

# MÉTIER DE L'INGÉNIEUR GÉNÉRALISTE [MIG]

Comprendre la démarche Ingénieur



**Observer**



**Analyser**



**Formuler**

**CYCLE INGENIEURS CIVILS**

UE 15 : 1er semestre /2023-2024

# SOMMAIRE

<i>P.2</i>	<i>MIG : METIERS DE L'INGENIEUR GENERALISTE</i>
<i>P.4</i>	Le programme : contenu, format, déroulement
<i>P.5</i>	Un enseignement en mode projet
<i>P.6</i>	les + pédagogiques
<i>P.7</i>	Centres de recherche impliqués
<i>P.8</i>	Calendrier du programme MIG (3 semaines bloquées)
<i>P.9</i>	MIG R-SOURCES
<i>P.10</i>	MIG BIOGAZ
<i>P.11</i>	MIG VERRE&MECA
<i>P.12</i>	MIG OPTIM AERO
<i>P.13</i>	MIG ALEF
<i>P.14</i>	MIG MODE & LUXE
<i>P.15</i>	MIG SOLAIRE
<i>P.16</i>	MIG OCEAN
<i>P.17</i>	MIG LITHIUM

# MÉTIERS DE L'INGÉNIEUR GÉNÉRALISTE [MIG]

## UNE MÉTHODE PÉDAGOGIQUE AU CŒUR DES ENJEUX DE L'INDUSTRIE DU FUTUR ET DE LA SOCIÉTÉ

Les « Métiers de l'Ingénieur Généraliste » (MIG) est un enseignement créé par Mines Paris pour plonger **tous les élèves de 1ère année** au cœur des enjeux de l'industrie du futur et de la société.

Stimulant et fédérateur, cet exercice intensif en **mode projet par équipe** sur le premier semestre, dont **trois semaines bloquées** offre aux étudiants de nouvelles méthodes de travail et une vision précise sur les réalités de leur futur métier.

Cette formation, emblématique de Mines Paris, conçue en étroite relation avec la recherche menée dans nos laboratoires et nos partenaires industriels, **préfigure les métiers de demain et le futur professionnel de nos étudiants ingénieurs.**

Les futurs ingénieurs se nourrissent d'échanges avec différents acteurs de la société pour résoudre, en équipe de quinzaine, les **problématiques transversales**, techniques, économiques, sociétales et environnementales.

Ils participent à des visites de sites **technologiques de pointe**, et assistent à des **conférences d'experts** au cœur du monde industriel.

Les défis à relever par les élèves s'inscrivent dans des grands enjeux de l'industrie du futur et de la société comme par exemple :

- De la transformation à la gestion des ressources énergétiques
- Transition énergétique et aménagement du territoire
- Sous-sol et infrastructures
- Matériaux et analyse du cycle de vie
- Sciences des données et applications innovantes

Ce travail donne lieu à une note de synthèse et un rapport de groupe écrit ainsi qu'à une **soutenance ouverte en amphi et à large public fin janvier.**

### CONTEXTE, ENJEUX ET OBJECTIFS

Dans un monde en perpétuelle transition technologique, la société dans toutes ses composantes a besoin d'ingénieurs capables d'appréhender, d'accompagner et d'imaginer les systèmes technologiques complexes qui la composent et en assurent le développement durable et responsable. Il est donc impératif que la formation de nos ingénieurs telle que nous la proposons inculque dès le début de son cycle les concepts fondateurs de cette approche généraliste comme la démarche scientifique, la nécessité d'analyser le problème posé de manière ouverte, multipartite et pluridisciplinaire, en intégrant l'ensemble des enjeux scientifiques, technologiques, éthiques, économiques, sociétaux et environnementaux.

L'UE des MIG doit permettre de faire découvrir aux élèves ingénieurs, les grands enjeux de notre société, à savoir :

« 1- **Relever les défis du 21e siècle**, dans le cadre national certes, où se définissent et se mettent en œuvre les politiques éducatives, mais aussi dans un contexte international de plus en plus marqué en Europe par la construction de l'Union européenne, par la mondialisation qui s'étend aussi à l'éducation et par la montée en puissance de la « société de la connaissance ».

2- **Contribuer au développement** du pays, dont le dynamisme économique dépendra de plus en plus des retombées de la recherche et de l'innovation » (*extrait texte Commission des Titres Ingénieurs*).

Mines Paris a mis en place un plan stratégique afin de former l'ingénieur de demain qui devra répondre aux défis identifiés suivant : la transformation numérique, le développement durable et écologique et la mobilité internationale.

De plus l'Ecole a réussi à consacrer une énergie significative à de grands enjeux comme la maîtrise des matières premières et recyclées, l'énergétique du futur, la méthodologie et l'efficacité des processus d'innovation. Ainsi Mines Paris déploie une recherche dans des domaines allant **des sciences exactes aux sciences humaines** et permet aux étudiants de bénéficier d'un **encadrement pluridisciplinaire et répondant aux enjeux de l'industrie du futur**. Enfin, l'association d'une recherche partenariale contractualisée en direction des entreprises et des services et l'excellence académique en sciences de l'ingénieur des centres de Recherche permet d'identifier et construire en partenariat avec les entreprises des projets pédagogiques en lien direct avec les enjeux industriels de demain.

La formation Ingénieur civil en trois ans à Mines Paris prépare les élèves à devenir des ingénieurs avec d'importantes responsabilités professionnelles.

Pour y parvenir, les élèves doivent acquérir des connaissances et **développer des compétences personnelles qui deviendront des compétences-métiers**. Les MIG, tiennent une place significative dans cette démarche d'acquisition de compétences métiers pour l'ingénieur. Dans cet enseignement par projet, les élèves sont mis en situation, ils doivent résoudre, **en équipe (14-15 élèves)**, des **problématiques**

**transversales**, techniques, économiques et sociétales.

L'objectif est de vous aider à faire **évoluer rapidement vos pratiques** d'élèves, acquises aux cours de formations en classe préparatoire, liées à résoudre seuls des problèmes bien posés. Les situations réelles complexes demandent pour être résolues de façon efficace d'agir de façon autonome en interactions dans des groupes hétérogènes.

Ainsi par la mise en situation de chaque projet MIG, vous allez devoir développer un ensemble de compétences et mettre en œuvre des ressources (des savoirs agir).

Par ailleurs, Le but est de vous faire découvrir concrètement certains aspects des métiers de l'ingénieur généraliste, tout particulièrement **l'analyse de problèmes complexes**, la **mise en place d'une démarche scientifique rigoureuse** permettant de résoudre ces problèmes dans le temps imparti et le **travail en équipe**.

Enfin, les MIG doivent vous permettre d'établir des liens privilégiés avec les enseignants-chercheurs et de **découvrir les centres de recherche de l'Ecole**, leur ouverture internationale et leurs liens étroits avec les entreprises. Ils seront aussi, pour vous, l'occasion de commencer à **acquérir une culture industrielle**.

Nous vous souhaitons de vous investir pleinement dans votre MIG et de connaître ainsi le même enthousiasme que les promotions précédentes et l'ensemble des personnes — Enseignant-chercheurs, industriels... — associés aux MIG.

Responsable des MIG  
Yazid MADI  
*Enseignant-Chercheur, HDR*

# LE PROGRAMME : CONTENU, FORMAT ET DÉROULEMENT

## THÉMATIQUES

Les sujets sont renouvelés chaque année, ils sont en lien avec les thématiques développées dans nos laboratoires et nos partenaires industriels :

- De la transformation à la gestion des ressources énergétiques
- Transition énergétique et aménagement du territoire
- Sous-sol et infrastructures
- Matériaux et analyse du cycle de vie
- Sciences des données et applications innovantes

## CHOIX

Les 9 MIG vous seront présentés en amphithéâtre V.107. Vous choisirez celui auquel vous souhaitez participer et, le jour même avec l'aide de votre délégué de promotion, vous vous répartirez en 9 groupes. L'expérience des élèves prouve que le sujet importe moins que la découverte et la démarche d'un MIG. Les MIG sont d'ailleurs, depuis leur création, la première activité pédagogique plébiscitée par les élèves en première année.

## PROGRAMME

Les MIG ont lieu au cours du premier semestre.

La période bloquée de trois semaines implique de fréquents déplacements et inclut les trois activités du MIG (les visites d'entreprises et les conférences, les travaux d'expérimentation et/ou de modélisation, les mini-projets). Chacune de ces trois activités correspond à l'équivalent en temps d'une semaine. Mais le détail de leur organisation dépend de chaque MIG.

Au retour de la période bloquée, des séances ayant lieu à l'Ecole vous permettent de

préparer la restitution globale des travaux. Vous êtes invités à porter un soin tout particulier à cette préparation qui engage l'ensemble du groupe.

Le rapport, écrit collectivement par groupe de MIG, porte sur les aspects globaux et transversaux du thème abordé. Il est à déposer (sur la plateforme campus) sous format d'un document PDF. Dans certains cas et en fonction de leurs qualités, certains rapports pourront être diffusés à l'extérieur de l'Ecole.

Enfin lors de la journée de soutenance orale, chaque groupe d'élèves fait une soutenance orale d'une heure. La soutenance est conçue et exposée par le groupe, chaque élève doit intervenir. **Tous les élèves de la promotion assistent à toutes les présentations des MIG.** Des industriels, des journalistes et des personnalités extérieures à l'Ecole seront présents. Vous pourrez également inviter vos professeurs des classes préparatoires.

## ORGANISATION

Sous la responsabilité d'un coordinateur, chaque MIG se déroule en s'appuyant sur les centres de recherche de l'Ecole et bénéficie de l'aide de nombreuses entreprises.

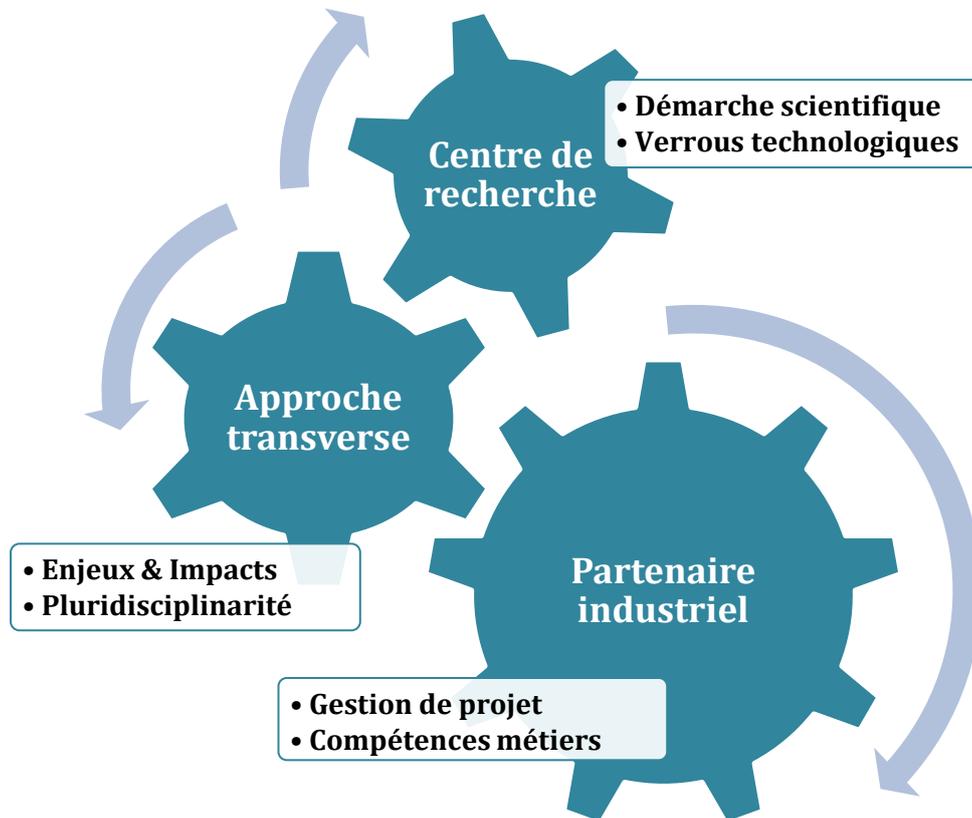
Afin d'assurer la cohérence de l'ensemble des MIG, un comité de suivi des MIG réfléchit aux orientations pédagogiques et aux évolutions. Les élèves sont associés à cette réflexion pour les améliorations à apporter. En particulier, vos réponses au questionnaire d'évaluation des MIG sont très importantes pour une amélioration continue.

## LE MIG, UNE INITIATION AUX REALITES DU METIER D'INGENIEUR

UNE IMMERSION PAR PROJET, UNE DÉMARCHE COMPÉTENCES

UNE OUVERTURE AUX CHAMPS PLURIDISCIPLINAIRES

UNE APPROCHE DU MILIEU INDUSTRIEL ET DE LA RECHERCHE



### UN ENSEIGNEMENT EN MODE PROJET POUR

- Mettre en œuvre un travail d'approfondissement scientifique et technique
- Acquérir des bases d'organisation
- Avoir une première expérience de la réalisation et de la gestion de projet
- Favoriser la collaboration entre élèves et chercheurs

#### Enjeux scientifiques & techniques

- Mobiliser les ressources d'un champ scientifique et technique spécifique
- Appréhender les méthodes et outils de l'ingénieur
- Elaborer une démarche de recherche et développement
- Prendre en compte les enjeux sociétaux et environnementaux

#### Enjeux organisationnels & professionnels

- Pratiquer le travail collaboratif
- Appréhender l'exercice de la responsabilité, de la gestion de projet
- Gérer les contraintes temporelles
- Rendre compte et communiquer avec des spécialistes et non spécialistes

## UNE MÉTHODE PÉDAGOGIQUE AU CŒUR DES ENJEUX DE L'INDUSTRIE DU FUTUR ET DE LA SOCIÉTÉ

Qui associe « Théorie & Pratique » et s'appuie sur des sujets allant de la recherche appliquée à l'ingénierie. Les sujets relèvent soit de l'étude en profondeur d'une discipline ou de la mise en œuvre de connaissances issues de plusieurs disciplines et présentent un enjeu scientifique, économique et environnemental intéressant.

### LES + PÉDAGOGIQUES

- Des projets (conduite et gestion) en groupe sur des études de cas industriels
- Des apports méthodologiques et des démarches-outils
- Des visites de sites technologiques de pointe
- Des conférences d'experts

### MODE D'ÉVALUATION

Cet enseignement fait l'objet d'une évaluation individuelle (3 ECTS) et collective (3 ECTS) soit 6 ECTS crédités par MIG. L'évaluation prend la forme d'une rédaction d'un rapport collectif et d'une soutenance orale collective devant un jury. Elles visent à évaluer les capacités du groupe à :

- Mobiliser des connaissances scientifiques ou techniques pour analyser une situation concrète
- Repérer les enjeux et/ou les problématiques du sujet abordé dans le cadre du projet
- Présenter oralement et avec clarté une argumentation scientifique et technique

Les critères d'évaluation individuelle portent sur la part personnelle ayant contribué à l'avancement du projet collectif. Voir en annexe la grille afférente.

### UN PROGRAMME CONÇU POUR VOUS ET AVEC VOUS

Vous aurez à résoudre seuls des problèmes bien posés. Par la mise en situation de chaque projet MIG, vous allez devoir développer un ensemble de compétences et mettre en œuvre des ressources. Encadrés par des enseignants-chercheurs de l'Ecole, vous et votre groupe (de 14 ou 15 élèves) aurait à

traiter un problème complexe qu'il s'agit de découvrir dans ses principales dimensions, bien sûr scientifique et technique, mais aussi transversales (socio-économie, gestion, droit, environnement, ... selon le domaine traité).

9 sujets différents, vous sont proposés. Ils reflètent tous l'actualité des thèmes de recherche développés par les centres de l'Ecole et l'industrie. Les défis que vous aurez à relever s'inscrivent tous dans des grands enjeux de l'industrie du futur et de la société.

Enseignement personnalisé, votre présence à toutes les activités est donc strictement obligatoire pour le bon fonctionnement du groupe (comme en entreprise).

### DES ENCADRANTS DÉDIÉS ET A L'ÉCOUTE

Pour vous accompagner tout au long de votre projet, de l'élaboration à la gestion :

Une équipe pédagogique constituée de :

- Un responsable de la conception du programme MIG
- Un comité de suivi des MIG
- Une équipe d'enseignants-chercheurs, de chercheurs et d'experts issus du secteur industriel

Une équipe en charge de l'organisation et de l'encadrement des MIG :

- Un ou 2 coordinateurs
- Un centre de recherche référent

### DURÉE DU PROGRAMME

15 jours sur le 1<sup>er</sup> semestre

De mi-novembre à fin janvier (périodes bloquées)

Volume horaire : environ 111h (7h30/Jour)

#### Evaluation (nb crédit MIG : 6 ECTS)

##### Note individuelle : 3 ECTS

- Evaluation par coordinateur

##### Note collective : 3 ECTS

- Note de synthèse et rapport technique
- Soutenance orale devant jury

## CENTRES DE RECHERCHE IMPLIQUES

LA RECHERCHE A MINES PARIS EST STRUCTUREE AUTOUR DE CINQ GRANDES THEMATIQUES, ENJEUX D'AVENIR, CORRESPONDANT A CINQ DEPARTEMENTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE. CHAQUE DEPARTEMENT EST ORGANISE EN CENTRES DE RECHERCHE.

Les centres de recherches directement impliqués dans les MIG sont soulignés en vert.  
Vous êtes invités à découvrir l'ensemble des centres de recherche Mines Paris via l'adresse web : <https://www.minesparis.psl.eu/>



### DEPARTEMENT SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT

- Centre de géosciences (**GEOSCIENCES**) – Fontainebleau
- Institut supérieur d'ingénierie et gestion de l'environnement (**ISIGE**) – Fontainebleau

### DEPARTEMENT ENERGETIQUE ET PROCEDES

- Centre Efficacité énergétique des systèmes (**CES**) - Palaiseau
- Centre Thermodynamique des Procédés (**CTP**) – Fontainebleau
- Centre Observation, Impacts, Énergie (**O.I.E.**) – Sophia Antipolis
- Centre Procédés, Energies Renouvelables, Systèmes énergétiques (**PERSEE**) – Sophia Antipolis

### DEPARTEMENT MECANIQUE ET MATERIAUX

- Centre de mise en forme des matériaux (**CEMEF**) – Sophia Antipolis
- Centre des matériaux PM FOURT (**CMAT**) – Evry

### DEPARTEMENT MATHÉMATIQUES ET SYSTÈMES

- Centre automatique et systèmes (**CAS**) - Paris
- Centre de robotique (**CAOR**) - Paris
- Centre de bio-informatique (**CBIO**) - Paris
- Centre de mathématiques appliquées (**CMA**) – Sophia Antipolis
- Centre de morphologie mathématique (**CMM**) – Fontainebleau
- Centre de recherche en informatique (**CRI**) – Fontainebleau

### DEPARTEMENT ÉCONOMIE, MANAGEMENT ET SOCIÉTÉ

- Centre d'économie industrielle (**CERNA**) - Paris
- Centre de gestion scientifique (**CGS**) - Paris
- Centre de recherche sur les risques et les crises (**CRC**) – Sophia Antipolis
- Centre de sociologie de l'innovation (**CSI**) - Paris

## CALENDRIER DU PROGRAMME 2023-2024

### PRESENTATION ORALE ET CHOIX DES MIG



#### VENDREDI 22 SEPTEMBRE 2023 | 8h45-12h20- Amphi V. 107 (Paris)

<b>INTRODUCTION</b>	<b>8h45-9h00</b>	MIG SOLAIRE	10h25- 10h40
MIG VERRE&MECA	9h05-9h20	MIG MODE&LUXE	10h45-11h00
MIG LITHIUM	9h25-9h40	MIG ALEF	11h05-11h20
MIG OPTIM AERO	9h45-10h00	MIG BIOGAZ	11h25-11h40
<b>PAUSE</b>	<b>10h05-10h20</b>	MIG OCEAN	11h45-12h00
		MIG R-SOURCES	12h05-12h20

### PERIODE BLOQUEE | 3 SEMAINES (phase 1)



#### DU LUNDI 20 NOVEMBRE 2023 AU VENDREDI 8 DECEMBRE 2023

MIG	CENTRE	LIEU	COORDINATEURS	
MIG ALEF	PERSEE	Sophia	P. Affonso	
MIG OPTIM AERO	CDM	Evry	P. Arnaud	V. Maurel
MIG OCEAN	CRC	Sophia	S. Travadel	F. Guarnieri
MIG MODE&LUXE	CMAT, EnaMoma PSL	Paris, Evry	F. Delloro	
MIG SOLAIRE	OIE	Sophia	Ph. Blanc	J. Masafont
MIG BIOGAZ	CTP	Paris, /Font.	E. El Ahmar	M. Campestrini
MIG LITHIUM	GEOSCIENCES	Paris / Font.	N. Seigneur	D. Goetz, D. Bruel
MIG VERRE&MECA	CEMEF	Paris, Sophia	F. Pigeonneau	
MIG R-SOURCE	GEOSCIENCES	Fontainebleau	F.Hadj-Hassen	I. Thenevin

### REMISE DE LA NOTE DE SYNTHSE OU RAPPORT ECRIT (phase 2)



<i>A confirmer</i>	12h00	Remise de la note de synthèse ou du rapport écrit
--------------------	-------	---

### PREPARATION A LA SOUTENANCE ORAL (phase 3)



JEUDI 11 JANVIER 2024	9h00-12h15	Préparation à la soutenance orale
LUNDI 15 JANVIER 2024	15h30-17h00	
JEUDI 18 JANVIER 2024	9h00-12h15	
LUNDI 22 JANVIER 2024	15h30-17h00	
LUNDI 29 JANVIER 2024	13h45-17h00	

### SOUTENANCES ORALES



JEUDI 1 <sup>er</sup> FEVRIER 2024	8h45-17h15	Soutenances orales en L.108 A et L.108 B
------------------------------------	------------	--

Un site dédié :

<https://mig.minesparis.psl.eu/>

## ETUDE PROSPECTIVE D'UNE RESSOURCE STRATEGIQUE : L'EXPLOITATION EN SOUTERRAIN DU GYPSE DANS LA MAURIENNE

**Contexte :** Le gypse est une ressource minérale classée au niveau national d'intérêt public majeur. Les gisements présents en Savoie, notamment dans les vallées de la Maurienne et de l'Arvan, sont d'une importance capitale pour le Sud Est de la France en leur accessibilité et leur qualité. Ces gisements sont cependant soumis à de nombreuses contraintes (intérêts paysagers et pour la biodiversité, difficulté d'accès au foncier, etc...). Le gisement de gypse situé sous le Mont Charvin est un exemple de cette accumulation de contraintes. L'exploitation souterraine pourrait constituer un moyen d'accéder à cette ressource, qui semblerait autrement bloquée dans le contexte local. Cependant, les conditions géologiques et géotechniques difficiles du gisement constituent de vrais obstacles au développement de l'exploitation souterraine. Pour réussir cette tâche, il est nécessaire de mener une étude qui propose des solutions aux difficultés techniques de l'exploitation et qui aborde aussi l'impact environnemental ainsi que l'acceptabilité sociale du projet.

### Problématique /Enjeux

- Permettre l'accès aux ressources minérales pour pérenniser une activité industrielle stratégique dans un site très sensible (enjeu environnemental et social).
- Garantir la stabilité et la rentabilité de l'exploitation dans des conditions géologiques et géotechniques difficiles (enjeu technique et économique).

### OBJECTIFS

- Etudier tous les aspects techniques de l'exploitation souterraine avec la contrainte d'un gisement tectonisé et des caractéristiques géotechniques difficiles.
- Analyser aussi les volets réglementaire, environnemental, social et économique du projet.

### Encadrement projet

- [faouzi.hadj\\_hassen@minesparis.psl.eu](mailto:faouzi.hadj_hassen@minesparis.psl.eu)  
Tél. 01 64 69 48 25
- [isabelle.thenevin@minesparis.psl.eu](mailto:isabelle.thenevin@minesparis.psl.eu)  
Tél. 01 64 69 48 96

**Centre de recherche :** Géosciences

**Lieux :** IDF (Paris, Fontainebleau, Vaujours) et Saint-Jean- de-Maurienne (Savoie)

### SIX MINI-PROJETS

#### 1. Carrière actuelle et projet d'extension

Décrire les conditions actuelles de l'exploitation et caractériser le secteur concerné par le projet souterrain.

#### 2. Etude géotechnique du projet

Dimensionner les ouvrages et leur soutènement pour garantir la stabilité à long terme de l'exploitation.

#### 3. Abattage minier et aérage des travaux

Choisir la méthode d'abattage, à l'explosif ou mécanique, définir le modèle d'aérage des travaux souterrains et les équipements miniers.

#### 4. Etude hydrogéologique

Caractériser le contexte hydrogéologique régional et étudier l'impact du projet sur ce régime et les risques encourus liés aux potentielles venues d'eau.

#### 5 Cadre législatif, environnemental et social

Prendre en compte les aspects environnementaux et sociétaux dans le projet d'extension en souterrain de l'exploitation dans une région très sensible.

#### 6. Evaluation économique du projet

Développer un modèle économique pour évaluer la rentabilité du projet et mener des études de sensibilité.

### DEROULEMENT

- **1<sup>ère</sup> semaine** : acquisition des connaissances nécessaires en s'appuyant sur des conférences, des visites d'installations et des échanges avec les acteurs industriels et institutionnels.
- **2<sup>ème</sup> semaine** : conduite des mini-projets 1 à 3 et synthèse des résultats obtenus.
- **3<sup>ème</sup> semaine** : conduite des mini-projets 4 à 6 et préparation du rapport final.



## BIOGAZ, UNE ENERGIE RENOUVELABLE D'AVENIR

**Contexte :** *le développement des procédés concernant l'énergie d'avenir que sont les gaz renouvelables : biogaz et hydrogène renouvelable constituent une filière industrielle en plein essor. Ces gaz verts seront non seulement indispensables à la transformation des systèmes énergétiques en complément des autres énergies renouvelables par nature intermittentes, mais aussi parce qu'ils vont permettre de réaliser cette transition énergétique au cœur des territoires en valorisant les ressources locales et en créant de la valeur et notamment des emplois localement*

### Problématique et enjeux

Les énergies renouvelables représentent encore une part mineure de la consommation énergétique et la réalisation des objectifs du paquet climat énergie représente un défi réglementaire, économique, financier et technique pour les régulateurs et les autorités publiques ainsi que les opérateurs énergétiques qui devront repenser leurs réseaux de distribution, investir dans les filières de production renouvelables gagnantes, dans des capacités de production flexibles complémentaires et dans le développement de nouveaux modèles économiques autour des produits.

### OBJECTIFS

- Sensibiliser au rôle qu'a le biogaz à jouer dans la transition énergétique, tant au niveau de la décarbonation du gaz naturel que de la mobilité, terrestre comme maritime.
- Sensibiliser au déploiement de gaz renouvelable afin de mieux valoriser les déchets des territoires et de lutter contre le changement climatique.

### Encadrement projet

- elise.el\_ahmar@minesparis.psl.eu
- marco.campestrini@minesparis.psl.eu

**Centre de recherche :** Centre Thermodynamique des Procédés (CTP)

**Lieux :** IDF (Paris, Stains, Fontainebleau, Massy)

### TROIS MINI-PROJETS

#### 1. Marché du biogaz

- Aspects économiques, environnementaux et sociétales.

#### 2. Décarbonation des industries

- En complément du gaz naturel dans les procédés industriels.

#### 3. Rôle du biogaz dans la mobilité

- BioGNV : l'alternative verte.
- Le biogaz est-il compétitif sur le plan des coûts ?

### DEROULEMENT

- **1<sup>ère</sup> semaine :** Conférences, visites d'installations et échanges avec les partenaires industriels et académiques.
- **2<sup>ème</sup> semaine :** conduite des mini-projets
- **3<sup>ème</sup> semaine :** synthèse des résultats des travaux réalisés.



## VERRE & MECANIQUE

**Contexte :** connu pour sa résistance, sa transparence et sa durabilité chimique, le verre s'impose comme un matériau incontournable de notre vie quotidienne. Important pour l'environnement, le verre est utilisé pour l'isolation des habitations sous forme de laine de verre, il est également employé comme renfort dans les matériaux des éoliennes. Les télécommunications utilisent la silice amorphe pour transporter l'information. Les différentes facettes de la fabrication des fibres de verre seront le cœur de cette édition. La mécanique des verres sera un autre point important de cette édition étudiée à la fois expérimentalement et numériquement.

### OBJECTIFS / ENJEUX

- Elaboration des verres
- Verre et télécommunication
- Optimisation du procédé de fusion
- Mécanique des verres
- Détermination des propriétés des verres par IA

### Encadrement projet :

- [franck.pigeonneau@minesparis.psl.eu](mailto:franck.pigeonneau@minesparis.psl.eu)

**Centre de recherche :** Centre de mise en forme des matériaux (CEMEF)

**Lieux :** Paris, Sophia-Antipolis

### MINI-PROJETS / ETUDES

Autour du projet commun, quatre groupes seront constitués pour travailler sur divers aspects. Les quatre mini-projets suivants sont proposés :

- **Mini-projet 1 :** Relation propriétés et compositions par méthode d'Apprentissage Automatique ;
- **Mini-projet 2 :** Résistance mécanique de fibres de verre ;
- **Mini-projet 3 :** Elaboration des verres par simulation numérique de four ;
- **Mini-projet 4 :** Nano-texturation de fibres optiques.

Des correspondants des sociétés Owens Corning, Saint-Gobain et de Bormioli Luigi suivront les mini-projets.

### DEROULEMENT

- **1<sup>ère</sup> semaine :** Séminaires, cours et visites d'usines.
- **2<sup>ème</sup> semaine :** Mini-projets.
- **3<sup>ème</sup> semaine :** Mini-projets et synthèse des travaux.



## OPTIMISATION ET CONCEPTION AERONAUTIQUE : ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX POUR L'AERONEF DE DEMAIN

**Contexte :** *L'industrie aéronautique civile est en constante croissance depuis les années 1960, avec une augmentation continue du nombre de voyageurs, notamment vers les pays en développement. Cette expansion entraîne une compétition féroce pour réduire les coûts et l'empreinte environnementale, stimulant le développement d'aéronefs plus efficaces et économes en carburant, ainsi que de nouvelles offres de maintenance. De plus, la sécurité reste une priorité majeure. Le réchauffement climatique oblige également à repenser la conception aéronautique, tant sur le plan technique que sur celui des futurs modes de transport (autonomie, variabilité de la taille des aéronefs). Ces défis exigent une optimisation à différentes échelles, allant de la cellule de l'aéronef à des revêtements minuscules, tout en tenant compte des enjeux environnementaux.*

### Problématique et enjeux

- Permettre la continuation des transports aériens pour pérenniser une activité industrielle stratégique et garantir une rentabilité (enjeu technique, économique).
- Garantir la diminution et à terme la neutralité carbone (enjeu environnementale et technique).

### OBJECTIFS

- Etudier différents points d'optimisations passés et présents des moteurs d'avion ainsi que les modèles de durée de vie associés.
- Intégrer les projets dans une analyse d'optimisation des moteurs et des nouvelles technologies pour diminuer l'impact des transports en avion

### Encadrement projet

- [pierre.arnaud@minesparis.psl.eu](mailto:pierre.arnaud@minesparis.psl.eu)
- [vincent.maurel@minesparis.psl.eu](mailto:vincent.maurel@minesparis.psl.eu)

**Centre de recherche :** Centre des Matériaux

**Lieux :** Paris, Vernon, Villaroche, Chatillon, Bourget, Evry, Gennevilliers

### MINI-PROJETS / ETUDES

- **Performance énergétique des avions :** La performance énergétique via leur exploitation et les solutions technologiques envisageables, avenir proche (avec SAE).
- **Endommagement des Barrière thermiques :** les Barrières thermiques permettent de protéger les aubes des hautes températures de combustion mais change complètement la problématique d'endommagement.
- **Enjeux et ruptures** dans les transports et l'aviation : perspective historique et sociologique.
- **Fretting fatigue des aubes :** le fonctionnement de l'avion entraîne des vibrations qui se répercutent sur l'assemblage et entraînent des endommagements.
- **Microstructure et fluage :** analyse des propriétés des disques vis-à-vis de leur durée de vie et de la température.

### DEROULEMENT

- **1<sup>ère</sup> semaine :** acquisition de connaissances au travers de visites et de conférences des acteurs de l'aéronautique (Safran, Ariane...)
- **2<sup>ème</sup> semaine :** présentation du laboratoire et conduite des mini-projets
- **3<sup>ème</sup> semaine :** finalisation des mini-projets et réaction du rapport final



## ALIMENTATION DE TRAINS ELECTRIQUES OU HYDROGENE DANS UN TERMINAL PORTUAIRE

**Contexte :** La réduction des émissions de gaz à effet de serre demande l'adaptation de nombreuses infrastructures existantes. Parmi celles-ci, les terminaux portuaires, véritables hubs logistiques à l'interface entre les transports maritime et terrestre. Alimentation électrique des navires à quai, émergence de nouveaux carburants maritimes (ammoniac, méthanol, ...), électrification du fret routier et ferroviaire, report modal... A ces défis s'ajoute une sensibilité accrue des riverains face aux nuisances et impacts générés par les activités portuaires. Pour un port, réussir à s'adapter est fondamental pour la pérennité de ses activités, gages de retombées économiques pour le bassin qui l'abrite. Dans ce contexte, le Terminal Fret de Brégaillon dans le Var, dispose d'un atout important avec une voie ferrée d'accès aux quais, permettant le report modal vers le fret ferroviaire. Si aujourd'hui, les locomotives de traction utilisées sont propulsées au diesel, la perspective est leur remplacement par des locomotives à batterie ou à hydrogène. Disposer d'infrastructures de recharge pour ces nouvelles locomotives représenterait un avantage certain pour le Terminal.

### Problématique et enjeux

Quelles caractéristiques techniques pour les futurs engins ferroviaires à batterie ou hydrogène ? Quels besoins en termes d'infrastructure de recharge ? Dans quelle mesure ces infrastructures de recharge seraient-elles compatibles avec les activités du terminal portuaire ? Comment seraient-elles approvisionnées en énergie (électricité ou hydrogène) ? Quels seraient les impacts économiques et environnementaux associés ?

### OBJECTIFS

Etudier et évaluer la possibilité de déploiement d'infrastructures de recharge pour des engins ferroviaires à batterie ou hydrogène dans un terminal portuaire (Terminal Fret de Brégaillon).

### Encadrement projet

- [pedro.affonso\\_nobrega@minesparis.psl.eu](mailto:pedro.affonso_nobrega@minesparis.psl.eu)

**Centre de recherche :** PERSEE

**Lieux :** Sophia-Antipolis

### MINI-PROJETS / ETUDES

**Engins ferroviaires :** Etude bibliographique/marché. Quelle évolution des modes de traction (électrique, hydrogène, hybride, ...) à court, moyen et long terme ? Quels prototypes/projets en cours ? Quelles caractéristiques techniques ?

**Stations recharge :** Prédimensionnement et analyse technico-économique. Quelle puissance ? Quels besoins de stockage ? Raccordement au réseau ? Quelles dimensions ? Quels coûts d'installation et opération ?

**Approvisionnement énergie :** Optimisation approvisionnement énergétique. D'où viendra l'hydrogène et/ou l'électricité ? Comment ils seront produits ? A quel prix ? Possibilité de production locale ?

**Impacts :** Etude d'impact et analyse de cycle de vie. Quelles émissions ? Quelle consommation d'eau ? Quels besoins d'énergie ? Quels impacts/nuisances pour les riverains du terminal ?

### DEROULEMENT

**20/11 au 21/11 :** Découverte des enjeux et problématiques à travers de visites à la Technopôle de l'Arbois (Aix-en-Provence) et au Terminal de Brégaillon.

**22/11 au 08/12 :** Conférences, conduite des mini-projets et synthèse des résultats des travaux réalisés (rapport final et présentation à la CCI du Var)



## MATERIAUX POUR LA MODE ET POUR LE LUXE

**Contexte :** La filière Mode & Luxe est d'une importance capitale pour l'économie française. La France est en effet le premier acteur mondial du secteur. La filière est composée de grands groupes (LVMH, Kering, Hermès...), de marques de créateurs comme de prêt à porter, d'artisans et d'entreprises de fabrication, dont une grande majorité sont des PME, voire des TPE. Chacune de ces entreprises détient des savoir-faire artisanaux ou semi-industriels qui s'inscrivent pour beaucoup dans une histoire et un territoire, résultant d'un long apprentissage. Quelle est la place de l'innovation et, plus précisément, des nouveaux procédés et matériaux dans ce secteur, si particulier ?

### Problématique et enjeux

Le secteur Mode & Luxe est caractérisé par des spécificités qui lui sont propres et qu'il faut apprendre à décrypter. Pour ce faire, un regard fortement transdisciplinaire est nécessaire. La filière est confrontée à de nouvelles problématiques : transformation des comportements des consommateurs, importance de l'expérience client, émergence de façons inédites de produire et de vendre. Tout cela nécessite l'adaptation des compétences et des métiers, le déploiement de nouvelles technologies, une attention particulière à porter aux ressources et à l'environnement, ainsi qu'à l'humain et au sens. Pour réussir ces défis, le secteur est en quête permanente d'innovation, pour alimenter les créateurs, satisfaire les nouveaux clients, s'adapter à un monde qui change

### OBJECTIFS

- Fournir aux élèves des clés de lecture de l'univers de la mode et du luxe, par une approche « matière ».
- Présenter les défis d'aujourd'hui dans ces secteurs.
- Toucher aux enjeux autour de l'innovation dans un des sous-secteurs Mode & Luxe dans le cadre des mini-projets.

### Encadrement projet

[francesco.delloro@minesparis.psl.eu](mailto:francesco.delloro@minesparis.psl.eu)

**Centre de recherche :** Centre des Matériaux

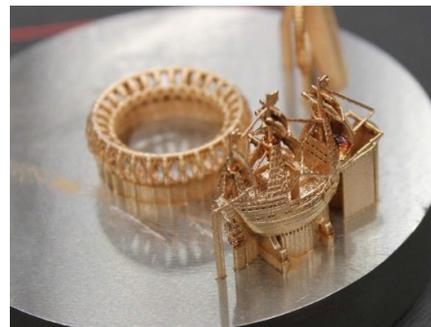
**Lieux :** Paris, Evry

### MINI-PROJETS / ETUDES

- **Etude des patines pour le bronze :** réflexions et expérimentations sur l'application des patines sur les bronzes pour Hermès.
- **Fabrication additive de bijoux :** design, fabrication par LPBF et valorisation de bijoux au Centre des Matériaux.
- **Réflexions et expérimentations autour d'un tissu issu de la caséine de lait :** avec ENAMOMA et le créateur de mode Mossi Traoré.
- **Une approche sensorielle à la matière :** animé par Joséphine Schmitt en collaboration avec la Reserve des Arts

### DEROULEMENT

- **1<sup>ère</sup> semaine :** séminaires, visites et ateliers interactifs pour sensibiliser aux enjeux de cette industrie et pour donner quelques clés de lecture du secteur Mode&Luxe. Des moments d'échange avec des étudiants du mastère PSL ENAMOMA et du mastère Marketing du Luxe de Dauphine sont prévus.
- **2<sup>ème</sup> semaine :** mini-projets
- **3<sup>ème</sup> semaine :** mini-projets et consolidation



## LA RESSOURCE SOLAIRE COMME SOURCE D'ENERGIE DE LA TRANSITION DE LA COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION DE SOPHIA ANTIPOLIS (CASA)

**Contexte :** composée de 24 communes s'étendant des pré-Alpes d'Azur au littoral de la Méditerranée, et de la technopole de Sophia Antipolis, la CASA comprend plus de 180000 habitants et 26700 entreprises. Soucieuse de préserver ses ressources et atouts, de contribuer à la préservation de la biodiversité ainsi qu'à la lutte contre le changement climatique et d'en anticiper les nécessaires moyens d'adaptation, la CASA a entrepris une démarche de réflexion et de concertation appelée CASA 2040 ([www.casa2040.fr](http://www.casa2040.fr)) avec les objectifs pour un territoire durable, attractif et inclusif.

**Problématique et enjeux :** Dans ce cadre, la CASA est en cours d'élaboration d'un plan d'actions, notamment dans les domaines de l'énergie, de l'habitat, de la mobilité, du développement économique, visant notamment à la maîtrise des consommations énergétiques, la réduction des gaz à effet de serre, le développement des énergies renouvelables ou encore l'adaptation au changement climatique. Compte tenu du climat méditerranéen du territoire parmi les plus ensoleillés de France, le MIG SOLAIRE propose de contribuer à CASA 2040 par les prismes de l'ingénierie énergétique solaire passive, thermique et photovoltaïque, de l'urbanisme et du paysage.

### OBJECTIFS

- **Planification et la spatialisation** du déploiement du photovoltaïque à l'échelle de la CASA, maximisant les capacités d'autoconsommation et minimisant le recours aux surfaces naturelles à forts enjeux (biodiversité, paysage, patrimoine).
- Evaluation des méthodes **d'adaptation** nécessaire face à l'augmentation de l'occurrence et de l'intensité des canicules estivales aggravées par le phénomène d'îlots de chaleur urbains, dans un tissu urbain dense comme celui de la ville d'Antibes avec d'importants pics de fréquentations touristiques.
- Evaluation de l'opportunité de **rayonnement pour la technopole de Sophia Antipolis** pour le soutien et le développement des actions de recherche et développement dans le domaine de l'énergie solaire, en s'appuyant notamment sur son tissu industriel.

**Encadrement projet :** [philippe.blanc@minesparis.psl.eu](mailto:philippe.blanc@minesparis.psl.eu), [elena.magliaro@minesparis.psl.eu](mailto:elena.magliaro@minesparis.psl.eu), [coline.pacton@laposte.net](mailto:coline.pacton@laposte.net)

**Centre de recherche :** O.I.E

**Lieux :** Campus Pierre LAFFITE, Sophia Antipolis

### MINI-PROJETS / ETUDES

Le MIG SOLAIRE n'est pas organisé en mini-projets : aidés par une introduction à la méthodologie LEAN, les élèves trouveront par eux-mêmes une organisation dynamique et efficace du travail en ateliers pour mener à bien ce projet, avec le support et l'expertise d'encadrants en ingénierie et en paysagisme. Le MIG SOLAIRE travaillera notamment en partenariat avec la direction Aménagement et Energie de la CASA et la commune de Valbonne. Le point de départ des études sera le recueil des besoins auprès des parties prenantes de la CASA et des villes de Valbonne et d'Antibes, en lien avec le programme CASA 2040. Les ateliers seront organisés pour contribuer à la réflexion sur la transition énergétique de la CASA avec des propositions chiffrées d'actions et d'expérimentation suivant le prisme de la ressource solaire.

### DEROULEMENT

- **J1-2 :** descente TGV (et bus) Paris-Sophia Antipolis avec des visites liées à des infrastructures énergétiques (départ possible le dimanche 19 novembre en fin d'après-midi)
- **J3 :** formation au LEAN, conférences introductives
- **J4 :** rencontres et discussions avec les parties prenantes,
- **J5-12 :** visites (Sophia, moyen-pays), ateliers
- **J12-14 :** finalisation des ateliers, synthèse, rédaction
- **J15 :** restitution orale aux parties de prenantes



## DETECTION PAR SATELLITE DU BLANCHISSEMENT DES RECIFS CORALLIENS

**Contexte :** *les récifs coralliens, acteurs majeurs de la biodiversité, sont menacés d'une disparition imminente par les épisodes de blanchissement à répétition. Une meilleure compréhension du phénomène nécessite de mieux le cartographier. L'utilisation d'images satellites civiles de grandes étendues à des résolutions de l'ordre de 50 cm offre une piste intéressante. En collaboration avec le laboratoire CRIOBE du CNRS, le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) et la société ACRI, le MIG OCEAN propose de tester la détection automatique des récifs coralliens blanchis dans les atolls de Polynésie française, à partir d'images très haute-résolution acquises par la constellation Pléiades et le recours à des algorithmes d'apprentissage statistique (Machine Learning).*

### Problématique et enjeux :

- Les algorithmes de *Machine Learning* ont montré leur performance pour segmenter les images. Leur entraînement requiert toutefois des masses importantes de données validées.
- Or, les contraintes opérationnelles des constellations limitent les images disponibles.
- C'est pourquoi les centres de recherche CRC et OIE de Mines Paris, avec la contribution d'élèves, développent depuis plus de deux ans un simulateur d'images satellitaires de la surface de l'Océan.
- Il s'agit désormais d'étendre les capacités de ce simulateur pour inclure la diffusion et l'absorption des rayons lumineux dans la colonne d'eau, ainsi que leur réflexion par les fonds coralliens.

### OBJECTIFS

- **Modéliser la propagation** de la lumière dans la colonne d'eau et sa réflexion sur des coraux
- **Développer (en Python)** les modules correspondants, les intégrer au simulateur et calibrer le modèle à partir de vérités terrain
- **Générer un volume significatif** d'images satellites synthétiques de fonds coralliens sains et blanchis
- **Entraîner des algorithmes** de *Machine Learning*
- **Tester leur performance** et proposer une vision à moyen terme de l'intérêt d'un tel outil.

### Encadrement projet

- [Sebastien.travadel@minesparis.psl.eu](mailto:Sebastien.travadel@minesparis.psl.eu)
- [Luca.istrate@minesparis.psl.eu](mailto:Luca.istrate@minesparis.psl.eu)
- [Franck.guarnieri@minesparis.psl.eu](mailto:Franck.guarnieri@minesparis.psl.eu)

**Centre de recherche :** Centre de recherche sur les risques et les crises

**Lieux :** Sophia Antipolis

### MINI-PROJETS / ETUDES

Les élèves s'organiseront en mini-groupes pour développer les modules de simulation, les intégrer au simulateur existant, puis entraîner et tester des algorithmes d'apprentissage statistique sur des images réelles de zones pour lesquelles des relevés *in situ* sont également disponibles. Cela inclut : la création de la scène sous-marine, la modélisation de l'absorption et des différents modes de diffusion par des techniques de *ray tracing*, la modélisation des fonctions de réflexion par les différents types de fonds marins ; le test de plusieurs familles d'algorithmes de segmentation ; l'analyse d'images d'atolls polynésiens mises à disposition par le CNES.

### DEROULEMENT

- **Présentation** des récifs coralliens et du phénomène de blanchissement (CRIOBE), visite de Thalès Alenia Space (Cannes)
- **Introduction** au *ray tracing* et au *Machine Learning*
- **Développement en mode projet** des modules de simulation et des algorithmes de segmentation
- **Restitution devant des experts** (CRIOBE, CNES, Institut Océanographique de Monaco, ACRI, Tara Océan)



## APPROVISIONNEMENT EN LITHIUM : QUELS GISEMENTS A CONSIDERER POUR REpondre AUX OBJECTIFS DE LA TRANSITION ENERGETIQUE DE LA FRANCE ET DE L'EUROPE

**Contexte :** Dans le cadre de sa transition énergétique, l'union européenne projette un approvisionnement en Lithium multiplié par 20 en moins de 10 ans pour l'électrification des véhicules. Face à de telles projections, il convient de se poser la question de comment de tels objectifs peuvent être atteints. Durant ce MIG, trois types classiques de gisement de Lithium seront étudiés et comparés d'un point de vue économique et environnemental. Pour le(s) type(s) de gisement(s) retenu(s), le MIG étudiera leur disponibilité géologique à l'échelle de la France et de l'Europe pour déterminer si oui ou non, les objectifs annoncés peuvent être raisonnablement atteints.

### Problématique et enjeux

- Appréhender les différentes méthodes d'exploitation minières, leurs avantages et leurs risques.
- Conduire une analyse socio-économique environnementale et climatique pour différents projets miniers.
- Analyser à l'échelle française et européenne la disponibilité de différents gisements

### OBJECTIFS

- Mener une démarche multi-physique pour proposer un plan d'extraction minière pour différents types de gisements
- Proposer une comparaison multicritère (technique, économique, environnementale et climatique) permettant de recommander un type de gisement par rapport à un autre
- Extrapoler ces résultats à l'échelle internationale pour les confronter aux objectifs annoncés de l'Europe pour le Lithium

### Encadrement projet

- [nicolas.seigneur@mines-paristech.fr](mailto:nicolas.seigneur@mines-paristech.fr)
- [damien.goetz@mines-paristech.fr](mailto:damien.goetz@mines-paristech.fr)
- [dominique.brueel@mines-paristech.fr](mailto:dominique.brueel@mines-paristech.fr)
- [louis.rimbault@mines-paristech.fr](mailto:louis.rimbault@mines-paristech.fr)

**Centre de recherche :** Géosciences  
**Lieux :** Fontainebleau, Paris, Région Grand Est

### MINI-PROJETS / ETUDES

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MP1 :</b> Etude de la récupération du Li dans le gisement d'Echassières (Allier)</li> <li>• <b>MP2 :</b> Etude de la récupération de Li dans les saumures géothermales</li> <li>• <b>MP3 :</b> Etude de la récupération de Li dans les salars</li> </ul> <p><i>Pour les 3 projets, le but est d'établir un modèle de plan minier permettant de les comparer sur différents critères.</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MP4 :</b> Comparaison des rendements économiques pour les trois types de gisement</li> <li>• <b>MP5 :</b> Comparaison des impacts environnementaux et émission de CO2 associées à ces gisements</li> <li>• <b>MP6 :</b> Extrapolation à l'échelle de la France et européenne pour identifier le potentiel Li de ces gisements.</li> </ul> |
|--|---|

### DEROULEMENT

**1<sup>re</sup> semaine :** acquisition des connaissances nécessaires via des conférences et visites dans l'Est de la France

**2<sup>ème</sup> semaine :** mini-projets 1 à 3

**3<sup>ème</sup> semaine :** mini-projets 4 à 6 et préparation du rapport final.



