

Industrie Minérale & Territoires

Chaire Recherche et Formation



Programme des enseignements

du cycle de Mastère Spécialisé MIRIS

Mineral Resources Industry & Society Industrie des Ressources Minérales & Société

PROGRAMME DETAILLE DU MASTERE SPECIALISE MIRIS

Mineral Resources Industry & Society

TRONC COMMUN – 25 ECTS

	Programme du tronc commun	Durée	Volumes horaires	ECTS
MIRIS TC1	Accueil et enseignements d'homogénéisation	2 semaines	60 heures	0
MIRIS TC2	Stage de terrain en géologie, mines et environnement	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC3	Echantillonnage	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC4	Introduction aux différentes étapes du processus minier	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC5	Évaluation économique des projets miniers	2 semaines	60 heures	5
MIRIS TC6	Introduction aux enjeux environnementaux des projets miniers et au recyclage des métaux	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC7	Etude d'impact environnementale et sociale et plan de gestion des projets miniers	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC8	Gouvernance et conflits, enclaves minières et enjeux politiques, controverses et relations avec les communautés	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC9	Principes et contrôle des risques humains et contrôle technique de la sécurité dans le secteur minier	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC10	Risques et simulation de situation de crise	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC11	Atelier sur les enjeux environnementaux et sociaux d'un projet minier	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC12	Géopolitique des ressources minérales	1 semaine	30 heures	2
	TOTAL tronc commun	14 semaines	420 heures	25

DESCRIPTIFS DES MODULES DU TRONC COMMUN

Module MIRIS TC1	Durée	Volumes horaires	ECTS
Accueil et enseignements d'homogénéisation	2 semaines	60 heures	0

Objectif : Maîtrise des outils de base de la géologie et de la bureautique

Contenu : Enseignements d'homogénéisation dans les domaines suivants :

- Révisions des bases de la géologie (minéralogie, pétrographie, projection stéréographique et analyse structurale) en prévision du stage de terrain
- Maîtrise des outils de base de la bureautique (Word, Excel, Power Point) pour la préparation des travaux scientifiques et de la rédaction de rapport à venir
- Accès aux ressources documentaires : familiarisation avec les outils de recherche bibliographique de l'Ecole des Mines

Module MIRIS TC2	Durée	Volume horaire	ECTS
Stage de terrain en géologie, mines et environnement	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Etablir un lien entre géologie, industrie minière et environnement

Contenu : Ce stage de terrain a pour but :

- D'étudier les principales notions géologiques fondamentales (minéralogie, classification des roches, stratigraphie, tectonique) par la cartographie géologique
- D'aborder quelques thèmes de Géologie de l'Ingénieur (caractérisation et comportement mécanique des sols et des massifs rocheux, instabilité de versant...)
- D'introduire les enjeux liés à l'exploitation de ressources minérales avec la visite de la carrière de talc de Luzenac
- D'introduire la problématique du réaménagement des sites miniers par la visite du bureau d'étude MICA Environnement et des anciennes exploitations à ciel ouvert de charbon de Graissessac

Module MIRIS TC3	Durée	Volume horaire	ECTS
Echantillonnage : méthodologie et bonnes pratiques	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Acquérir les concepts de base et les bonnes pratiques de l'échantillonnage

Contenu : Ce module traite des notions suivantes :

- Introduction à la théorie de l'échantillonnage de P. Gy
- Conception de protocoles d'échantillonnage et de procédures efficaces (QA Quality Assurance et QC Quality Control) avec précision et justesse
- Particularités de la mesure et de l'échantillonnage : sur le site de forage, au laboratoire, en mine et dans l'usine.

Module MIRIS TC4	Durée	Volume horaire	ECTS
Introduction aux différentes étapes du processus minier	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Donner une vision globale des différentes étapes du processus minier et des principales méthodes et techniques mises en œuvre

Contenu : Ce module traite des aspects suivants :

- Connaissance du marché des ressources minérales et des principales compagnies minières
- Principales méthodes d'exploration et de modélisation de gisement
- Principales méthodes d'exploitation à ciel ouvert et en souterrain
- Principales méthodes de traitement de minerai

Module MIRIS TC5	Durée	Volumes horaires	ECTS
Evaluation économique des projets miniers	2 semaines	60 heures	5

Objectif : Acquérir les connaissances de base pour réaliser une évaluation économique complète d'un projet minier

Contenu : Ce module traite des aspects suivants :

- Caractéristiques principales de l'investissement minier, des coûts opératoires et des recettes
- Techniques de calcul des flux de trésorerie
- Calcul les indicateurs économiques d'un projet minier (VAN, DR, TRI)
- Impact des impôts et du financement sur l'économie d'un projet minier
- Paramètres principaux d'un projet minier : rythme de production et teneur de coupure
- Réalisation d'une évaluation économique complète d'un projet minier sur des études de cas

Module MIRIS TC6	Durée	Volume horaire	ECTS
Introduction aux enjeux environnementaux des projets miniers	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Présenter les enjeux environnementaux et sociaux de l'activité minière

Contenu : Ce module traite des aspects suivants :

- Principaux impacts environnementaux et sociaux de l'activité minière
- Gestion de l'environnement dans le cycle de la vie de la mine avec des exemples de bonnes et mauvaises pratiques opérationnelles
- Introduction au modèle géoenvironnemental avec travaux dirigés.
- Introduction au recyclage des métaux sur les aspects techniques et économiques

Module MIRIS TC7	Durée	Volume horaire	ECTS
Etude d'impact environnementale et sociale et plan de gestion des projets miniers	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Définir les enjeux et donner des méthodologies pour l'évaluation environnementale et sociale dans le cycle du projet minier

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Phase d'évaluation préliminaire et étude de dépistage
- Phase de cadrage des risques du projet et étude de cadrage
- Description technique du projet et étude de référence
- Etude d'évaluation d'impact environnemental et social (EIES)
- Construction d'un plan de gestion environnementale et sociale
- Réinstallation des populations
- Plan de fermeture de la mine.

Module MIRIS TC8	Durée	Volume horaire	ECTS
Introduction au recyclage et relations entre les mines et l'environnement physique et humain	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Présenter les principaux enjeux du recyclage et comment aborder les relations entre les mines et leur environnement

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Introduction aux enjeux du recyclage des métaux et aux principaux processus de recyclage, étudier les principales opportunités pour le futur.
- Présentation du concept de système multi-agents et de la cartographie des acteurs sur un exemple de projet minier
- Comment aborder les relations entre les mines et les communautés et gérer les déplacements de populations.

Module MIRIS TC9	Durée	Volume horaire	ECTS
Principes et contrôle des risques humains et contrôle technique de la sécurité dans le secteur minier	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Familiariser les étudiants avec les enjeux humains et de sécurité dans l'industrie minière

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Principes et méthodologies de contrôle et de gestion des risques sociaux et humains dans l'industrie extractive
- Mise en œuvre du contrôle technique de sécurité et aspects normatifs dans l'industrie extractive.

Module MIRIS TC10	Durée	Volume horaire	ECTS
Risques et simulation de situation de crise	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Préparer les étudiants à anticiper et gérer des situations de crise

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Principes, méthodologies de contrôle et réglementation de la gestion des risques
- Analyse de risque sur des grandes catastrophes
- Mise en situation face à un évènement catastrophique et analyse du comportement des différents groupes concernés (entreprise, communauté, état ...) à travers un jeu de rôle
- Définir un exercice d'entraînement à la situation de crise

Module MIRIS TC11	Durée	Volume horaire	ECTS
Atelier sur les enjeux environnementaux et sociaux d'un projet minier	1 semaine	30 heures	2

Objectif : définir les enjeux et donner des méthodologies pour une gestion environnementale et sociale d'une activité minière

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Rappels sur les principaux enjeux environnementaux et sociétaux des projets miniers
- Impacts et développements locaux
- Droits des peuples autochtones
- Relations communautaires et acceptation sociale
- Analyse des différentes actions compensatoires
- Etude des processus de concertation et d'accompagnement des relations avec les parties prenantes
- Guide de bonnes pratiques pour favoriser des projets socialement acceptables
- Travail en groupe de simulation de débat public répliquant une situation possible d'un projet minier dans le monde réel : assimilation des rôles des acteurs d'un projet minier (compagnie minière, gouvernement central, gouvernement local, société civile) ; rédaction d'une fiche de position et d'un cahier d'acteur, mise en situation dans le rôle des acteurs du projet et séances de dialogue entre parties prenantes.

Module MIRIS TC12	Durée	Volume horaire	ECTS
Géopolitique des ressources minérales	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Introduction à la géopolitique des ressources minérales dans le cadre de la transition énergétique

Contenu : Ce module aborde les notions suivantes :

- Frontières extractives
- Différents types de conflits
- Rôle des politiques publiques
- Défis pour le 21^{ème} siècle et l'anthropocène des ressources

**OPTION 1 : Opérations minières à ciel ouvert et en souterrain –
Aspects techniques, économiques et risques (20 ECTS)**

	Programme option 1	Durée	Volume horaire	ECTS
MIRIS TC1	Géomécanique, et gestion de l'eau	4 semaines	120 heures	6
MIRIS TC2	Abattage et fragmentation des roches à l'explosif	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC3	Atelier de développement d'un projet minier de l'exploration à l'exploitation	5 semaines	150 heures	7
MIRIS TC4	Equipements et dimensionnement de flotte dans les opérations minières, dispatch et automatisation	2 semaines	60 heures	2
MIRIS TC5	Bilans miniers et réconciliation minière	1 semaine	30 heures	2
MIRIS TC6	Visites techniques : carrières, mines, et fabricants d'équipements miniers	2 semaines	60 heures	1
	TOTAL option 1	15 semaines	450 heures	20

DESCRIPTIFS DES MODULES DE L'OPTION 1

Module MIRIS TC1	Durée	Volume horaire	ECTS
Géomécanique et gestion de l'eau	4 semaines	120 heures	6

Objectif : Aborder les concepts et méthodes d'évaluation de la stabilité des ouvrages miniers à ciel ouvert et en souterrain

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Rappels de mécanique des sols et des roches
- Classifications des massifs rocheux
- Rappels d'hydraulique souterraine et interprétation des opérations de pompage pour le rabattement des nappes
- Mécanismes de déformation et de rupture des pentes et méthodes de calcul de stabilité des pentes avec travaux dirigés sur logiciels dédiés
- Cas des verses à stériles et des barrages de résidus
- Stabilité des ouvrages souterrains : état de contraintes autour des galeries, stabilité des mines exploitées par chambres et piliers ; mécanismes de rupture et renforcement mécanique ; type et installation des renforcements mécaniques
- Surveillance, techniques d'instrumentation et méthodes d'analyse des mesures

Module MIRIS TC2:	Durée	Volume horaire	ECTS
Abattage et fragmentation des roches à l'explosif	1 semaine	30 heures	2

Objectif : Acquérir et maîtriser les compétences théoriques et pratiques des mécanismes fondamentaux de la fragmentation des roches à l'explosif en fonction des caractéristiques du massif rocheux en vue du dimensionnement des plans de tirs

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Techniques et équipements de foration
- Explosifs et systèmes d'amorçage
- Concepts de base de la fragmentation : actions de l'explosif, énergie de choc et de gaz, transmission de l'énergie au massif rocheux, adaptation explosif-massif rocheux
- Dimensionnement de plan de tir : plan de foration de chargement et séquence d'initiation
- Mesure de l'efficacité des tirs et influence des paramètres du tirs sur les résultats
- Contrôle des paramètres géométriques du tir
- Analyse et réduction des nuisances : vibrations, onde aérienne, projections

Module MIRIS TC3	Durée	Volume horaire	ECTS
Atelier de développement d'un projet minier de l'exploration à l'exploitation	5 semaines	150 heures	7

Objectif : Mener de manière opérationnelle les différentes étapes d'un projet minier sur un gisement de cuivre virtuel depuis l'exploration jusqu'à la planification

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Exploration : comprendre la structure géologique, déterminer la géométrie et le potentiel d'une minéralisation en cuivre en dirigeant des campagnes de forages
- Modélisation de gisement : mettre en œuvre des techniques de modélisation géométrique pour construire un modèle géologique en 3D avec le logiciel SURPAC
- -Evaluation des ressources : utiliser les techniques de base de la géostatistique pour évaluer les ressources minérales avec le logiciel ISATIS Neo
- Optimisation de la fosse : déterminer le projet final sur la base d'une évaluation économique des opérations minières avec le logiciel WHITTLE
- Planification minière : réaliser une ébauche de planification minière à long et moyen terme

Module MIRIS TC4	Durée	Volume horaire	ECTS
Equipements et dimensionnement de flotte dans les opérations minières, dispatch et automatisation	2 semaines	60 heures	2

Objectif : choisir et dimensionner une flotte d'équipements miniers en fonction des caractéristiques du gisement et de la méthode d'exploitation à ciel ouvert ou en souterrain

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Dimensionnement d'une flotte d'équipements de chargement et de transport dans les opérations à ciel ouvert et en souterrain
- Les pneumatiques des engins miniers : technologie et gestion
- Transport par convoyeur à bande : technologie et dimensionnement
- Système de dispatch et contrôle de la production
- Introduction à la mine 4.0 et innovations technologiques

Module MIRIS TC5	Durée	Volume horaire	ECTS
Bilans miniers et réconciliation minière	1 semaine	30 heures	2

Objectif : comprendre pourquoi les bilans miniers sont nécessaires pour mesurer l'efficacité des processus de planification et d'exécution et aller ainsi vers l'excellence opérationnelle

Contenu : Ce module aborde les points suivants :

- Réconciliation minière : définition, pourquoi et quand la faire ? Quels sont les clients de la réconciliation ?
- Identifier les données utiles pour établir les bilans le long de la chaîne de valeur
- Connaître et comprendre les méthodologies, les outils et les techniques d'analyse des bilans miniers
- Bénéfices de la réconciliation : mesure de la performance, amélioration de la gestion du gisement, aide à la planification stratégique
- Définir les bonnes pratiques à mettre en place.

Module MIRIS TC6	Durée	Volume horaire	ECTS
Visites techniques : carrières, mines, fabricants d'équipements miniers	2 semaines	60 heures	1

Objectif : visites de sites d'extraction à ciel ouvert et en souterrain et de fabricants d'équipements miniers en France et en Europe

THESE PROFESSIONNELLE – Durée : 5 mois - 30 ECTS

La thèse professionnelle est un travail d'étude et de recherche appliqué à chaque option du Mastère Spécialisé. Le sujet est défini par l'étudiant avec le concours éventuel de son organisme ou entreprise d'origine en relation avec ses préoccupations professionnelles actuelles ou futures. Ce travail peut se faire dans l'entreprise de l'étudiant, dans une entreprise extérieure ou au sein d'un centre de recherche de l'Ecole en charge de l'option. Lors de cette mission, l'élève bénéficie de l'encadrement par un tuteur académique et un tuteur professionnel.

Le travail se conclut par la rédaction d'un mémoire et une présentation orale devant un jury.