

# Syllabus Master et CMI GEOSSEN

## VERSION 2022-23

1ère année - 1er semestre (M1S1)

S	Intitulé UE	ECTS	Contenu/Compétences visées
M1 S1	<b>UE1 : Thermodynamique et mécanique des fluides</b> <i>Intervenant : C. Barnes Resp. : C. Barnes</i>	4	<b>15h CM; 16h TD; 7h TP</b> <b>Objectifs :</b> Les enseignements de thermodynamique et de mécanique des fluides permettent d'acquérir les notions de bases de ces disciplines ainsi que des connaissances sur des applications classiques. <b>Plan de l'EC thermodynamique :</b> 1. Bases de la thermodynamique : gaz parfait, corps purs, calorimétrie. 2. Quelques notions plus avancées : enthalpie, notions de transformation spontanée, d'homogénéisation, de désordre, d'irréversibilité pour aboutir à la notion d'entropie et du second principe. 3. Les applications pratiques : étude des cycles et des machines thermiques (moteurs, réfrigérateurs ou pompes à chaleur, production d'électricité), combustion et applications aux problèmes environnementaux. 4. Application à la machine Terre vue sous l'angle de la thermodynamique <b>Plan de l'EC mécanique des fluides :</b> 1. Bases de la mécanique des fluides : définition d'un fluide, de la particule fluide, forces exercées par et sur les fluides 2. Hydrostatique : relation fondamentale de l'hydrostatique ; tensiométrie (loi de Laplace, loi de Jurin) 3. Hydrodynamique : notion de débit ; relation de Bernoulli (loi de Torricelli, effet Venturi, tube de Pitot) ; Turbulence (nombre de Reynolds, loi de Poiseuille, loi de Darcy) ; Ecoulement en surface libre (formule de Manning-Strickler, formule de Brahms et de Chézy)
M1 S1	<b>CMI. Droit de l'environnement et économie</b> <i>Intervenant : F. Delattre; Arnaud Comiti (Chambre de commerce de la Seine Saint-Denis.)</i>	3	<b>30h CM; 10h TD</b> <b>Droit</b> <b>Objectifs :</b> Ce cours permettra aux futurs professionnels d'acquérir les bases en droit de l'environnement : hiérarchie juridique des normes, principes fondamentaux : principe de prévention, de précaution, de réparation, principe « pollueur-payeur », de participation du public, de concertation, responsabilité environnementale. Le cours abordera six grandes thématiques environnementales qui conditionnent le fonctionnement d'une entreprise publique ou privée. Pour chaque thématique : réglementation en vigueur et actualités législatives. <b>Plan :</b> 1. Les bases en droit de l'environnement 2. Thématique de l'EAU - Entreprise industrielle et gestion des eaux 3. Thématique du BRUIT et des NUISANCES OLFACTIVES - Entreprise industrielle : réglementation

			<p>bruit / odeurs</p> <p>4. Thématique de la BIODIVERSITE</p> <p>5. Thématique de l’AIR et de la POLLUTION ATMOSPHERIQUE - Entreprise industrielle et rejets dans l’air</p> <p>6. Thématique de l’ENERGIE - Réglementation et pratique des économies d’énergie en entreprise.</p> <p><b>Economie</b></p> <p><b>Objectifs :</b></p> <p>L'objectif du cours est d'apporter un éclairage à quelques questions importantes en faisant le lien entre le système de production capitaliste et son impact sur l'environnement : (i) quelles sont les causes des perturbations environnementales (catastrophe naturelle, pollution de l'air, destruction de la couche d'ozone) et peut-on les prévoir ? (ii) la croissance économique est-elle néfaste pour l'environnement ?</p> <p><b>Plan :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Présentation de l'économie et ses mécanismes.</li> <li>2. Économie et environnement: la croissance contre la nature?</li> </ol>
<b>M1 S1</b>	<p><b>UE2 : Préparation à la recherche de stage et aux entretiens</b></p> <p><i>Intervenant : DOIP CYU commun avec le M1 environnement</i></p>	1	<p><b>6h TD; 4h projet</b></p> <p><b>Objectif :</b></p> <p>L’objectif de ce cours est de former les étudiants aux techniques de recherche de stages, de rédaction de CV et de lettres de motivation, et enfin de se préparer aux entretiens de recrutement pour un stage ou un emploi.</p> <p><b>Plan :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifier ses compétences</li> <li>2. Elaborer son CV</li> <li>3. Rédiger une lettre de motivation</li> <li>4. Rechercher son stage et/ou son emploi</li> <li>5. Se préparer à son entretien de recrutement</li> </ol>
<b>M1 S1</b>	<p><b>UE 3 : Géologie des domaines continentaux - partie 1</b></p> <p><i>Intervenant : G. Mohn</i></p>	5,5 (CMI 4)	<p><b>20h CM; 15h TD; 10h TP</b></p> <p><b>Objectifs :</b></p> <p>Apporter une connaissance des grands contextes géologiques et des ressources et réservoirs associés.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Typologie et répartition des socles, typologie et répartition des bassins sédimentaires (incluant les marges continentales), typologie et répartition des chaînes de montagnes actuelles et anciennes.</li> <li>- Caractéristiques spécifiques de chacun des domaines d’un point de vue pétrographique et pétrophysique.</li> <li>- Utilisation des cartes géologiques et tectoniques à différentes échelles (de l’échelle continentale à l’échelle locale).</li> <li>- Extraction de l’information d’une carte par construction de logs, de chartes et de coupes.</li> <li>- Accès aux bases de données pour intégrer les données de sub-surface géologiques ou géophysiques.</li> <li>- Construction de modèles géologiques 3D avec un modeleur.</li> </ul>
<b>M1 S1</b>	<p><b>UE 4 : Mécanique des Milieux Solides</b></p> <p><i>Intervenant : B. Maillot</i></p>	4,5 (CMI 4)	<p><b>12h CM; 12h TD; 8h TP; 15h projet</b></p> <p><b>Objectifs :</b> acquérir les bases générales de la mécanique des milieux continus pour arriver aux portes de la géomécanique, de la sismologie, et de la mécanique des fluides et de la tectonique.</p>

			<p>Cours magistral : Après une revue rapide des concepts fondamentaux de déformation, contrainte et conservations, et des rhéologies élastiques et visqueuse, on dérivera quelques grandes équations générales (Navier, Navier-Stokes, Ondes élastiques). On présentera ensuite quelques critères de plasticité utilisés en géosciences. Ce cours fondamental sera suivi d'une introduction rapide à la méthode des éléments finis pour résoudre numériquement un problème de mécanique.</p> <p>En travaux dirigés : apprendre à poser un problème et à le résoudre analytiquement (écoulement de Poiseuille, rebond post-glaciaire, tests oedométrique et tri-axial,...).</p> <p>En travaux pratiques et sous forme de <b>projet</b> (15 h de travail personnel en plus des cours): programmer et visualiser une solution analytique d'élasticité en 3D en langage matlab (scilab) ou python.</p>
<b>M1 S1</b>	<b>UE 5 : Ondes sismiques et imagerie</b> <i>Intervenant : C. Barnes</i>	2,5 (CMI 3)	<b>6h CM; 6h TD; 8h TP</b> <b>Objectifs :</b> Donner aux étudiants les bases de compréhension des ondes sismiques et des notions afférentes, les familiariser avec les techniques d'imagerie sismique, de caractérisation réservoir (à grande échelle) et de suivi d'exploitation utilisées aujourd'hui autant dans le domaine des ressources énergétiques que dans celui du stockage en milieu poreux (CO2 par exemple). <b>Plan :</b> 1. Historique, éléments de sismologie et d'imagerie 2. La nature des ondes sismiques (surface, volume, puits) 3. La propagation des ondes sismiques en milieux hétérogène, anisotrope, atténuants. 4. La sismiques de surface, les bases du traitement 5. La sismique de puits et de fond marin et leurs applications, 6. Le monitoring sismique. TP à partir de logiciel de simulation numérique de la propagation d'ondes, du calcul des temps de trajet. Cette UE s'appuie sur l'UE 9.
<b>M1 S1</b>	<b>UE 6 : Outils et méthodes pour les géosciences</b> <i>Intervenant : C. Barnes</i>	5 (CMI 4)	<b>12h CM; 16h TD; 12h TP; 20h projet</b> <b>Objectifs :</b> Ce cours a pour objet de faire le lien entre les différentes méthodes mathématiques / numériques / informatiques classiquement utilisées dans le domaine des sciences de la Terre, et permettra aux étudiants de bien les comprendre et de savoir les appliquer. <b>Plan :</b> - Introduction à la théorie de l'information et à la métrologie, probabilités bayésiennes. - Problèmes inverses appliqués aux problèmes de (géo)physique et géologie expérimentale, techniques d'optimisation, d'exploration. - Statistiques descriptive et inférentielle, estimation (dont statistiques spatiales comme le krigeage), simulation, modélisation, tests.

			<p>- Introduction à la simulation numérique (en particulier équations de diffusion et de propagation des ondes).</p> <p>- Traitement du signal (transformée de Fourier, convolution, intercorrélation, échantillonnage, apodisation, filtrage, analyse spectrale, etc).</p> <p>- Introduction à l'intelligence artificielle.</p> <p>Un <b>projet</b> finalisera et permettra en partie l'évaluation de cette UE : Il s'appuiera sur une problématique scientifique existante mais à préciser, il comprendra la mise au point de la méthode adéquate (mathématique), la conception de son implémentation, son développement logiciel (programmation avec parallélisme simple) et la méthode sera appliquée à un jeu de données.</p> <p>Cette UE s'appuie sur l'UE 9.</p>
<b>M1 S1</b>	<p><b>UE 7 : Méthodes avancées en physique des roches</b>  <i>Intervenant :  Resp. : C. David  Intervenant extérieur (IFPEN)</i></p>	3,5 (CMI 3)	<p><b>10h CM; 12h TD; 8h TP</b>  <b>Objectifs :</b>  Familiariser les étudiants avec les méthodes classiques ou plus récentes de caractérisation physique des roches lors des forages (diagraphies) et lors de l'exploitation des réservoirs (monitoring).  <b>Plan :</b>  Ce cours aborde deux aspects en relation avec la physique des roches :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Les outils de la physique des roches utilisés dans les techniques de monitoring des réservoirs et des sites de stockage. Les méthodes sont fondées sur l'analyse des vitesses et atténuations des ondes sismiques dans les roches, sur les effets des fluides et de la fréquence, sur la propagation en milieu anisotrope. Elles permettent l'interprétation quantitative des données de monitoring sismique ou sismique 4D.  Cette UE s'appuiera sur les enseignements de géophysique avancée et d'outils et méthodes pour les géosciences.</li> <li>2. Les diagraphies différées (outils de logging dans un puits) dont l'analyse permet d'accéder aux paramètres physiques des roches dans un forage (par exemple pour aider à la caractérisation des réservoirs ou des couvertures).</li> </ol>
<b>M1 S1</b>	<p><b>UE8 Anglais</b>  <i>Intervenant : PRAG  langues UEA  commun avec le M1  env</i></p>	2 (CMI 3)	<p>8h CM; 10h TD  Anglais au sein de son TD « classique ».</p>
<b>M1 S1</b>	<p><b>UE 9 : Informatique et calcul scientifique</b>  <i>Intervenant : C. Barnes</i></p>	2	<p><b>4h CM; 4h TD; 12h TP</b>  <b>Objectifs :</b>  Ce cours a pour objet de décrire ou rappeler les grandes lignes des évolutions de l'outil informatique puis de ses bases dans le but de bien comprendre le fonctionnement d'un ordinateur. Cette mise à niveau permet d'introduire les étudiants au calcul scientifique et à ses spécificités (performance, parallélisme, HPC, ...).  <b>Plan :</b>  - Histoire de l'informatique, instructions et données, loi de Moore, fonctionnement d'un PC, les systèmes d'exploitation, les périphériques, le stockage, les</p>

			<p>réseaux.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bases du calcul numérique et architectures informatiques dédiées au calcul haute performance (HPC), efficacité et gestion de la mémoire.</li> <li>- Apprentissage du terminal, du shell bash et d'outils informatiques au travers des séances de TD et TP (linux, le scripting, langages compilés, SIMD/MIMD, introduction au calcul parallèle OpenMP/MPI).</li> <li>- Introduction sommaire au génie logicielle.</li> </ul>
<b>M1 S1</b>	<p><b>CMI. Projet intégrateur 1</b></p> <p><i>Supervision par P. Robion.</i></p> <p><i>Encadrement par les EC du GEC en lien avec le sujet, et le cas échéant par les entreprises ou les collectivités territoriales.</i></p>	2	<p><b>10h TD; 25h projet</b></p> <p><b>Objectifs :</b></p> <p>L'objectif du projet est de développer un apprentissage faisant le lien entre les connaissances en géophysique et géologie acquises dans le cadre des enseignements en présentiel et une mise en situation sur le terrain et en laboratoire.</p> <p>L'activité se déroulera par groupe de 3 étudiants au maximum et sera filé sur 3 semestres : M1 S1, M1 S2 et M2 S1. Chaque groupe travaillera sur un chantier de son choix utilisant les outils d'au moins deux des matières suivantes enseignées depuis le début du cursus : géophysique, géologie, SIG, pétrophysique, traitement informatique. Les thématiques abordées seront diverses, l'hydrogéologie, la prospection géophysique, géologie appliquée, archéologie, etc. De même, le choix d'un couple de matières sera guidé par la nécessité de définir une matière majeure et une matière mineure, mais avec pour impératif de confronter le travail sur le terrain à celui du laboratoire ainsi que le couplage entre la géologie et la géophysique.</p> <p>Les sujets proposés auront pour cadre un terrain situé aux alentours de l'université (Val d'Oise, Vexin, Grand Ouest de la région parisienne, bassin de Paris ...). La partie concernant les tâches de laboratoire s'effectuera principalement avec les moyens techniques dont dispose l'équipe pédagogique du GEC (matériel de géophysique, laboratoire) ainsi que l'UFR Sciences et Techniques de l'UCP (par exemple les appareils de microscopie, MEB-Raman, AFM, confocal...).</p> <p>Dans ce module, l'apprentissage de la gestion de projet sera privilégié. Notamment le groupe proposera un calendrier permettant d'identifier les tâches prévues et leur réalisation dans le temps. Les étudiants auront pour objectifs de développer leur autonomie autour d'un projet nécessitant d'apporter des solutions scientifiques, technique et logistique. Un enseignant référent suivra le déroulement du projet. La possibilité de proposer un projet en lien avec les entreprises ou les collectivités territoriales sera encouragée.</p> <p><i>L'évaluation sur l'organisation établie par le groupe pour réaliser le projet. Chaque semestre se terminera par un rapport d'avancement et une présentation orale. L'évaluation portera sur la capacité d'organisation du</i></p>

			groupe, la réalisation des objectifs fixés et la progression dans les solutions apportées.
<b>M1 S1</b>	<b>CMI Enseignements d'ouverture Sociétale, économique et culturelle</b>	3	<b>Plusieurs modules en management (18h TD), risques psychosociaux (6h TD), éthique et technologies (15h TD), éthique de la recherche (4,5h TD), Design management (6h TD), Business model (6h TD; 4,5h TPE)</b>
<b>M1 S1</b>	<b>CMI Anglais pour la recherche</b>	3	<b>18h TD.</b>

**1ère année - 2ème semestre (M1S2)**

S	Intitulé UE	ECT S	Contenu/Compétences visées
M1 S2	<b>UE 1 : Hydrogéologie et pollution des milieux naturels</b> <i>Intervenant :</i> <i>Resp. : C. David</i> <i>commun avec le M1 environnement</i>	5	<b>25h CM; 16h TD; 9h TP</b> <b>Objectifs :</b> Ce cours aborde différents aspects liés aux ressources en eaux dans le sous-sol et à la pollution de ces ressources. Les principes de base de l'hydrogéologie seront développés, ainsi que les méthodes permettant de caractériser l'écoulement souterrain. On s'intéressera également aux méthodes d'exploitation des ressources en eaux souterraines (pompage). L'impact environnemental des pollutions affectant les sols et les aquifères sera étudié, ainsi que les mécanismes de dispersion de polluants dans les milieux naturels. Enfin les techniques de dépollution des aquifères seront présentées. <b>Plan :</b> 1. Le cycle de l'eau, impact sur les eaux souterraines 2. Propriétés physiques des milieux poreux naturels 3. Structures hydrogéologiques : les aquifères 4. Ecoulement souterrain dans les aquifères 5. Exploitation des ressources en eau : pompage 6. Pollution des systèmes hydrogéologiques 7. Dispersion des polluants dans les milieux naturels 8. Méthode de dépollution des aquifères TP en salle (perméabilité, simulation de pollution de nappe phréatique), simulations hydrogéologiques sur ordinateur avec le logiciel Visual Modflow.
M1 S2	<b>UE 2 : Géophysique (de subsurface)</b> <i>Intervenant : P. Robion</i>	3	<b>14h CM; 7h TD; 9h TP</b> <b>Objectifs :</b> Ce cours présente les différentes méthodes géophysiques appliquées en environnement et destinées à caractériser le sous-sol à partir de mesures en surface. Le champ d'applications est vaste : caractérisation des ressources du sous-sol, détection de zones polluées, évaluation des risques. <b>Plan :</b> 1. Principes généraux des méthodes géophysiques 2. Méthodes gravimétriques 3. Méthodes sismiques 4. Méthodes électriques et électromagnétiques TP (sismique, électrique) sur le terrain : caractérisation de la structure d'un terrain en bordure de l'Oise.
M1 S2	<b>UE 3 : Risques naturels et Systèmes d'information géographique</b> <i>Intervenant :</i> <i>département</i> <i>Géographie Karl Hoarau</i> <i>et F. Touyaa</i> <i>commun avec le M1 environnement.</i>	4	<b>Divisé en deux parties :</b>  <b>EC1 : Risques naturels (K. Hoarau) (1,5 ECTS CMI : 2)</b> <b>10h CM; 4h TD</b> <b>Objectifs :</b> Introduire la notion de risques naturels en passant en revue les différents types de risques : géophysiques et climatiques. <b>Plan :</b> 1. Notion de risque

			<p>2. Risque sismique 3. Risque volcanique 4. Mouvements de terrain 5. Risques climatiques : cyclones, inondations.</p> <p><b>EC 2 : SIG et carto. des risques (F. Touyaa) (2,5 ECTS CMI : 2)</b> <b>10h CM; 10h TP; 12h projet</b> <b>Objectifs :</b> Offrir aux étudiants, une première approche des systèmes d'information géographiques (SIG). Le SIG devient un outil banal d'aide à la décision, la gestion, la prévention, la gestion de crise, l'analyse de retour d'expérience. Parmi les nombreux domaines d'utilisation des SIG, l'environnement et les risques sont une des composantes principales.</p> <p><b>Plan :</b> 1. Définitions des SIG 2. Modélisation des données 3. Les composantes des SIG 4. Quelques applications des SIG en environnement et en risques 5. Bibliographie et liens utiles</p> <p>Un film d'une quinzaine de minutes (en anglais) présente la « révolution géospatiale ». Le TP s'appuie sur le logiciel ArcGis (ESRI) – Manipulation de données géographiques sur l'agglomération de Cergy-Pontoise.</p> <p><b>Des projets courts de mise en place de bases de données cartographiques seront proposés aux étudiants.</b></p>
<b>M1 S2</b>	<p><b>UE 4 : Géologie des domaines continentaux - partie 2</b> <i>Intervenant : G. Mohn</i></p>	5	<p><b>Durée : 10 jours sur le terrain (voyage en sus) + 15 heures de préparation.</b> <b>Objectifs :</b> Le stage fera l'objet de cours préliminaires en salle permettant d'enseigner les démarches nécessaires à la préparation des travaux de terrain. Il sera divisé en deux grandes parties. La première partie consistera en une excursion à travers la chaîne Alpine permettant la mise en perspective de notions vues en cours (e.g. Géologie des domaines continentaux 1 et architecture micro et macro des réservoirs). La deuxième partie visera à donner aux étudiants les notions essentielles en géologie de terrain. Il sera enseigné aux étudiants les méthodes de cartographie et l'acquisition de diverses données de terrain (e.g. description de lithologies). L'accent sera mis sur l'apport des nouvelles technologies (e.g. tablette) pour ces travaux.</p>
<b>M1 S2</b>	<p><b>UE 5 : Architecture micro-macro des réservoirs</b> <i>Intervenant : J-B. Regnet, Sylvie Bourquin, Alexandrine Gesret</i> <i>Resp. : Philippe Robion</i></p>	5	<p><b>15h CM; 30h TD</b> <b>Objectifs :</b> Présenter comment les fluides peuvent circuler dans les réservoirs (silicoclastic, carbonaté, socle...) à différentes échelles en relation avec les processus sédimentaires et tectoniques. Le contexte géologique sera celui des bassins. Le premier objectif de ce cours sera de familiariser l'appréhension de la porosité et de sa distribution à l'échelle de la matrice rocheuse. On abordera</p>

			<p>notamment la caractérisation de l'espace poreux à l'aide de différentes approches comme: la pétrographie, les mesures pétrophysiques, la diagraphie, l'imagerie et l'analyse en haute résolution (MEB, <math>\mu</math>tomographie, BET ...).</p> <p>Le deuxième objectif sera d'aborder l'impact des processus géologiques (ou artificiel) sur l'évolution des propriétés réservoir (porosité, perméabilité, capillarité). On abordera l'influence du milieu de dépôt et les textures associées; l'évolution diagenétique du système associée à la genèse et la destruction de la porosité; le développement de la fracturation et de l'endommagement à travers les phénomènes de compaction sédimentaire et tectonique; enfin les phénomènes artificiels de colmatage liée à l'exploitation des réservoirs.</p> <p>On s'appuiera sur la présentation d'un analogue de terrain faisant le lien entre les aspects macrostructuraux et microstructuraux abordés dans le cours. Ce module s'appuiera le cours de Méthodes Avancées en Physique de Roches.</p>
<b>M1</b> <b>S2</b>	<b>UE 6 : Anglais</b> <i>Intervenant : PRAG</i> <i>langues UEA</i>	2	8hCM; 10h TD Anglais au sein de son TD « classique ».
<b>M1</b> <b>S2</b>	<b>UE 7 : Stage en entreprise, collectivité ou laboratoire</b>  <i>Supervision par responsable M1 (C. Barnes)</i>	6	<b>Deux mois</b> <b>Objectifs :</b> Le stage a pour principal objectif de mettre l'étudiant en situation professionnelle en entreprise, dans une collectivité ou dans une association. Le stage peut aussi être effectué dans un laboratoire de recherche universitaire pour ceux que la recherche intéresse. Le stage peut commencer dès la fin du second semestre, pour une durée minimale de deux mois. Le stage peut être prolongé au-delà de la durée réglementaire en accord avec l'organisme d'accueil. La mission du stage est donnée par l'organisme d'accueil : elle doit être compatible avec la durée proposée pour le stage, et doit être en adéquation avec le cursus de Master 1 STPE. La soutenance de stage devant le jury a lieu à l'issue des deux mois, même si le stage a une durée plus longue.
<b>M1</b> <b>S2</b>	<b>CMI. Projet intégrateur 2</b>  <i>Supervision par Philippe Robion.</i> <i>Encadrement par les EC du GEC en lien avec le sujet, et le cas échéant par les entreprises ou les collectivités territoriales.</i>	1	<b>10h TD; 25h projet</b> <b>Objectifs :</b> L'objectif du projet est de développer un apprentissage faisant le lien entre les connaissances en géophysique et géologie acquises dans le cadre des enseignements en présentiel et une mise en situation sur le terrain et en laboratoire.  L'activité se déroulera par groupe de 3 étudiants au maximum et sera filé sur 3 semestres : M1 S1, M1 S2 et M2 S1. Chaque groupe travaillera sur un chantier de son choix utilisant les outils d'au moins deux des matières suivantes enseignées depuis le début du cursus : géophysique, géologie, SIG, pétrophysique, traitement informatique. Les thématiques abordées seront diverses, l'hydrogéologie, la prospection

			<p>géophysique, géologie appliquée, archéologie, etc. De même, le choix d'un couple de matières sera guidé par la nécessité de définir une matière majeure et une matière mineure, mais avec pour impératif de confronter le travail sur le terrain à celui du laboratoire ainsi que le couplage entre la géologie et la géophysique.</p> <p>Les sujets proposés auront pour cadre un terrain situé aux alentours de l'université (Val d'Oise, Vexin, Grand Ouest de la région parisienne, bassin de Paris ...). La partie concernant les tâches de laboratoire s'effectuera principalement avec les moyens techniques dont dispose l'équipe pédagogique du GEC (matériel de géophysique, laboratoire) ainsi que l'UFR Sciences et Techniques de l'UCP (par exemple les appareils de microscopie, MEB-Raman, AFM, confocal...).</p> <p>Dans ce module, l'apprentissage de la gestion de projet sera privilégié. Notamment le groupe proposera un calendrier permettant d'identifier les tâches prévues et leur réalisation dans le temps. Les étudiants auront pour objectifs de développer leur autonomie autour d'un projet nécessitant d'apporter des solutions scientifiques, technique et logistique. Un enseignant référent suivra le déroulement du projet. La possibilité de proposer un projet en lien avec les entreprises ou les collectivités territoriales sera encouragée.</p> <p><i>L'évaluation sur l'organisation établie par le groupe pour réaliser le projet. Chaque semestre se terminera par un rapport d'avancement et une présentation orale. L'évaluation portera sur la capacité d'organisation du groupe, la réalisation des objectifs fixés et la progression dans les solutions apportées.</i></p>
M1 S2	<b>CMI. Ouverture sociale, économique et culturelle</b>	6	<p><b>Anglais 18h TD; 36h TPE</b>  <b>Animation de réunion: 18h TD; 18h TPE</b>  <b>Macro-économie : 15h TD; 15h TPE</b>  <b>Marketing pour les ingénieurs : 12h TD; 12h TPE</b>  <b>Conception et management de l'innovation : 12h TD; 12h TPE</b>  <b>Responsabilité sociale des entreprises : 6h CM; 3h TPE</b></p>
M1 S2	<b>CMI. Techniques de dessin</b> <i>Intervenant : à fixer</i>	1	<p><b>5h TD; 10h projet</b>  <b>Entraînement au dessin interprétatif de paysages et d'affleurements à partir de photos.</b>  <b>Alternative : Introduction au dessin 3D pour impression 3D.</b></p>

**2ème année - 1er semestre (M2S1)**

<b>S</b>	<b>Intitulé UE</b>	<b>ECT S</b>	<b>Contenu/Compétences visées</b>
<b>M2 S1</b>	<p><b>UE 1 : Géothermie</b>  <i>Intervenant : 25 % département GEC + 75% extérieur (30% KIT, Karlsruhe, Allemagne : Emmanuel Gaucher, industriels Stratégéo Conseils, Engie Solutions, ÉS Géothermie)</i>  <i>Resp. : B. Ledésert.</i></p>	5 (CMI 5,5)	<p><b>30h CM; 30h TD; 10h TP</b>  <b>Objectif :</b>                      Préparer les étudiants au secteur industriel de la géothermie qui devrait se développer dans les décennies prochaines.  <b>Plan :</b>                      1. Introduction : les différents types de géothermie et leurs applications, focus sur la géothermie profonde dans le graben rhénan (B.Ledésert)                      2. la géothermie très basse énergie (J-L. Lacroix, Stratégéo Conseils et Marie Fiot, Celsius Energies) et basse énergie (D. Aymard, Engie Solutions)                      3. Modélisation des réservoirs géothermiques profonds (E. Gaucher)                      4. En lien avec RSE : - Développement durable et géothermie, Acceptation par la population (A. Pasche, voir UE 10)                      5. Visites de sites (Dogger, EGS)</p>
<b>M2 S1</b>	<p><b>UE 2 : Géomécanique</b>  <i>Intervenant : département GEC + intervenant extérieur</i>  <i>Resp. : C. David</i></p>	2 (CMI 2,5)	<p><b>12h CM; 9h TD; 4h TP</b>  <b>Objectifs :</b>                      Ce cours de mécanique des roches est appliqué aux réservoirs et aux sites de stockage.  <b>Plan:</b>                      - concept de base en mécanique des roches (résistance mécanique, compaction, endommagement, transition fragile - ductile)                      - techniques expérimentales en géomécanique                      - rôle des fluides dans le comportement mécanique des roches                      - impact géomécanique de la production d'un réservoir                      - impact géomécanique de la substitution de fluides (production d'un réservoir, injection de CO<sub>2</sub>)                      - fracturation hydraulique                      - stabilité mécanique des sites de stockage.</p>
<b>M2 S1</b>	<p><b>UE 3 : Tectono-Mécanique</b>  <i>Intervenant : département GEC+ extérieurs</i>  <i>Resp. : P. Souloumiac</i></p>	3 (CMI 3,5)	<p><b>12h CM; 10h TD; 8h TP</b>  <b>Objectifs :</b>                      prérequis : module de mécanique des milieux solides (M1) et module de géologie.                      Ce cours porte sur la tectonique des bassins sédimentaires ainsi que sur la stabilité des pentes, cavités et galeries. Des applications sur des cas réels seront étudiées avec l'utilisation de logiciels dédiés.  <b>Plan :</b>                      - Analyse limite                      - Hétérogénéités fondamentales et tectoniques (érosion, sédimentation, lithostratigraphie, endommagement, héritage tectonique).                      - Théorie d'Anderson et théorie du prisme critique de Coulomb.                      - Corrélation stabilité des structures géologiques et sismicité.</p>
<b>M2</b>	<b>UE 4 : Interactions</b>	2	<b>15h CM; 5h TD</b>

<b>S1</b>	<b>fluides roches</b> <i>Intervenant : 100 % extérieur (Mines ParisTech: Dr. Jérôme Corvisier)</i> <i>Resp. : P. Souloumiac</i>		<b>Objectifs :</b> Initier et sensibiliser les étudiants aux techniques de modélisation de la géochimie et du transport-réactif. Il s'agit de combiner, à la fois des parties théoriques de chimie et de mécanique des fluides, et la pratique de logiciels de simulation (Chess & Hytec, développés à MINES ParisTech) sur des exemples didactiques, mais aussi réalistes liés à l'industrie minière, aux stockages géologiques (CO <sub>2</sub> , déchets nucléaires) ou à la durabilité des géo-matériaux.
<b>M2 S1</b>	<b>UE 5 : Etude de cas en géologie</b> <i>Intervenant : département GEC</i> <i>Resp. : P. Robion et JB Regnet.</i>	5	<b>Durée : 7 jours sur le terrain (voyage en sus) + 25 heures de préparation et de travail post-terrain.</b> <b>Objectifs :</b> Stage de terrain en domaine plissé (Corbières, chaînes Ibériques) se déroulant en 3 temps. - <b>Préparation :</b> L'étudiant devra utiliser tous les documents existants (cartes, données géophysiques, littérature scientifique, base de données) pour préparer le terrain. Il devra notamment construire un log et une charte stratigraphique de la région, géo référencer les cartes géologiques utiles pour les incorporer aux logiciels adéquats qui seront utilisés sur le terrain. Avant de partir sur le terrain l'étudiant aura élaboré un plan de travail jour par jour. - <b>Travail de terrain :</b> reconnaissance des faciès, prise d'échantillons, mesures structurales selon des trajectoires prédéfinies. - <b>Travail post-terrain :</b> mise en commun des informations récoltées par les différentes équipes pour construire un modèle géologique commun.
<b>M2 S1</b>	<b>UE 6 : Géostockage des fluides</b> <i>Intervenant extérieur de la compagnie Géostock (Philippe Vaskou)</i> <i>Resp. : P. Robion.</i>	3,5 (CMI 4)	<b>Objectifs :</b> Ce cours présentera les méthodes de stockage souterrain ainsi que les ressources stockées. <b>Plan :</b> 1. Les divers hydrocarbures et leurs caractéristiques physico-chimiques 2. Les différents types de stockage souterrain: - aquifères et champs déplétés - structure salifère (diapir ou couche saline) - cavités minées non revêtues (stockage en roche dure) - cavités minées revêtues (stockage cryogénique) 3. Focus sur la conception et la réalisation des stockages en cavités minées non revêtues - sélection de sites - reconnaissance et validation de sites (forages, géophysique, essais en laboratoire, mesures des contraintes, classifications du massif rocheux, etc.) - design géotechnique des cavernes - design hydrogéologique des cavernes (confinement hydrodynamique) - construction et suivis (structural, hydrogéologique, mécanique des roches) 4. Conclusions - apports de la géologie structurale à la connaissance des sites - le problème des méga wedges

<b>M2 S1</b>	<b>UE 7 : Géostockage de déchets solides</b> <i>Intervenant :</i> <i>département GEC + 50% extérieur</i> <i>Resp. : R. Hébert</i>	1,5 (CMI 2)	<b>7h CM; 10h TD</b> <b>Objectif :</b> Ce cours permet d'introduire la problématique du stockage souterrain des déchets solides à travers le cas particulier des déchets radioactifs. On abordera les caractéristiques de ces déchets, les principes de leur gestion/stockage en particulier à long terme. <b>Plan :</b> 1. Définitions, classifications, organismes. 2. Rappel de physique nucléaire, caractéristiques des différents rayonnements et des éléments radioactifs. 4. Les producteurs de déchets radioactifs. 5. L'entreposage de surface et le stockage en couche géologique des déchets radioactifs. 6. Les risques associés au nucléaire (INES, typologie, action sur l'homme et l'environnement, doses, modèles). <b>Visite de sites :</b> Visite de sites industriels de stockage de déchets et/ou de laboratoires souterrains.
<b>M2 S1</b>	<b>UE 8 : Gestion des risques industriels liés au sous-sol</b> <i>Intervenant : Jean Berra, TOTAL PA</i> <i>Resp. : J-B. Regnet</i>	2	<b>15h CM; 10h TD</b> <b>Objectif :</b> Comprendre l'importance des risques liés à l'exploitation du sous-sol (risques liés aux fluides, aux surpressions, à la tenue mécanique des ouvrages profonds et non pas les risques industriels de surface), connaître les grandes lignes de l'évaluation et de la gestion de ces risques. <b>Plan :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etude de cas (risques associés aux forages, aux sites de stockage souterrains, à l'exploitation des ressources terrestre/offshore)</li> <li>- Description et caractérisation des risques,</li> <li>- Evaluation et gestion de ces risques.</li> </ul>
<b>M2 S1</b>	<b>UE 9 : Systèmes pétroliers et thermicité des bassins</b> <i>Intervenant : Pr. Sveva Corrado (Univ. Roma Tre, Italie)</i> <i>Resp. : Rémi Leprêtre</i>	2	<b>15h CM; 10h TD</b> <b>Objectifs :</b> L'objectif principal est de comprendre les méthodes d'études de bassin du point de vue théorique et pratique. Ces méthodes ont en effet des applications fondamentales mais également appliquées dans tout ce qui concerne l'exploration, qu'il s'agisse du domaine minier, du domaine des hydrocarbures ou encore de la géothermie. <b>Plan:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprendre l'intérêt des études de bassin, l'amplitude des ressources associées, une classification des bassins, leurs caractéristiques principales</li> <li>- Comprendre le remplissage et la thermicité dans les bassins (1) : enfouissement et calcul de subsidence (concepts &amp; mise en application TD)</li> <li>- Comprendre les approches géophysiques, géochimiques pour appréhender les paramètres de pression, température, compositions de fluides dans l'évolution des bassins, en se basant sur (1) les outils basés sur l'étude de la matière organique et (2) les outils inorganiques. Une attention particulière sera portée sur leur utilisation dans la construction de modèles de bassin et de modélisation thermique.</li> <li>- Comprendre les couplages réservoir / couverture dans le cas particulier des systèmes à hydrocarbures, avec</li> </ul>

			<p>les phénomènes de migration, différents types de pièges... Comprendre un cas d'étude particulier avec les différentes méthodes</p> <p>- Des études de cas scientifiques, de la bibliographie spécifique seront étudiées par les étudiants dans le cadre de productions orales</p>
<b>M2 S1</b>	<p><b>CMI. Projet Intégrateur 3</b> Intervenant : département GEC</p> <p>Supervision par responsable CMI niveau M2 (B. Maillot) Encadrement par les EC du GEC en lien avec le sujet, et le cas échéant par les entreprises ou les collectivités territoriales.</p>	5	<p><b>10h TD; 100h projet</b> <b>Objectifs :</b></p> <p>L'objectif du projet est de développer un apprentissage faisant le lien entre les connaissances en géophysique et géologie acquises dans le cadre des enseignements en présentiel et une mise en situation sur le terrain et en laboratoire.</p> <p>L'activité se déroulera par groupe de 3 étudiants au maximum et sera filé sur 3 semestres : M1 S1, M1 S2 et M2 S1. Chaque groupe travaillera sur un chantier de son choix utilisant les outils d'au moins deux des matières suivantes enseignées depuis le début du cursus : géophysique, géologie, SIG, pétrophysique, traitement informatique. Les thématiques abordées seront diverses, l'hydrogéologie, la prospection géophysique, géologie appliquée, archéologie, etc. De même, le choix d'un couple de matières sera guidé par la nécessité de définir une matière majeure et une matière mineure, mais avec pour impératif de confronter le travail sur le terrain à celui du laboratoire ainsi que le couplage entre la géologie et la géophysique.</p> <p>Les sujets proposés auront pour cadre un terrain situé aux alentours de l'université (Val d'Oise, Vexin, Grand Ouest de la région parisienne, bassin de Paris ...). La partie concernant les tâches de laboratoire s'effectuera principalement avec les moyens techniques dont dispose l'équipe pédagogique du GEC (matériel de géophysique, laboratoire) ainsi que l'UFR Sciences et Techniques de l'UCP (par exemple les appareils de microscopie, MEB-Raman, AFM, confocal...).</p> <p>Dans ce module, l'apprentissage de la gestion de projet sera privilégié. Notamment le groupe proposera un calendrier permettant d'identifier les tâches prévues et leur réalisation dans le temps. Les étudiants auront pour objectifs de développer leur autonomie autour d'un projet nécessitant d'apporter des solutions scientifiques, technique et logistique. Un enseignant référent suivra le déroulement du projet. La possibilité de proposer un projet en lien avec les entreprises ou les collectivités territoriales sera encouragée.</p> <p><i>L'évaluation sur l'organisation établie par le groupe pour réaliser le projet. Chaque semestre se terminera par un rapport d'avancement et une présentation orale. L'évaluation portera sur la capacité d'organisation du groupe, la réalisation des objectifs</i></p>

			fixés et la progression dans les solutions apportées.
<b>M2 S1</b>	<b>UE 11 : Anglais</b> <i>Intervenant : PRAG</i> <i>langues UEA</i>	2	<b>8h CM; 12h TD</b> Anglais au sein de son TD « classique ».
<b>M2 S1</b>	<b>UE 10 : Analyse sociologique et communicationnelle : géothermie et autres enjeux énergétiques</b> <i>Intervenant : départements Géographie et GEC (PAST)</i> <i>Resp. : B. Ledésert</i>	2 (CMI 2,5)	<b>15h CM; 5h TD</b> <b>Objectifs :</b> Mieux comprendre la perception des différentes énergies à travers l'analyse des discours médiatiques pour pouvoir imaginer des réponses en termes de communication. <b>Plan :</b> - initiation à la communication (responsable) - analyse des perceptions des différentes énergies faisant débat : nucléaire, énergies fossiles non-conventionnelles, éolien, géothermie... Et élaboration de réponses de communication à apporter.
<b>M2 S1</b>	<b>CMI. Séminaires</b> <i>Resp. P. Souloumiac</i>	1,5	<b>10h CM; 10h TD</b> <b>Objectifs :</b> Culture scientifique et technique de communication orale. Séminaires du laboratoire, et cours spécifiques par les chercheurs visiteurs au laboratoire. Validation : présence et rapport écrit
<b>M2 S1</b>	<b>CMI. Pollution/dépollution</b> <i>Intervenant : département GEC</i> <i>Resp. B. Ledésert</i> <i>(mutualisé avec les M2 environnement)</i>	1,5	<b>10h CM; 18h TD</b> <b>Objectif :</b> Prévenir la pollution (règlement européen REACH). Identifier et caractériser les mécanismes régissant le devenir des polluants dans les sols et eaux souterraines et permettant de dépolluer les sites. Connaître la réglementation en matière de gestion des sites pollués. <b>Plan :</b> - Présentation de la réglementation européenne REACH et de son impact sur la diminution des pollutions. - Devenir des contaminants dans les sols et les eaux souterraines : structure et texture des sols, facteurs favorisant les interactions contaminant/solide et l'immobilisation de la pollution, transfert des contaminants dans l'eau du sol et la nappe. Plusieurs types de contaminants sont étudiés (métaux toxiques, nitrates, pesticides,...). - Techniques de dépollution des sites (sols et nappes d'eau souterraines) - Réglementation en matière de gestion des sites pollués.

## 2ème année - 2ème semestre (M2S2)

S	Intitulé UE	ECT S	Contenu/Compétences visées
<b>M2 S2</b>	<b>stage long</b> <i>Supervision par</i>	30	Stage de 6 mois en entreprise ou en laboratoire industriel ou universitaire. Le stage sera restitué sous

	<i>responsable niveau M2 (B. Maillot)</i>		la forme d'un rapport et d'une soutenance orale.
--	---	--	--