
Module « Travaux souterrains » ISERM 9.4 (4 crédits ECTS)

Place du module et enjeux

L'exploitation d'une mine/carrière 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. 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 dans le choix de la méthode et des travaux d'exploitation.

Rappelons pour information qu'il faut différencier la méthode des travaux (les techniques,) qui sont des opérations unitaires permettant d'appliquer la méthode. Les mines et carrières partagent les mêmes méthodes et techniques.

Le processus extractif comporte plusieurs phases (Exploration, Etudes, Projet, Exploitation, Après-Mine).

Le choix de la **méthode** d'exploitation est d'abord effectué lors la phase « Etudes » (étude conceptuelle, de pré faisabilité et de faisabilité)

Le choix des **travaux** d'exploitation, équipements et ressources humaines incluses, arrive ensuite à la fin de la phase « Etudes » (ingénierie APS) de façon sommaire pour réaliser un pré-dimensionnement technique, cela en accord avec la méthode choisie et sans dégrader la valeur. Le dimensionnement est ensuite optimisé et finalisé avec précision dans la phase « Projet » (ingénierie détaillée).

En exploitation souterraine, le choix des travaux consiste à choisir les différentes techniques d'**abattage** (creusement) **mécanique** ou à **l'explosif**, de **marinage**, cela dans une démarche HSEQ. Le **traitement mécanique** ne sera pas abordé dans ce module, car il est traité dans le module relatif aux travaux à ciel ouvert. De même le traitement d'enrichissement physique (minéralurgie) ou chimique (minéralurgie extractive, hydro ou pyro), qui peut aussi être mis en œuvre à proximité du site d'extraction, ne sera pas abordé dans ce module.

Les ouvrages souterrains constituent aussi une spécialité des TP. Le creusement d'un tunnel ou d'une ligne de métro, pour ce qui concerne la phase d'excavation et de soutènement, fait appel aux mêmes techniques que celles utilisées lors de travaux miniers souterrains. Les personnes en poste sont d'ailleurs appelées des « mineurs ». L'urbanisme et les infrastructures souterraines constituent des secteurs en plein développement car ils permettront d'aménager notre sous-sol de façon durable et de libérer de la surface pour la rendre plus agréable.

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Détail des coefficients	Crédits
Travaux miniers souterrains	52 h		
○ Ouvrage souterrain	8	1	4
○ Abattage à l'explosif et mécanique	20	2	
○ Soutènement	16	2	
○ Marinage	8	1	

Matière 1 :

Ouvrages Souterrains :	
Code :	Titre du module : Travaux miniers souterrains
Semestre : 1	Cursus de rattachement : ISERM

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
8	12	6				2	4	2/6	

Titre	Ouvrages Souterrains
résumé	Les ouvrages souterrains constituent aussi une spécialité des TP. Le sous-sol est une véritable ressource pour l'aménagement durable du territoire. On parle désormais d'urbanisme et de stockage souterrain. Ce cours vise à présenter les différents ouvrages TP souterrains, leurs spécificités et leurs modes de construction. Il constitue un guide technique qui aidera l'ingénieur à choisir les méthodes de construction les mieux adaptées au type d'ouvrage qu'il doit réaliser.

Mots-clés	Ouvrage, souterrain, tunnel, descenderie, puit
Prérequis	Géologie, géomécanique

Contexte et objectif général :
Les ouvrages souterrains constituent aussi une spécialité des TP. Ce cours vise à présenter ces différents ouvrages, leurs spécificités et leurs modes de construction. Ainsi l'ingénieur sera en mesure de choisir la méthode de construction la mieux adaptée au type d'ouvrage qu'il souhaite réaliser.
Programme et contenu :
<ul style="list-style-type: none"> • Une spécialité des TP • Particularités des OS • Choix de la méthode de creusement • Les tunnels routiers • Les tunnels ferroviaires • Les transports collectifs (métro, RER, ...) • Galerie de circulation de fluides • Les ouvrages verticaux (puits) • La voute active • Les cavités de grande dimension • Les cavités souterraines (stockage, gare, usine) • Les galeries techniques
Apprentissages visés :
<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les différents ouvrages TP souterrains, ainsi que leurs modes de construction - Choisir la méthode de construction la mieux adapté au type d'ouvrage qu'il souhaite réaliser
Evaluation :
<ul style="list-style-type: none"> - 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 2 :

Abattage à l'explosif et mécanique :	
Code :	Titre du module : Travaux miniers souterrains
Semestre : 1	Cursus de rattachement : ISERM

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
20	24	18				2	4	2/6	

Titre	Abattage à l'explosif et mécanique
résumé	Le creusement des ouvrages souterrains minier (descenderie, travers-banc, galerie d'exploitation, puis) ou civils (tunnel, cavités souterraines, ...) nécessite la mise en œuvre de technique d'abattage mécanique ou à l'explosif. Le choix technique se fait en fonction de la géologie (nature des roches, hydrogéologie, ...), de la géométrie de l'ouvrage (gabarie), de son utilisation et de sa localisation (zone urbanisée, pleine campagne, autres ouvrages proches, ...). Ce cours vise à présenter les

	différentes techniques d'abatage souterrain de telles façons que l'ingénieur puisse choisir et utiliser celle qui répond parfaitement aux exigences techniques, économiques et environnementales.
--	---

Mots-clés	Mines, carrières, abatage, explosif, creusement, ouvrage, tunnel, puit
Prérequis	Géologie, Géomécanique, exploitation des mines et des carrières

<p>Contexte et objectif général : Le creusement est l'opération la plus importante dans la réalisation d'un ouvrage souterrain. L'élève sera en mesure de choisir la technique la mieux adaptée, de la dimensionner/calculer et de la mettre en œuvre en respectant les exigences HSQE.</p>
<p>Programme et contenu :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le creusement Mécanique // Explosifs • Le planning de l'ouvrage • L'abatage mécanique • L'abatage à l'explosif • L'ordonnancement des travaux • L'évacuation des matériaux • La ventilation de l'ouvrage • Les problèmes de vibration
<p>Méthode et organisation pédagogique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le cours est sous la forme d'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 la technique de creusement, de la dimensionner/calculer et de la mettre en œuvre
<p>Evaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 :

Soutènement :	
Code :	Titre du module : Travaux souterrains
Semestre : 1	Cursus de rattachement : ISERM

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
16	18	14				2	2	1/6	

Titre	Soutènement
résumé	Qu'il soit provisoire ou définitif, le soutènement est une structure qui permet d'assurer la stabilité des parois de la cavité souterraine pendant la phase de creusement, puis pendant son exploitation. Le choix de la technique se fait en fonction de la méthode de creusement et du type d'ouvrage, mais surtout en fonction des caractéristiques géomécaniques de la roche. Ce cours vise à présenter les différentes techniques de soutènement de telle façon que l'ingénieur puisse choisir et utiliser celle qui répond parfaitement aux exigences techniques, économiques et de sécurité.

Mots-clés	Mines, carrières, ouvrage, tunnel, puit, soutènement
Prérequis	Géologie, exploitation des mines et des carrières

<p>Contexte et objectif général : Le soutènement est une opération essentielle dans la réalisation d'un ouvrage souterrain, puisqu'elle assure sa stabilité et donc la sécurité des personnes. L'ingénieur sera en mesure de choisir la technique la mieux adaptée, de la dimensionner/calculer et de la mettre en œuvre.</p>
<p>Programme et contenu :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principes généraux • Principaux types de soutènement • Boulonnage • Béton projeté • Soutènement portant • Revêtement béton coffré • Soutènement marchant

<ul style="list-style-type: none"> • Purge • Dimensionnement des piliers • Détection des risques d'éboulement
Méthode et organisation pédagogique : - Le cours est sous la forme d'un exposé magistral accompagné de retours d'expérience et d'exercices d'application
Acquis d'apprentissage visés : - Choisir, dimensionner/calculer la structure de soutènement la mieux adaptée pour assurer la stabilité de l'ouvrage souterrain
Evaluation : - Contrôle écrit (2) - 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 4 :

Marinage :	
Code :	Titre du module : Travaux miniers souterrains
Semestre : (S9)	Cursus de rattachement : ISERM

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
8	10	7				1	2	1/6	

Titre	Marinage
résumé	Le marinage est l'opération qui consiste à évacuer vers la surface les « marins », c'est-à-dire la roche abattue. La technique est choisie en fonction de la section de la galerie, de la distance à parcourir, des contraintes de pollution et parfois de la méthode de creusement. Ce cours vise à présenter les matériels de marinage de telles façons que l'ingénieur puisse choisir et utiliser celui qui répond parfaitement aux exigences techniques, économiques, de sécurité et environnementales.

Mots-clés	Mines, carrières, creusement, abattage, marinage, transport, chargement
Prérequis	Géologie, exploitation des mines et carrières, mécanique des roches

Contexte et objectif général : Le marinage est l'opération qui consiste à évacuer vers la surface les « marins », c'est-à-dire la roche abattue. L'ingénieur sera en mesure de choisir et dimensionner le matériel pour assurer le transport des matériaux.
Programme et contenu : <ul style="list-style-type: none"> • Chargement • Evacuation par roulage • Evacuation par bande transporteuse • Evacuation hydraulique • Emissions polluantes, choix de l'énergie • Dimensionnement, gestion, maintenance
Méthode et organisation pédagogique : - Le cours est sous la forme d'un exposé magistral accompagné de retours d'expérience
Acquis d'apprentissage visés : - Choisir et dimensionner un équipage pour assurer le marinage de la roche abattue
Evaluation : - Contrôle écrit (1h) - 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)