

MÉTIERS DE L'INGÉNIEUR GÉNÉRALISTE [MIG]

Comprendre la démarche Ingénieur



Observer



Analyser



Formuler

CYCLE INGENIEURS CIVILS

UE 15 : 1er semestre /2022-2023

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 SANTE
<i>P.10</i>	MIG URANIUM
<i>P.11</i>	MIG OPTIM AERO
<i>P.12</i>	MIG LH2
<i>P.13</i>	MIG VERRE 4.0
<i>P.14</i>	MIG ALEF
<i>P.15</i>	MIG SOLAIRE
<i>P.16</i>	MIG OCEAN
<i>P.17</i>	Grille évaluation - Rapport écrit
<i>P.18</i>	Grille évaluation – Jury- Soutenance orale
<i>P.19</i>	Grille Jury évaluation individuelle (coordinateurs)

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
- Ingénierie de la médecine et des soins hospitaliers.

Ce travail donne lieu à 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 (16-17 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
- Ingénierie de la médecine et des soins hospitaliers.

CHOIX

Les 8 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 8 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'École 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'École.

Enfin lors des deux journées 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'École 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'École et bénéficie de l'aide de nombreuses entreprises.

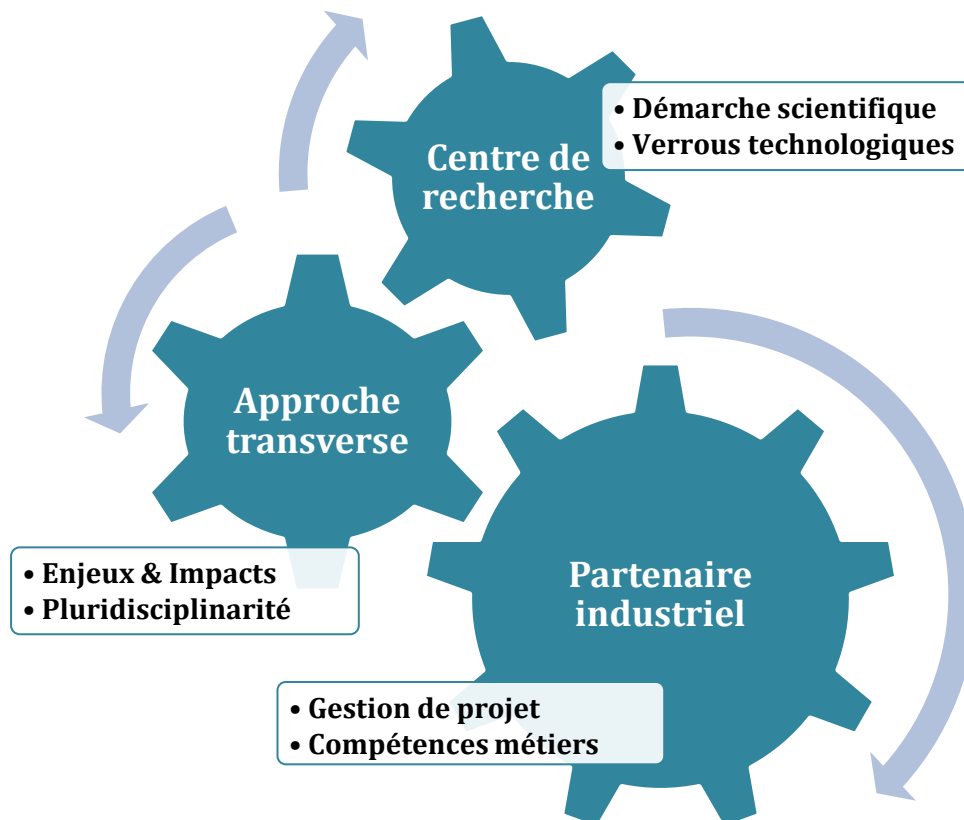
Afin d'assurer la cohérence de l'ensemble des MIG, un comité de suivi des MIG réfléchit aux orientations pédagogiques et aux évolutions. Les élèves sont associés à cette réflexion pour les améliorations à apporter. En particulier, vos réponses au questionnaire d'évaluation des MIG sont très importantes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

8 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^{er} 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 (cf. p.19)

Note collective : 3 ECTS

- Rédaction rapport (cf. p.17)
- Soutenance orale devant jury (cf. p. 18)

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 MATHEMATIQUES ET SYSTEMES

- 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 ECONOMIE, MANAGEMENT ET SOCIETE

- 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 2022-2023

PRESENTATION ORALE ET CHOIX DES MIG



VENDREDI 7 OCTOBRE 2022 | 8h45-12h00- Salle V.107 (Paris)

INTRODUCTION	8h45-9h00	MIG LH2	10h25- 10h40
MIG VERRE 4.0	9h05-9h20	MIG SANTE	10h45-11h00
MIG URANIUM	9h25-9h40	MIG ALEF	11h05-11h20
MIG OPTIM AERO	9h45-10h00	MIG SOLAIRE	11h25-11h40
PAUSE	10h05-10h20	MIG OCEAN	11h45-12h00

PERIODE BLOQUEE | 3 SEMAINES (phase 1)



DU LUNDI 14 NOVEMBRE 2022 AU VENDREDI 2 DECEMBRE 2022

MIG	CENTRE	LIEU	COORDINATEUR	
MIG ALEF	PERSEE	Sophia	P. Affonso	R. Girard
MIG OPTIM AERO	CDM	Evry	V. Maurel	
MIG OCEAN	CRC	Sophia	S. Travadel	F. Guarnieri
MIG SANTE	CGS - ENS	Paris	D. Abergel	F. Kletz
MIG SOLAIRE	OIE	Sophia	Ph. Blanc	J. Masafont
MIG LH2	CTP / GEOSCIENCES	Fontainebleau	E. El Ahmar	F. Hadj-Hassen
MIG URANIUM	GEOSCIENCES	Fontainebleau	N. Seigneur	D. Goetz
MIG VERRE 4.0	CEMEF	Sophia	F. Pigeonneau	E. Hachem

REMISE DU RAPPORT ECRIT (phase 2)



VENDREDI 23 DECEMBRE 2022	12h00	Remise du rapport
---------------------------	-------	-------------------

PREPARATION A LA SOUTENANCE ORAL (phase 3)



VENDREDI 6 JANVIER 2023	13h45-17h15	Préparation à la soutenance orale
VENDREDI 13 JANVIER 2023	13h45-17h15	
VENDREDI 20 JANVIER 2023	13h45-17h15	
LUNDI 23 JANVIER 2023	8h45-17h15	

SOUTENANCES ORALES



MARDI 24 JANVIER 2023	8h45-17h15	Soutenances orales
-----------------------	------------	--------------------

Un site dédié :

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

LUTTER CONTRE LA DOULEUR, EN VILLE ET A L'HOPITAL

Contexte : *la douleur, composante ubiquitaire en médecine, se retrouve dans un éventail très large de maladies et on estime à 22 millions en France le nombre de patients souffrant de douleurs chroniques. Ce n'est que depuis une période relativement récente – quelques décennies - que ce symptôme fait l'objet d'une attention et de soins spécifiques et que des structures spécialisées (Centres d'étude et de traitement de la douleur ou CETD) se sont progressivement mises en place. Ainsi, des prises en charges différentes selon l'origine et la nature des symptômes douloureux peuvent y être entreprises. Entre 1998 et 2010, trois plans nationaux de lutte contre la douleur se sont ainsi succédé, avec le développement de mesures portant sur des axes multiples et complémentaires (prise en charge, thérapeutique, formation, recherche...). Toutefois, un quatrième plan douleur, attendu pour 2011, n'a jamais vu le jour.*

En dehors des répercussions sur la santé et le bien-être des patients, il est important de prendre en compte les conséquences économiques, liées entre autres aux soins et au retentissement sur l'activité professionnelle, de ces douleurs chroniques.

Une prise en charge parfois lourde et nécessitant des connaissances et compétences spécifiques, des parcours des patients divers, font de la douleur une question de santé complexe.

Dans un contexte économique tendu, avec en particulier une démographie médicale marquée par de nombreux départs à la retraite dans les prochaines années, la question de l'avenir de la prise en charge efficiente de la douleur ou de la pérennité des structures spécialisées se pose.

Problématique et enjeux

- Le sujet est proposé par le Pr Serge Perrot, qui dirige le Centre d'étude et de traitement de la douleur de l'hôpital Cochin.
- Il s'agira d'évaluer de manière prospective les possibilités de conserver ou d'améliorer l'efficacité du CETD dans le contexte décrit.

OBJECTIFS

- Comprendre les spécificités du traitement et de la prise en charge de la douleur ;
- Identifier les différents parcours de soins des patients, les liens ville-hôpital ;
- Appréhender les dimensions humaine, sociale, économique ;
- Identifier les acteurs-clefs du domaine et leurs rôles effectifs ou potentiels ;
- Analyser le fonctionnement des dispositifs de prise en charge de la douleur dans un (ou plusieurs) CETD

Encadrement projet

- daniel.abergel@ens.psl.eu
- frederic.kletz@minesparis.psl.eu

Centre de recherche : centre de gestion scientifique (CGS)

Lieux : Paris

MINI-PROJETS / ETUDES

Un travail d'analyse indispensable pour bien identifier les différentes composantes, les différents acteurs du domaine.

Les mini-projets pourront inclure les réponses aux points suivants (liste non exhaustive, éventuellement modifiable selon vos analyses et recherches). Plusieurs pistes pourront être explorées, à partir desquelles ces mini-projets seront élaborés.

- Comment sélectionner les patients à adresser en centre de la douleur ?
- Comment absorber des files actives importantes et croissantes ?
- Quelle place pour de nouvelles approches numériques ?



DEROULEMENT

- **1^{ère} et 2^{ème} semaine :** conférences, visites et échanges avec les différents acteurs
- **2^{ème} et 3^{ème} semaine :** approfondissement, définition et élaboration des mini-projets.

Conférences & Visites
(1^{re} semaine)

Mini-projets
(2^e semaine)

Mini-projets (suite)
(3^e semaine)

METHODES D'EXTRACTION ALTERNATIVES D'URANIUM : COMPARAISON ENTRE LES APPROCHES BORE HOLE MINING ET IN SITU RECOVERY

Contexte : *comme reconnu par le GIEC, la production nucléaire d'électricité constitue un levier important pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre. Afin de diversifier les origines de l'approvisionnement en uranium, des techniques minières non-conventionnelles sont à l'étude pour exploiter de nouveaux gisements. Deux de ces techniques, le Bore Hole Mining (BHM) et l'In Situ Recovery (ISR) seront étudiées sur un gisement du bassin de l'Athabasca (Canada). Ces méthodes seront ensuite comparées, tant sur leur faisabilité technique et leur rendement économique que sur leurs impacts environnementaux et climatiques. Cette comparaison servira ensuite de recommandation qui sera fournie au partenaire industriel Orano, afin de l'aider dans sa décision quant à la méthode d'exploitation la plus adaptée.*

Problématique et enjeux

- Appréhender les différentes méthodes d'exploitation minières, leurs avantages et leurs risques.
- Conduire une analyse socio-économique environnementale et climatique pour le projet minier.
- Recommander aux opérateurs miniers la technique d'extraction la plus favorable sur l'analyse du cycle de vie de la mine.

OBJECTIFS

- Mettre au point une approche de modélisation multi-physique pour prédire une récupération d'uranium par diverses techniques.
- Proposer une comparaison multicritère (technique, économique, environnementale et climatique) permettant de déterminer la méthode d'extraction optimale d'uranium pour un gisement donné.

Encadrement projet

- nicolas.seigneur@mines-paristech.fr
- damien.goetz@mines-paristech.fr
- faouzi.hadj_hassen@mines-paristech.fr

Centre de recherche : Géosciences

Lieux : Fontainebleau, Paris.

MINI-PROJETS / ETUDES

▶ MP1 : Etude du gisement (4 étudiants)

Caractériser les propriétés géométriques, géomécaniques, hydrauliques et minéralogiques du gisement pour les simulations de récupération

▶ MP2 : Simulation de récupération d'uranium par ISR

Etablir un modèle hydrogéo chimique de type ISR pour simuler la récupération d'uranium

▶ MP3 : Simulation de récupération d'uranium par BHM

Etablir un modèle géomécanique d'abattage de la roche pour simuler la récupération d'uranium

▶ MP4 : Impacts environnementaux (6 étudiants)

Sur base des résultats de simulation de BHM et ISR, comparer les risques environnementaux en intégrant la post-exploitation du gisement (monitoring, ...)

▶ MP5 : Impact CO₂ (5 étudiants)

Réaliser l'analyse des émissions de CO₂ durant le cycle de vie des différentes méthodes étudiées.

▶ MP6 : Synthèse globale (5 étudiants)

Synthèse globale des différentes techniques et estimation d'un rendement financier global pour recommander une méthode d'extraction.

DEROULEMENT

- **1^{re} semaine** : acquisition des connaissances nécessaires via des conférences et visites, en particulier avec le partenaire industriel
- **2^{ème} semaine** : mini-projets 1 à 3 et présentation des résultats obtenus au partenaire industriel.
- **3^{ème} semaine** : mini-projets 4 à 6 et préparation du rapport final.



Conférences & Visites
(1^{re} semaine)

Mini-projets
(2^e semaine)

Mini-projets (suite)
(3^e semaine)

OPTIM AERONAUTIQUE

Contexte : l'augmentation de la demande de transport autant pour les passagers que pour le fret, l'augmentation du nombre de satellites, font aujourd'hui face à une demande de respect de l'environnement essentielle. La sécurité étant également un facteur clé de ces modes de transport, les acteurs de l'aéronautique et du spatial doivent répondre à l'ensemble de ces critères. Enfin, le tissu industriel doit s'appuyer sur des produits et/ou des technologies en rupture pour parvenir à de tels objectifs. Les start-ups peuvent répondre en partie à ces défis mais s'inscrivent dans des développements à grande échelle.

Problématique et enjeux

Comment concevoir et développer des systèmes aéronautiques et spatiaux performants, sûrs et répondant aux enjeux environnementaux ? cette question est au cœur des activités de recherche et de développement des différents acteurs de l'aéronautique et du spatial.

Au travers de visites, de conférences et de mini-projets, on cherchera à analyser ces enjeux et les réponses possibles ou pas que les méthodes connues permettent d'envisager. Le recours à des start-ups sera également envisagé, ainsi que les possibilités de leur association aux grands groupes industriels.

OBJECTIFS

- Analyser les méthodes de conception sûre réalisées dans le cadre de l'aéronautique civile
- Décrire les enjeux économiques et sociétaux sur les transports du futur
- Proposer une évaluation du lien entre enjeux climatiques et méthodes de développement

Encadrement projet

- sylvain.depinoy@minesparis.psl.eu
- basile.marchand@minesparis.psl.eu
- Pierre.arnaud@minesparis.psl.eu
- Aurelie.girou@safrangroup.com

Centre de recherche : centre des Matériaux, Safran

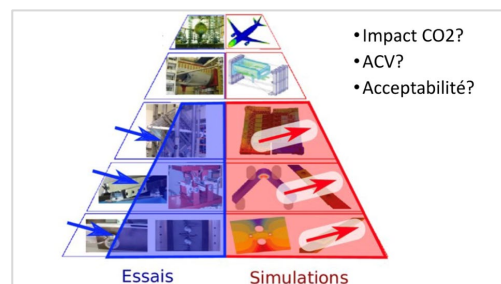
Lieux : Evry (91), Magny-les-Hameaux (78)

MINI-PROJETS / ETUDES

- Méthodes d'innovation
- Enjeux sociétaux et environnementaux
- Caractérisation des matériaux aux échelles fines
- Analyse des propriétés thermomécaniques des matériaux
- Méthodes numériques avancées pour la conception

DEROULEMENT

- **Visites :** région parisienne et toulousaine
- **Mini projets :** Centre des Matériaux (91) et Safran (78)
- **Synthèse** Mines Paris (75)



Visites d'entreprises
(1^{re} semaine)

Conduite étude(s)
(2^e semaine)

Synthèse & Rédaction
(3^e semaine)

TRANSPORT ET STOCKAGE DE L'HYDROGENE SOUS FORME LIQUIDE

Contexte : dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique global, l'abandon programmé de l'usage des carburants fossiles nécessite dès maintenant l'augmentation du recours aux énergies renouvelables et aux nouveaux vecteurs d'énergie. L'hydrogène est l'un de ces vecteurs et il est amené à devenir un élément clé pour atteindre les objectifs européens de 2050 en matière de décarbonation du paysage énergétique. On appelle "technologies H₂" l'ensemble des technologies étudiées pour produire l'hydrogène, le stocker et le convertir à des fins énergétiques.

Problématique et enjeux

Le potentiel de l'hydrogène est, aujourd'hui, dans tous les esprits : solution directe de décarbonation de l'industrie et de la mobilité, source de réindustrialisation et de création d'emplois non délocalisables, levier d'autonomie énergétique...Le déploiement des technologies hydrogène dépend encore en grande partie de la réduction de leurs coûts et de la construction d'infrastructures.

OBJECTIFS

- Etudier les technologies H₂ et les conditions de leur déploiement en France : production, transport, liquéfaction, stockage et utilisation.
- Faire une évaluation technico-économique des deux filières de H₂ gazeuse et liquide et conclure sur leurs intérêts

Encadrement projet

- elise.el_ahmar@minesparis.psl.eu
Tél. 01 64 69 49 70
- faouzi.hadj_hassen@minesparis.psl.eu
Tél. 01 64 69 48 25

Centres de recherche : Centre Thermodynamique des Procédés (CTP) / Centre de Géosciences

Lieux : IDF (Paris, Fontainebleau, Ulis, Loges-en-Josas, Stains) et Etrez (Ain)

SIX MINI-PROJETS

► 1. H₂ et la transition énergétique

- Place de H₂ dans la transition énergétique, données sur H₂ gazeux et liquide, utilisations de H₂ et configurations à étudier.

► 2. Production, transport et liquéfaction de H₂

- Comparaison des filières gazeuse et liquide de H₂ : enjeux, verrous technologiques, captage de CO₂ et coûts énergétiques.

► 3. Stockage gazeux en cavités salines et minées

- Création des cavités salines et minées, simulations numériques des deux stockages et comparaison

► 4. Stockage liquide

- Stockage en réservoir enterré, stockage en cavités minées revêtues, stockage cryogénique et simulations numériques

► 5. Impact environnemental et acceptabilité sociale

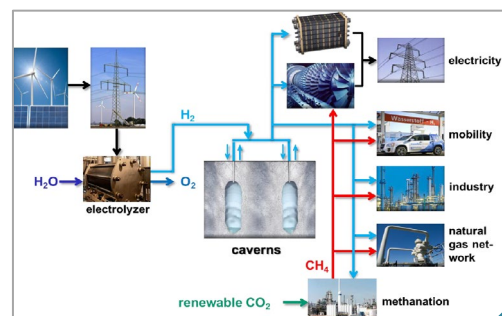
- Règlementation sur H₂, étude d'impact des formes gazeuse et liquide, acceptabilité sociale et choix de sites potentiels en France

► 6. Bilan énergétique et analyse économique

- Installations de surface et structures souterraines, bilan énergétique, évaluation économique et conclusions

DEROULEMENT

- **1^{ère} 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^{ème} semaine :** conduite des mini-projets 1 à 3 et synthèse des résultats obtenus.
- **3^{ème} semaine :** conduite des mini-projets 4 à 6 et préparation du rapport final.



Visites d'entreprise & Conférences
(1^{re} semaine)

Mini-projets 1 à 3
(2^e semaine)

Mini-projets 4 à 6 & Synthèse
(3^e semaine)

12

ELABORATION D'UN VERRE POUR LE FLACONNAGE DE LUXE

Contexte : connu pour sa grande résistance, sa transparence et sa durabilité chimique, le verre s'impose comme un matériau incontournable de notre vie quotidienne. Concurrent du plastique sur les emballages courants, le verre reste un matériau employé dans de nombreux emballages (bouteilles, flacons et pots). Pour autant, certains produits restent emballés dans des contenants plastiques. Le projet proposé est de définir un verre de substitution au plastique.

Problématique et enjeux

Pour des raisons écologiques liées à la pollution engendrée par les emballages en plastique, les verres sont une alternative de choix pour les emballages sur des marchés très concurrentiels comme ceux du luxe. Néanmoins pour des questions de poids, certains produits restent emballés à l'aide de matériaux plastiques. On se propose de trouver un verre qui puisse être utilisé comme emballage mais de même poids que l'équivalent en plastique. Pour cela, il faudra améliorer la tenue aux chocs du verre.

OBJECTIFS

- Recherche de nouveaux verres
- Elaboration des verres formulés
- Adaptation du procédé de fusion
- Renforcement des propriétés mécaniques
- Coût de développement des nouveaux verres.

Encadrement projet

- franck.pigeonneau@minesparis.psl.eu
- marie-alice.skaper@cerfav.fr

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

Lieux : Paris, Vannes le Chatel (CERFAV)

MINI-PROJETS / ETUDES

Autour du projet commun, 4 groupes seront constitués pour travailler sur divers aspects. On propose les 4 mini-projets suivants :

- ▶ Mini-projet 1 : Formulation de verres à l'aide de la base de données Interglad V8
- ▶ Mini-projet 2 : Fusion et affinage des verres sélectionnés
- ▶ Mini-projet 3 : Conception d'un four de fusion
- ▶ Mini-projet 4 : Renforcement mécanique du verre

La synthèse du travail devra prendre en compte une dimension économique et écologique.

DEROULEMENT

- **1^{ère} semaine :** Séminaires, cours et visites d'usines
- **2^{ème} semaine :** Mini-projets
- **3^{ème} semaine :** Mini-projets et synthèse des travaux



Séminaires & Visites
(1^{re} semaine)

Mini-projets
(2^e semaine)

Synthèse & Rédaction
(3^e semaine)

L'HYDROGENE DANS LA REGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Contexte : dans un contexte de lutte contre le changement climatique, l'hydrogène est appelé à jouer un rôle clé. Septembre 2020, la France présente sa stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) a lancé en décembre de la même année son Plan Régional Hydrogène afin de soutenir la filière hydrogène dans la Région, décarboner les usages actuels de l'hydrogène dans l'industrie et promouvoir son utilisation en tant que vecteur énergétique, notamment pour la mobilité lourde. Les projets démonstrateurs foisonnent, mais l'intérêt de l'hydrogène dépend de plusieurs aspects techniques, économiques, environnementaux et sociétaux, ainsi que des spécificités de chaque territoire.

Problématique et enjeux

D'où viendra l'hydrogène utilisé dans la Région PACA ? A partir de quelles sources d'énergie et où sera-t-il produit ? Comment sera-t-il transporté, stocké et distribué ? Quels seront les coûts et les impacts environnementaux et sociétaux du déploiement de l'hydrogène dans la région ? Comment répondre à ces questions en tenant compte des spécificités de chaque territoire ?

OBJECTIFS

Etudier et évaluer le déploiement de l'hydrogène dans différents territoires de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, avec la construction d'un outil permettant de construire de scénarios et faire des analyses de sensibilité par rapport à différents paramètres.

Encadrement projet

- pedro.affonso_nobrega@minesparis.psl.eu
- anaelle.jodry@minesparis.psl.eu
- robin.girard@minesparis.psl.eu

Centre de recherche : Centre Procédés, Energies Renouvelables, Systèmes énergétiques (PERSEE)

Lieux : Sophia-Antipolis

MINI-PROJETS/ETUDES

► **Demande :** Quelle place de l'hydrogène dans le transport/mobilité et sous quelles conditions ? Quels scénarios pour l'évolution de l'industrie ?

► **ACV :** Quels impacts d'un écosystème H₂ ? GES, biodiversité, etc. ? Quels gains par rapport à d'autres alternatives ?

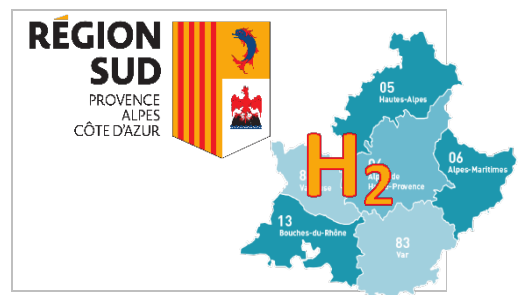
► **Production :** Comment va être produit l'hydrogène ? Vers une production d'hydrogène centralisée ou distribuée ? Quelle part d'importation ?

► **Logistique :** Quelles infrastructures nécessaires ? Stockage, transport, distribution, terminaux d'importation ?

DEROULEMENT

■ **14/11 au 17/11 :** Découverte des enjeux et problématiques à travers de présentations (Région PACA, Capenergies...) et visites de sites industriels (Arcelor Mittal, Helion, Provence Grand Large...)

■ **18/11 au 03/12 :** Conduite des mini-projets et synthèse des résultats des travaux réalisés. Présentation des résultats obtenus à la Région PACA.



Visites
d'entreprises
(1re semaine)

Conduite étude(s)
(2e semaine)

Synthèse & Rédaction
(3e semaine)

La ressource solaire dans la transition de la ville de Marseille vers son objectif de ville neutre en carbone d'ici 2030



Contexte : La ville de Marseille a récemment affirmé sa volonté d'être parmi les 100 villes européennes à atteindre la neutralité carbone d'ici 2030, avec sa labélisation par la « *EU Mission: Climate-Neutral and Smart Cities* », en avril 2022. Dans ce cadre, la ville s'engage à atteindre effectivement la neutralité carbone d'ici 2030 mais aussi d'être une ville d'expérimentations et d'innovation pour ouvrir la voie et paver le chemin pour les autres villes européennes à l'horizon 2050.

Problématique et enjeux

La question du chemin vers la neutralité carbone d'une ville comme celle de Marseille est formidablement complexe et passionnante sur l'on considère l'intrication entre les systèmes de bâtiments, d'industries, de réseaux de transport, d'énergie, d'eau, de déchets, d'alimentation, ou encore de biens et services. Compte tenu du climat méditerranéen de la ville de Marseille, le MIG SOLAIRE propose d'aborder cette question suivant la très riche perspective énergie – eau – alimentation, par le double prisme de la ressource solaire et de la renaturation urbaine.

OBJECTIFS

- Identification d'un périmètre d'étude et diagnostics des gains d'efficacité et des ressources, notamment solaire
- Croiser les regards d'ingénieurs et de paysagistes pour étudier et in-fine proposer des actions et des expérimentations contribuant à la trajectoire zéro-carbone de la ville de Marseille ainsi qu'au changement de regard de la population sur les énergies renouvelables et l'impératif de la renaturation de la Ville

Encadrement projet

- philippe.blanc@minesparis.psl.eu
- joris.masafont@minesparis.psl.eu

Centre de recherche : Observation, Impacts, Energie (OIE)

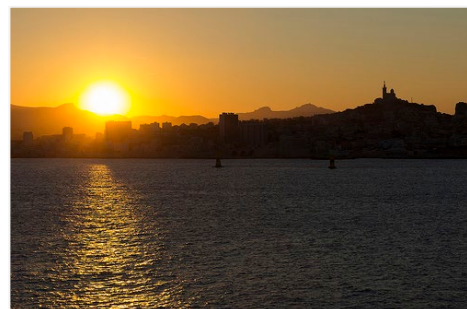
Lieux : campus Pierre Laffitte, Sophia Antipolis

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, en urbanisme et en paysagisme. Le MIG SOLAIRE travaillera notamment en partenariat avec le département Parcs et Jardins de la ville de Marseille qui gère son patrimoine des espaces verts de 700 ha (3 % de la superficie de la commune) mais aussi avec d'autres services de la Ville en lien avec l'énergie, l'eau et l'alimentation. Le point de départ des études sera le recueil des besoins auprès des parties prenantes de la ville de Marseille et de l'équipe projet « *EU Mission: Climate-Neutral and Smart Cities* ». Les ateliers seront organisés pour contribuer à la réflexion sur la transition énergétique de Marseille avec des propositions chiffrées d'actions et d'expérimentation suivant le prisme de la ressource solaire et de la renaturation urbaine.

DEROULEMENT

- **J1-2 :** descente dans le Sud avec visites liées à des infrastructures énergétiques (départ le dimanche 13 novembre en fin d'après-midi)
- **J3 :** conférences introductives avec les parties prenantes, visites (Marseille)
- **J4-5 :** formation au LEAN, série de conférences, ateliers (Marseille, fin de journée sur Sophia)
- **J10-12 :** continuation des ateliers sur Sophia
- **J15-18 :** finalisation des ateliers, synthèse, rédaction
- **J19 :** restitution orale aux parties de prenantes



DETECTION PAR SATELLITE DES POLLUTIONS PLASTIQUES EN MER

Contexte : les découvertes récentes en biologie marine ont révélé les effets catastrophiques sur le vivant et le climat de la pollution des océans par les plastiques. Cependant, la quantification et le suivi de cette pollution demeurent incertains. L'utilisation d'images satellite civiles, qui couvrent de larges régions jusqu'à des résolutions de l'ordre de 50 cm, offre une piste intéressante. En partenariat avec le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) et la Fondation Tara Océan, le MIG OCEAN vise à tester la possibilité de détecter automatiquement des déchets macro-plastiques à partir des images très haute-résolution de la constellation Pléiades et d'algorithmes d'apprentissage statistique (Machine Learning).

Problématique et enjeux

- Les algorithmes de *Machine Learning* ont montré leur performance pour segmenter des images. Toutefois leur entraînement pour détecter du plastique nécessite des volumes significatifs de données qualifiées.
- Or, la disponibilité limitée des constellations et la difficulté à valider la nature des débris flottants rendent impossible une collecte de données à grande échelle.
- Afin de dépasser cette limitation, les centres de recherche CRC et OIE de Mines Paris ont développé un simulateur d'images des satellites Sentinel 2 (10 m de résolution), qui a montré des résultats prometteurs. La simulation des images très haute-résolution de la constellation Pléiades s'avère plus complexe et doit intégrer notamment la réfraction par les vagues de la lumière du Soleil.

OBJECTIFS

- Réaliser (en Python) un simulateur d'images Pléiades et générer un jeu massif d'images synthétiques de mer contenant des débris flottants.
- Entraîner des algorithmes d'apprentissage statistique sur ces données.
- Tester leur performance sur des images réelles et, selon les résultats, proposer une vision à moyen terme de l'intérêt d'un tel outil.

Encadrement projet

- sebastien.travadel@minesparis.psl.eu
- luca.istrate@minesparis.psl.eu
- franck.guarnieri@minesparis.psl.eu

Centre de recherche : centre de recherche sur les risques et les crises (CRC)

Lieu : Sophia Antipolis

MINI-PROJETS / ETUDES

Les élèves s'organiseront en mini-groupes pour développer l'ensemble des fonctionnalités du simulateur d'images puis pour entraîner et tester des algorithmes d'apprentissage statistique. Cela inclut : la modélisation de l'optique et du traitement du signal par les instruments de mesure du satellite ; la modélisation de la réfraction par les vagues de la lumière du Soleil ; le test de plusieurs familles d'algorithmes d'apprentissage ; l'analyse d'images inédites de cibles plastiques immergées, acquises en juin 2022 dans le cadre d'une collaboration entre Mines Paris, l'Université de la mer Egée, le CNES, et Airbus Defence & Space. Les résultats permettront de dégager les contours d'un potentiel service de fourniture de données par le CNES aux chercheurs et aux pouvoirs publics.

DEROULEMENT

- **Visite** de l'IFREMER (Toulon), Thalès Alenia Space (Cannes) et conférences d'experts sur la pollution des océans, les satellites et les plastiques.
- **Introduction** à la modélisation d'images satellite et au *Machine Learning*.
- **Immersion** en mode projet pour le développement du simulateur et des algorithmes d'apprentissage.
- **Restitution** devant Tara Océan, le CNES, l'IFREMER, l'Institut Océanographique de Monaco et ACRI.



Présentations des enjeux
et concepts clés
(1^{re} semaine)

Immersion
en mode projet
(2^e semaine)

Synthèse et restitution
auprès des partenaires
(3^e semaine)

GRILLE ÉVALUATION - RAPPORT ÉCRIT

RAPPORT FINAL

<p>► Rédaction d'un rapport final</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20-30 pages max • + annexe(s) si besoin
--

CRITERES	Excellent (20-18)	Très bien (18-16)	Bien (16- 14)	Moyen (14- 12)	Passable (12- 10)	Insuffis. (<10)
<p>Contexte et définition du projet/ sujet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Originalité / Spécificité du sujet • Envergure, complexité • Mise en évidence de l'ensemble des enjeux (socio-économie, gestion, droit, environnement, ...) • Définition du cahier des charges et hypothèses simplificatrices faites afin de réaliser une étude dans le temps imparti et les moyens disponibles. 						
	Commentaires :					
<p>Documentation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pertinence des références • Utilisée pour montrer le contexte et l'utilité du projet/sujet • Utilisée pour définir la méthodologie • Bonne synthèse de l'état de l'art 						
	Commentaires :					
<p>Méthodologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise en place d'une démarche scientifique • Formulation des hypothèses à valider lors de l'analyse • Description de la méthodologie utilisée (expérimentale et/ou modélisation) • Définition de la portée et des limites de l'étude 						
	Commentaires :					
<p>Présentation des résultats</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présentés de façon claire et compréhensible • Présentation des données sur support judicieux (tableaux, graphiques et schémas) • Justesse et pertinence des observations 						
	Commentaires :					
<p>Analyse/Discussion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse critique des résultats, rigueur • Représentativité des données, des phénomènes étudiés • Formulation de recommandations claires et adéquates • Conclusion générale et ouvertures judicieuses (reformulation éventuelle du problème, études complémentaires à mettre en place ...) 						
	Commentaires :					
<p>Qualité de la Rédaction</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esprit de synthèse • Capacité à faire comprendre les enjeux et à éclairer les choix • Structure (plan) mettant en valeur les éléments essentiels du projet 						
	Commentaires :					
Evaluation et commentaire global	Excellent (20-18)	Très bien (18-16)	Bien (16- 14)	Moyen (14- 12)	Passable (12- 10)	Insuffis. (<10)

Clarté et esprit
de synthèse

Démarche et rigueur
scientifique

Capacité à faire comprendre les
enjeux et à éclairer les choix

GRILLE EVALUATION - JURY- SOUTENANCE ORALE

1h30

▸ Membre jury (Nom / Prénom)	
▸ MIG	

SOUTENANCE ORALE

▸ Présentation collective	45 mn à 1h
▸ Questions du jury	30 à 45 mn

Note collective

CRITERES	Excellent (20-18)	Très bien (18-16)	Bien (16- 14)	Moyen (14- 12)	Passable (12- 10)	Insuffis. (<10)
1. Présentation collective <ul style="list-style-type: none"> Pertinence des supports, structuration de la présentation Identification /compréhension des enjeux de l'étude Mise en évidence de la rigueur scientifique / la méthodologie appliquée 						
	Commentaires :					
2. Questions du jury <ul style="list-style-type: none"> Cohérence et pertinence des réponses Clarté et justesse du vocabulaire utilisé Structuration de réponse (reformulation, contextualisation, démarche, résultat, analyse) Rigueur de l'argumentation 						
	Commentaires :					
Evaluation globale						

Commentaire global :

Capacité à exposer
une démarche ingénieur

Capacité à mettre en valeur
les points clés

Capacité à expliquer
et à argumenter

GRILLE EVALUATION INDIVIDUELLE - COORDINATEURS-

PARTIE INDIVIDUELLE – EVALUATION PAR LES COORDINATEURS

Note individuelle

CRITERES	Excellent (20-18)	Très bien (18-16)	Bien (16- 14)	Moyen (14- 12)	Passable (12- 10)	Insuffis. (<10)
Nom de l'élève :						
<i>Part personnelle à l'avancement du projet</i>						
<i>Participation à la dynamique de groupe</i>						
<i>Assiduité, ponctualité</i>						
<i>Compréhension des enjeux de l'étude</i>						
<i>Intervention lors des conférences et visites</i>						
Commentaires :						
Mini-projets						
<i>Autonomie</i>						
<i>Quantité de travail</i>						
<i>Initiative</i>						
<i>Analyse des Résultats obtenus/ Rigueur</i>						
<i>Communication avec ses coéquipiers / Esprit de synthèse</i>						
<i>Capacité d'écoute et d'organisation</i>						
Commentaires :						
Note globale						

Pratique du travail
collaboratif

Exercice de la
responsabilité

Capacité à gérer un
projet

