

Option CliMaTHs

Mathématiques et Modélisation pour le Climat, la Terre et l'Humain

”Les mathématiques fournissent une approche qui permet de décrire, modéliser et simuler la complexité, à un moment où il est vital de pouvoir se représenter le monde dans un langage accessible à tous”.

”Rencontre Maths-Industrie” Institut Henri Poincaré, Paris, 12 décembre 2019

Objectifs

1. La démarche de l'option CliMaTHs s'inscrit en particulier dans une volonté de rapprocher l'enseignement dispensé à Centrale Marseille des réalités de l'urgence écologique et du monde de demain. En 2019, de nombreuses écoles d'ingénieur·e·s ont déjà commencé à faire évoluer leurs programmes de formation pédagogique dans ce sens. L'écoconception, l'efficacité énergétique, la gestion éclairée des ressources et des risques, les dynamiques de décarbonisation sont autant de leviers sur lesquels les futures générations d'ingénieur·e·s de demain seront appelées à travailler. L'intégration de ces thématiques dans l'enseignement supérieur ingénieur se décline donc sous de nombreuses formes : conférences de sensibilisation, modification des enseignements de tronc commun, création de nouveaux parcours de spécialisation.

2. Dans la formation CliMaTHs de Centrale Marseille, c'est l'approche de ces problématiques par la **modélisation mathématique** qui est mise à l'honneur. Il s'agit de permettre aux étudiant·e·s de développer une compréhension des modèles qui représentent notre monde, dans un langage formel, apte à faire dialoguer des disciplines aussi éloignées que l'économie et la biologie. La formation se veut diversifiée, couvrant un large champ de compétences en modélisations analytique, numérique et stochastique, ainsi qu'en simulation, en optimisation, et en méthodes de calcul performantes, traitement des données, et d'assimilation de données.

Elle vise à aiguïser le sens critique des ingénieur·e·s qu'elle forme vis-à-vis des modèles et de leurs limites, afin de prendre des décisions rationnelles et éclairées.

La référence au climat du titre CliMaTHs est à prendre au sens large. En effet, la formation ne se restreint pas à la description de phénomènes physiques liés à la modélisation du climat, mais aborde également des problématiques sociologiques, économiques, énergétiques, et écologiques en lien avec le monde de demain.

Grands Thèmes du programme d'enseignement et concepts-clés abordés

CliMaTHs a pour objectif de former des ingénieur·e·s conscient·e·s des enjeux environnementaux et sociétaux contemporains et doté·e·s d'un socle de compétences diversifiées en modélisation mathématique.

Différentes approches sont abordées : modélisation par des équations aux dérivées partielles,

modélisation statistique, modélisation multi-agent... Les étudiant·e·s prennent ainsi en main différents outils d'analyse, de simulation et de prédiction de modèles. Les problématiques de choix de modèles, de leur hiérarchie et de leur couplage, des nuances et de la rigueur d'interprétation sont centrales à la formation. En particulier, on insistera sur les conclusions qui peuvent être tirées de différentes études et sur les critiques qui peuvent en être faites, mais également sur les prises de décision induites par les résultats obtenus.

Par ailleurs, l'équipe pédagogique de CliMaTHs veille à ce que le socle technique de la formation repose au maximum sur des exemples d'application en lien avec des thématiques environnementales, sociétales et économiques actuelles

A qui s'adresse cette formation?

Cette formation s'adresse aux étudiants souhaitant mettre la réflexion sur les enjeux climatiques et environnementaux au coeur de leur formation, et n'étant pas réfractaires à l'utilisation des mathématiques pour ce faire.

Etant le seul parcours de maths de l'école, elle intéressera aussi les étudiants sans attrait à priori pour les questions climatiques mais souhaitant se spécialiser dans les mathématiques. Ces étudiants-là pourront alors remplacer les cours du Slot 2 par des cours d'un M2 de leur choix (CEPS ou Data Science).

Le quota d'élèves pour cette option est de 20 élèves, et, comme pour la promo 2020, nous envisageons une dizaine d'élèves pour chacun des deux profils décrits plus haut.

Débouchés

Cette filière ouvre la porte à de nombreux débouchés dans le domaine de la transition énergétique et de l'analyse de données. L'application des mathématiques aux secteurs de l'énergie, du climat et de la société intéresse en particulier de nombreuses sociétés.

Quelques exemples de domaines de compétences : Ingénierie projet - Ingénierie impact carbone - Ingénierie mathématique - Traitement et analyse de données - Gestion de la complexité - Travail en équipe

Liste des entreprises/laboratoires/associations dans lesquels les étudiants de la promo 2020 font leur TFE :

Grandes entreprises (Vinci, RTE, MBDA, Thalès, Schneider Electric, EDF, SNEF), PME (Greenscore capital, PV cycle, Calyps,...), Start up, Conseil, Collectivités (Pontivy), Associations (Terre et Cité), Laboratoires de recherche (ENPC, LSCE, IRPHE).

Formation

Chaque élève suit 300 heures de formation et réalise un projet de 100 heures. Tous les enseignements présenteront à la fois des fondements théoriques et des outils pratiques, ces savoirs étant mis en œuvre lors du projet. Un cycle de conférences apportera un éclairage professionnel et spécifique sur certains aspects métiers.

Programme

L'option suit le nouveau modèle des options 3A de Centrale Marseille, à savoir une introduction de 60h auquel s'ajoutent 3 temps de 80h et un projet de 100h.

Introduction (60 h)

- Cours introductif (A. Grandjean, Carbone 4, FNH)
- Energie et climat (R. Meyer, Youtubeur)
- Harmonisation en analyse et en statistiques (Centrale Marseille)
- Attestation bilan carbone (Institut France Carbone)
- Conférences

Temps 1 : Simulation et optimisation (80 h - Octobre / novembre)

- Calcul scientifique (Florence Hubert, AMU)
- Optimisation et contrôle (Magali Tournus, Centrale Marseille)+ Conférence RTE "Equilibre offre demande dans le contexte de croissance de l'énergie renouvelable"
- Calcul Haute Performance pour la météo et le climat (Thomas Dubos (Laboratoire de météorologie dynamique, Ecole Polytechnique))
- Analyse et simulation de trafic routier, opinion (Thierry Goudon, DR INRIA, Nice)

Temps 2 : Modèles et couplages (80 h - Décembre / janvier)

- Couplages de modèles : Economie, Ecologie et Société (E. Espagne AFD)
- EDP en biologie : Croissance, réaction, mouvement (G. Chiavassa, J. Liandrat et M. Tournus, Centrale Marseille)
- L'anthropocène et ses futurs (Equipe STEEP- INRIA)
- Mathematical Problems in Climate Dynamics (M. Ghil, ENS Paris)
- Modélisation multi-agents en sciences sociales (J. Rouchier, CNRS, Lamsade Paris)

Temps 3 : Données et statistiques (80 h - Février / mars)

- Apprentissage statistique (C. Pouet, Centrale Marseille + Conférence ITK "Agriculture intelligente")
- Valeurs extrêmes et climat (Thomas Opitz, INRAE Avignon)
- Reconstruction de données (J. Baccou, J. Liandrat, Centrale Marseille, IRSN).

Projet (100h)

Programmé une demi-journée par semaine se poursuit de septembre à Mars.

Masters privilégiés associés

En troisième année, Centrale Marseille offre la possibilité d'approfondir certains enseignements par la poursuite d'un master en parallèle.

Les étudiant·e·s doivent signaler leur intérêt auprès des responsables du master extérieur ainsi que des responsables de l'option CliMaTHs.

L'option CliMaTHs sera aménagée de manière à ce que les étudiant·e·s puissent suivre confortablement le master CEPS.

► Master [CEPS](#) (Calcul scientifique, Équations aux dérivées partielles, Probabilités, Statistiques)

Les cours potentiellement partageables sont :

Temps 1 : Calcul scientifique, optimisation et contrôle, Analyse et simulation de trafic routier-opinion

Temps 2 : EDP en biologie, Modèle de climat

Temps 3 : Apprentissage statistique et reconstruction de données

L'inscription à d'autres masters est envisageable. Néanmoins, ceux-ci présentent moins d'équivalences en termes d'enseignement et leurs emplois du temps ne seront pas aménagés de facto avec celui de CliMaTHs. L'articulation de la double formation est donc délicate et devra donc être définie au cas par cas. Il revient à l'élève d'instaurer un dialogue avec les responsables de masters et les responsables de CliMaTHs afin d'en étudier les possibilités. Les masters en question sont les suivants :

► Master [DS](#) (Data science)

(Site Saint-Charles) Contact : pierre.pudlo@univ-amu.fr

► Master [MASS POP](#) (Mathématiques Appliquées aux Sciences Sociales)

(Site Saint-Charles) Contact : nicolas.pech@univ-amu.fr

► Master en Ingénierie des Systèmes Complexes ([MISC, Centrale Marseille](#))

Contact : msct-cse@centrale-marseille.fr

Laboratoires de recherche associés

L'I2M, UMR 7373, Institut de Mathématiques de Marseille : <https://www.i2m.univ-amu.fr/linstitut/presentation-de-linstitut/>

Le LIS UMR 7020, Laboratoire d'Informatique et Systèmes : <http://www.lis-lab.fr/>

Organisateurs de l'option

Jacques Liandrat et Magali Tournus