       | rapport                            |         | 100         | CT       | rapport                            |         |
| OAM06309 | LGA Economie des matières premières                            | 3         | 3    | 100         | CT       | écrit                              | 2h      | 100         | CT       | écrit                              | 2h      |
| OAM06310 | PRJ Projet à l'international                                   | 6         | 6    | 65/35       | CT       | rapport/oral                       | ./20'   | 65/35       | CT       | rapport/oral                       | ./20'   |
|          | CHOIX Voie professionnalisante - option (1 au choix) 1 parmi 2 | 3         | 3    |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
| OAM06311 | UE Ressources et société                                       | 3         | 3    | 100         | CT       | rapport                            |         | 100         | CT       | rapport                            |         |
|          | UE Minerve   | 3         | 3    |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
| OAM06350 | SEM Semestre 10  | 30        | 30   |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
|          | CHOIX 1 parmi 2  |           |      |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
|          | PAR Voie Recherche   | 30        | 30   |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
| OAM0635R | STAG Stage de recherche  | 30        | 30   | 33/33/33    | CT       | encadrant/rapport/soutenance orale | ././40' | 33/33/33    | CT       | encadrant/rapport/soutenance orale | ././40' |
|          | PAR Voie Professionnelle (au brgm)                             | 30        | 30   |             |          |                                    |         |             |          |                                    |         |
| OAM06301 | UE Environnement miniers et après mine                         | 3         | 3    | 100         | CT       | rapport                            |         | 100         | CT       | rapport                            |         |
| OAM06302 | UE Valorisation et traitement des matières premières minérales | 3         | 3    | 50/50       | CC       | rapports                           |         | 50/50       | CT       | rapports                           |         |
| OAM06303 | UE Conduite de projet d'exploration (Maroc)                    | 6         | 6    | 65/35       | CT       | 2 rapports                         |         | 65/35       | CT       | 2 rapports                         |         |
| OAM06304 | LGA Ressource modélisation                                     | 3         | 3    | 100         | CT       | rapport                            |         | 100         | CT       | rapport                            |         |
| OAM0635E | STAG Stage1 en entreprise                                      | 15        | 15   | 33/33/33    | CT       | encadrant/rapport/soutenance orale | ././40' | 33/33/33    | CT       | encadrant/rapport/soutenance orale | ././40' |



