
Module « Méthodes d'Exploitation » ISERM 9.2 (4 crédits ECTS)

Place du module et enjeux

L'exploitation d'une mine consiste à extraire des roches ou minerais ayant une valeur économique. Chaque site d'exploitation est unique et se trouve dans une configuration et un environnement qui lui sont propres. Il y a donc une très grande diversité de méthodes développées relatives aux spécificités des mines. Elles peuvent être réparties en trois grandes familles : la mine à ciel ouvert (MCO ou « open pit »), la mine souterraine (TMS) et l'exploitation par lixiviation in situ. Le retour d'expérience montre que certains paramètres jouent un rôle décisif sur le processus de décision. Parmi ces paramètres, le principal est la géologie, au sens large. Mais l'occupation de la surface et la géographie du site, les objectifs économiques, le contexte environnemental et sociétal interviennent aussi très fortement. En fonction de l'emplacement du projet et du type de minerai, les coûts miniers et les impacts environnementaux peuvent varier considérablement d'un projet à l'autre. En général, les exploitations souterraines coûtent plus cher que les exploitations à ciel ouvert. La majorité des gisements est exploitée à ciel ouvert. Rappelons pour information que les mines et carrières partagent les mêmes méthodes et techniques d'exploitation (exception des méthodes de lixiviation in-situ)

Du point de vue purement technique le choix de la méthode pour **une exploitation à ciel ouvert** est avant tout un choix d'équipement. Pour **une exploitation souterraine**, c'est avant tout un choix d'organisation spatiale, un choix finalement totalement contraint si on ajoute les contraintes géomécaniques.

Le **phasage** à long terme d'exploitation, et la **planification** opérationnelle, sont des outils qui conditionnent la faisabilité technique et économique des opérations minières. Ces notions doivent être maîtrisées par les ingénieurs des mines, futurs responsables de sites d'extraction.

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Détail des coefficients	Crédits
Méthode d'Exploitation	44 h		
○ Phasage et planification	12	1	4
○ Exploitation à ciel ouvert	16	1	
○ Exploitation souterraine	16	1	

Matière 1:

Phasage et planification :	
Code :	Titre du module : Méthodes d'exploitation
Semestre : 1	Cursus de rattachement : ISERM

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
12	14	10				2	2	1	

	Phasage et planification
résumé	<p>Les gisements exploités par les ingénieurs des mines, que ce soit pour des minerais, des minéraux industriels, ou des granulats en carrière, le sont généralement sur de longues périodes, typiquement plusieurs dizaines d'années.</p> <p>Les ingénieurs des mines ont pour mission d'estimer les réserves, d'assurer l'exploitabilité technique de celles-ci avec les moyens de production à disposition et de garantir la meilleure extraction possible du minerai, tant en quantité qu'en qualité. Les conséquences économiques et environnementales des choix techniques faits, à chacune des étapes, doivent être analysées par les ingénieurs de mines.</p> <p>Grâce à des logiciels 3D, ces ingénieurs vont représenter le site (fosses, verses, pistes d'accès, etc.), sur la base des informations collectées lors des étapes précédentes et déterminer comment maximiser la valeur du gisement en optimisant sa séquence d'exploitation.</p> <p>Une planification à long terme et une déclinaison précise à court terme, sont donc des étapes nécessaires dans la plupart des projets miniers. La planification à court terme s'avère être un problème laborieux et très peu exploré, encore plus pour le domaine des mines souterraines. Cependant, ce type de planification permet d'obtenir des estimations plus fidèles à la réalité que les modèles à plus long terme</p>

Mots-clés	Phasage, modèle géologique, bloc modèle, méthode d'exploitation, courbes tonnages –teneur, taille des équipements de chargement- transport, implantation des pistes, pente intégratrice.
Prérequis	Géologie, pratique professionnelle du tableur, exploitation des mines /carrières

Contexte et objectif général :	Les ingénieurs des mines ont pour mission d'estimer les réserves, d'assurer l'exploitabilité technique de celles-ci avec les moyens de production à disposition et de garantir la meilleure extraction possible du minerai, tant en quantité qu'en qualité. Ils devront donc être en mesure de créer le modèle minier à partir de données géochimiques et technico-économiques et de planifier selon différents scénarios d'exploitation.
Programme et contenu :	<ul style="list-style-type: none"> • Gisement, ressources et réserves • Le modèle géologique (bloc modèle) • La viabilité financière et la stratégie d'exploitation optimale du gisement • La teneur de coupure • Du modèle géologique au modèle minier • La planification à long terme • La planification à court terme • Les outils numériques d'optimisation
Méthode et organisation pédagogique :	Le cours est sous la forme d'un exposé magistral accompagné de nombreux exercices d'application
Acquis d'apprentissages visés :	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer l'exploitabilité technique des réserves avec les moyens de production à disposition et de garantir la meilleure extraction possible du minerai, tant en quantité et qu'en qualité - Passer du modèle géologique au modèle minier - Savoir analyser et critiquer des données et méthodes de reconnaissance disponibles sur le gisement, comprendre comment a été obtenu le modèle géologique - Comprendre l'intérêt et les limites de la réalisation de la courbe tonnage / teneur d'un gisement - Comprendre les conséquences, en termes de tonnages exploités, ou tonnes métal récupérées, d'un changement de taille de l'unité de sélection d'une opération minière, ou de la teneur de coupure prise en compte - Comprendre et de calculer les conséquences prévisibles, dans des cas simples, des changements des paramètres économiques
Evaluation :	

- Contrôl écrit (2h)
- Le mode d'évaluation peut éventuellement être modifié d'une année sur l'autre (évaluations multiples et diversifiées régulièrement réparties au long du cours, projet, présentation de posters, compte rendu de sortie, etc)

Matière 2 :

Exploitation à Ciel ouvert :	
Code :	Titre du module : Méthodes d'Exploitation
Semestre : 1	Cursus de rattachement : ISERM

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
16	20	14				2	4	2/5	

Titre	Exploitation à Ciel ouvert
résumé	Lorsque les gisements que l'on veut exploiter sont situés, en tout ou en partie, à une faible profondeur sous la surface du sol, et recouverts seulement par des terrains fragiles, le mode d'exploitation le plus économique et quelquefois le seul possible, consiste à extraire la roche à ciel ouvert (« <i>open pit</i> »). C'est-à-dire exploiter le minerai depuis une excavation (fosse) créée en surface après avoir enlevé les matériaux stériles qui le surmontent.

Mots-clés	Mines, carrières, ciel ouvert, exploitation, méthode, production
Prérequis	Géologie, Géomécanique, Géostatistique,

Contexte et objectif général :

L'ingénieur des mines doit pouvoir choisir ce mode d'exploitation sur la base de spécificités et de critères géologique et géomécanique, techniques et économiques, mais aussi environnementaux et sociétaux. Il devra être en mesure de déterminer et de mettre en œuvre la méthode la plus appropriée pour maximiser la valeur du gisement dans le respect des règles HQSE.

Programme et contenu :

- Les matériaux extraits
- Processus de l'étude, analyse de spécificités et des critères
- Rappels législatifs et réglementaires, aspects administratifs
- Instruction, négociation et communication
- Choix de la méthode (ciel ouvert en fosse ou en fronts superposés, souterrains)
- Les outils d'aide à décision
- Les phases d'exploitation
- Les opérations unitaires
- Préservation du milieu naturel, aménagement et réaménagement

Méthode et organisation pédagogique :

Le cours comporte un exposé magistral accompagné de retours d'expérience et d'exercices d'application

Acquis d'apprentissage visés :

- Capacité à choisir et justifier ce mode d'exploitation
- Capacité à proposer plusieurs scénarios et à choisir/justifier celui qui permettra de maximiser la valeur du gisement
- Capacité à optimiser la méthode, planifier les travaux, gérer le cycle de production et organiser le carreau

Evaluation :

- Contrôle écrit 2h
- Le mode d'évaluation peut éventuellement être modifié d'une année sur l'autre (évaluations multiples et diversifiées régulièrement réparties au long du cours, projet, présentation de posters, compte rendu de sortie, etc)

Matière 3 :

Exploitation Souterraine :	
Code :	Titre du module : Méthodes d'Exploitation minière
Semestre : 1	Cursus de rattachement : ISERM

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
16	20	12	2			2	4	2/5	

Titre	Exploitation Souterraine
résumé	Le mode qui consiste à exploiter en souterrain est la solution la plus compliquée sur le plan technique, souvent la plus coûteuse, mais qui présente de réels avantages au niveau de l'impact paysager et de la préservation du milieu naturel. L'ingénieur des mines doit pouvoir choisir ce mode d'exploitation sur la base de spécificités et de critères géologiques et géomécaniques, techniques et économiques, mais aussi environnementaux et sociétaux.

Mots-clés	Mines, Carrières, souterraine, exploitation, méthode, production
Prérequis	Géologie, Géomécanique, Géostatistique,

<p>Contexte et objectif général : L'ingénieur des mines doit pouvoir choisir ce mode d'exploitation sur la base de spécificités et de critères géologique et géomécanique, techniques et économiques, mais aussi environnementaux et sociétaux. Il devra être en mesure de déterminer et de mettre en œuvre la méthode la plus appropriée pour maximiser la valeur du gisement dans le respect des règles QHSE</p>
<p>Programme et contenu :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exploitation souterraine ou exploitation à ciel ouvert • Les spécificités qui limitent les choix • Les critères de choix • Topologie d'une mine souterraine • Description des méthodes d'exploitation • Infrastructures souterraines • Phasage d'exploitation • Cycle de production • Fermeture de l'exploitation • Engins miniers • Conception d'une méthode
<p>Méthode et organisation pédagogique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le cours comporte un exposé magistral accompagné de retours d'expérience et d'exercices d'application
<p>Acquis d'apprentissage visés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Choisir et justifier ce mode d'exploitation - Proposer plusieurs scénarios et à choisir/justifier celui qui permettra de maximiser la valeur du gisement - Optimiser la méthode, planifier les travaux, gérer le cycle de production et organiser le carreau
<p>Evaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - TD notés et Contrôle écrit (2h). - Le mode d'évaluation peut éventuellement être modifié d'une année sur l'autre (évaluations multiples et diversifiées régulièrement réparties au long du cours, projet, présentation de posters, compte rendu de sortie, etc)