

# RECUEIL DES TRAVAUX D'OPTION DES ÉLÈVES DE 3<sup>ème</sup> ANNÉE

Promotion 2016



# SOMMAIRE/TABLE OF CONTENTS

|  |     |
|--|-----|
| Affaires publiques et innovations <i>Public Affairs and Innovation</i>               | 6   |
| Biotechnologie <i>Biotechnology</i>  | 20  |
| Économie industrielle <i>Industrial economics</i>                                    | 30  |
| Génie atomique <i>Nuclear engineering</i>  | 38  |
| Géosciences <i>Geosciences</i>   | 42  |
| Géostatistiques* <i>Geostatistics *</i>  | 46  |
| Gestion scientifique <i>Scientific management</i>                                    | 50  |
| Ingénierie de la conception <i>Engineering design and management</i>                 | 54  |
| Ingénierie digitale et systèmes complexes <i>Industrial economics</i>                | 60  |
| Innovation et entrepreneuriat* <i>Innovation &amp; entrepreneurship</i>              | 64  |
| Machines et énergie <i>Mechanical engineering and energy</i>                         | 68  |
| Management des systèmes d'information*<br><i>Information, systems and management</i> | 78  |
| Mareva* <i>Mareva*</i>   | 82  |
| Procédés et énergie* <i>Energy and process engineering</i>                           | 92  |
| Sciences et génie des matériaux<br><i>Materials sciences and engineering</i>         | 96  |
| Sol et sous-sol <i>Underground engineering and management</i>                        | 100 |
| Systèmes de productions et logistique*<br><i>Production systems and logistics</i>    | 104 |

\* La totalité des soutenances de cette option sera programmée dans le courant du mois septembre

# AFFAIRES PUBLIQUES ET INNOVATION



L'option « Affaires Publiques et Innovation » forme les élèves à l'analyse des dimensions politiques de l'innovation. Elle permet d'acquérir des compétences théoriques et pratiques dans des domaines tels que l'utilisation d'instruments marchands dans les politiques publiques (marché carbone, réforme tarifaire de la santé...), les choix publics en matière de valorisation de l'innovation (évaluation des performances des écotechnologies, détermination du prix des médicaments pour les maladies rares...), la gestion du risque par des outils technico-réglementaires (traçabilité des produits agro-industriels, encadrement du marché des substances chimiques...), ou encore les procédures de concertation (organisation de débats publics pour les projets d'infrastructure, relations entre l'entreprise et ses parties prenantes...).

Ces activités font aujourd'hui partie du quotidien de l'ingénieur occupant des fonctions de responsabilité dans l'entreprise, l'administration, les organisations internationales ou le secteur associatif. Elles visent à gérer des affaires publiques, caractérisées à la fois par des incertitudes liées au développement des technologies et des marchés, par des problèmes à l'interface entre l'organisation et ses parties prenantes (régulateurs, investisseurs, usagers, publics concernés...), et par l'articu-

lation croissante entre les secteurs publics et privés, entre les échelles de gouvernement nationale, européenne et internationale. Elles requièrent d'associer à la maîtrise technique de l'innovation une compréhension fine de ses enjeux politiques, liés notamment aux évolutions réglementaires, aux relations avec la société civile et à l'organisation des échanges économiques.

Ainsi, la formation délivrée par l'option répond à une demande croissante pour des ingénieurs capables de mettre leurs compétences techniques au service de projets à l'interface entre le développement industriel, la régulation et la gestion des attentes des parties prenantes. Elle s'appuie sur les sciences politiques, le droit, la sociologie et les études sociales des sciences pour fournir les outils permettant d'identifier, d'analyser et de gérer les dimensions politiques des projets techniques. Les stages permettent aux optionnaires de mettre à profit ces compétences dans des domaines caractérisés par de fortes incertitudes techniques et sociales. Ils se déroulent en partenariat avec des acteurs variés (entreprises, administrations publiques, ONG ou universités).

**Liliana Doganova,  
Brice Laurent**

# PUBLIC AFFAIRS AND INNOVATION

The «Public Affairs and Innovation» minor is a training program devoted to the analysis of the political dimension of innovation. It covers domains such as the use of market devices in public policies (e.g. carbon markets, tariff-based policy instruments...), public choices related to the valuation of innovation (e.g. price setting for drugs, performance evaluation of green technologies...), the management of risk by technical and regulatory tools (e.g. product labeling, market regulations...), or participatory procedures (e.g. public debates about infrastructure projects, company/stakeholder relations...). These activities have become components of management and engineering work, especially at leadership positions. They aim to manage public affairs, characterized by uncertainties linked to technological and market development, issues arising at the boundary between organizations and their stakeholders, and by the increasing articulation between public and private sectors. They require that technical competencies are complemented by the in-depth understanding of the political stakes of innovation, be they related to regulatory evolutions, relationships with civil society, or the organization of economic exchanges. Thus, the training program offered within the minor answers a growing request for

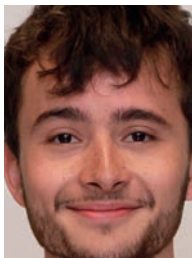
managers and engineers able to build on their technical competences to conduct projects encompassing industrial development, regulatory evolutions and the complex relationships with stakeholders. It uses political science, law, sociology and the social studies of science to introduce tools to identify, analyze and manage the political dimensions of technical projects. Internships offer opportunities to benefit from the training program in domains where technical and social uncertainties are acute. They are conducted in partnership with various actors (companies, public administrations, NGOs or universities).

**Liliana Doganova,  
Brice Laurent**

# AFFAIRES PUBLIQUES ET INNOVATION

## PUBLIC AFFAIRS AND INNOVATION

Mercredi 11 septembre Wednesday 11<sup>st</sup> September ■ L312



Arthur  
CHEN

12h-13h - PUBLIC RESTREINT

### Le « Sommet des Deux Rives » : étude des mécanismes d'ingénierie sociale du sommet et de la conception innovante qu'ils portent d'une diplomatie fondée sur l'implication des sociétés civiles méditerranéennes

*The « Summit of the Two Shores » : social engineering mechanisms aiming at embodying a new form of diplomacy based on mediterranean civil societies*

Imaginé par le Président de la République et annoncé pour la première fois lors de son déplacement à Tunis au début de l'année 2018, le Sommet des Deux Rives (qui s'est déroulé à Marseille les 23 et 24 juin 2019) vise à relancer une dynamique de coopération positive, pragmatique et inclusive en Méditerranée occidentale. Son ambition est d'impliquer pleinement les sociétés civiles méditerranéennes dans l'ensemble du processus devant permettre l'émergence de projets opérationnels et réalisables, recevant à Marseille un soutien politique fort. Pour ce faire, chacun des dix pays du dialogue 5+5 (Portugal, Espagne, France, Italie, Malte pour la rive nord ; Mauritanie, Maroc, Algérie, Tunisie, Libye pour la rive sud) a désigné 10 personnalités de la société civile. L'ensemble de ces 100 personnalités est fortement impliqué dans plusieurs forums thématiques préparatoires, visant à identifier des projets fédérateurs, correspondant à un véritable besoin de la société civile. Du mode de sélection des 100 personnalités au fonctionnement de leur communauté, en passant par l'organisation concrète des forums thématiques et du Sommet de Marseille, l'ensemble du processus mis en oeuvre dans le cadre du « Sommet des Deux Rives » constitue un objet d'étude en ingénierie sociale et participative particulièrement intéressant, du point de vue de la conception qu'il porte d'une diplomatie reposant sur les sociétés civiles. Mon mémoire s'attache à mettre en exergue et à étudier les mécanismes permettant de convertir une initiative essentiellement top-down en un processus de mobilisation civile voulu bottom-up, autant qu'à analyser les définitions des concepts de « diplomatie » et de « société civile » qu'ils contribuent à faire émerger. Pour ce faire, je m'appuie sur mon retour d'expérience du forum thématique français (forum « Culture, Médias, Tourisme » à Montpellier les 2 et 3 mai), sur mes entretiens avec l'équipe organisatrice du sommet côté français ainsi qu'avec certains des dix représentants de la société civile française, et sur mes analyses du déroulement du sommet de Marseille devant formaliser le lancement des projets ayant émergé de l'ensemble du processus.

*Imagined by the President of the French Republic and announced for the first time during his trip to Tunis at the beginning of 2018, the « Summit of the Two Shores » (which took place in Marseille on June 23-24) aims at reviving a dynamics of positive, pragmatic and inclusive cooperation in Western Mediterranean. Its goal is to fully involve civil society in the whole process that will shed light on concrete projects which will receive strong political support in Marseille. To that end, each country of the 5+5 dialogue (Portugal, Spain, France, Italy, Malta for the Northern shore ; Mauritania, Morocco, Algeria, Tunisia, Libya for the Southern shore) has appointed 10 civil society personalities. All these 100 people are fully involved in preparatory theme forums that identify unifying projects addressing a real need of the civil society. The selection process of the 100 representatives, the way their community operates and the concrete organisation of the theme forums are part of a broader question regarding the social and participative engineering mechanisms of the « Summit of the Two Shores ». This process, as well as the idea of a civil society-based diplomacy that it conveys, is a particularly interesting social engineering object of study and is in the center of my work. My essay focuses on highlighting and analysing the conversion of a top-down initiative into a whole civil society mobilisation process that is much more based on a bottom-up approach. I also investigate the definitions of « diplomacy » and « civil society » that the « Summit of the Two Shores » tends to build. To that end, I rely on my participation in the French theme forum (« Culture, Medias, Tourism » forum in Montpellier on May 2-3), on my discussions with the organising team and with some of the 10 French civil society representatives, and on my analysis of the Marseille summit aiming at formalising the launch of the main projects identified during the process.*

**Présidence de la République -  
Cellule diplomatique**  
Paris



# BIOTECHNOLOGIE



Depuis quelques décennies, la biotechnologie propose des solutions toujours plus innovantes pour la compréhension du vivant et la santé, mais aussi pour les procédés industriels de transformation de la matière, et notamment du carbone renouvelable. Ainsi de nouvelles stratégies applicatives des sciences de la vie émergent et nécessitent aujourd'hui de repenser les productions et les produits sur les bases des acquis scientifiques récents et d'introduire, chaque fois que nécessaire, les nouvelles biotechnologies.

La biotechnologie concerne donc, par les perspectives qu'elle ouvre, des secteurs de plus en plus étendus de l'activité Biotechnologie industrielle: l'agriculture, l'agro-alimentaire, la pharmacie, la médecine, la cosmétologie, la chimie, l'environnement,...

C'est une discipline transversale, à la croisée des Sciences de la Vie et des Sciences de l'Ingénieur pour laquelle la pluridisciplinarité est obligatoire. L'ingénieur doit pouvoir comprendre et participer aux choix réalisés

en prenant en compte aussi bien les aspects scientifiques et technologiques que les aspects économiques et sociétaux.

L'option a donc pour objectif de donner aux élèves une synthèse des connaissances actualisées des Sciences de la Vie en vue de comprendre les enjeux et applications concernant le vivant, les biotechnologies et leur participation à l'économie générale. L'option fournit à l'élève l'occasion d'utiliser l'ensemble de ses connaissances d'ingénieur généraliste afin de contribuer à une solution à un problème industriel concret qui lui est posé dans le cadre de son projet de fin d'études. Du fait des applications variées de la biotechnologie, les sujets d'études sont également très diversifiés comme le montrent ceux présentés cette année.

**Arnaud Blondel,  
Véronique Stoven**



# BIOTECHNOLOGY



*For the past few decades, biotechnologies have been proposing ever more innovative solutions to understand living organisms and health, but also to transform matter in industrial processes, notably renewable carbon. Hence, products and productions have to be redesigned to incorporate the new life-science applicative strategies that emerge from recent scientific discoveries, thus modeling modern biotechnologies.*

*Therefore, biotechnology opens new perspectives and applies to ever-wider sectors of the biotechnology industry: agriculture, food processing, pharmaceuticals, medicine, cosmetology, chemistry, environment,...*

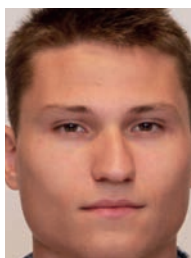
*It is a transverse discipline at the crossroad of life-science and engineering requiring multi-disciplinary approaches. Engineers have to understand and actively participate in decisions, taking scientific and technologic aspects as well as economical and social issues into account.*

*The biotechnology program (option biotechnologie) aims at providing the students with a synthetic view and knowledge of up-to-date life science that will enable them to understand the key issues and applications concerning living matter and persons, biotechnologies and their contributions to society and economy. The program gives students the opportunity to make use of the whole corpus of general engineering knowledge to contribute to a solution to a practical industrial challenge that they will tackle in their final year project. Due to the wide range of biotechnology applications, the theme of the projects are largely diverse as can be seen from the ones presented this year.*

**Arnaud Blondel,  
Véronique Stoven**

# BIOTECHNOLOGIE BIOTECHNOLOGY

Mercredi 11 septembre Wednesday 11<sup>st</sup> September ■ V005A



Maxime  
LANGEVIN

9h30-10h30

## Modèles génératifs pour le drug design

### *Generative models for drug design*

Sanofi est un des leaders mondiaux de l'industrie pharmaceutique. Trouver des nouveaux médicaments est une tâche complexe et coûteuse, à laquelle Sanofi consacre une part importante de son budget (plus gros investisseur français en R&D). Parmi les étapes partant de l'identification d'une cible thérapeutique et aboutissant à la mise sur le marché d'un nouveau médicament, l'étape consistant à trouver une molécule active sur la cible peut prendre des années et coûter plus de 500 millions d'euros. Cette étape nécessite de résoudre un problème complexe d'optimisation multi-paramétrique (trouver une molécule active sur la cible, non-toxique, bien métabolisé par l'organisme, soluble...) dans un espace complexe. Les modèles génératifs sont une technologie issue des mathématiques appliquées et du deep learning, qui permettent après analyse d'une base de données de molécules, de générer automatiquement de nouvelles molécules.

Le but de mon stage est d'évaluer la pertinence de cette technologie pour le drug design et de l'implémenter chez Sanofi.

*Sanofi is a world leader in the pharmaceutical industry. Finding new drugs is a complex and costly task, to which Sanofi devotes a large part of its budget (the largest French investor in R&D). Among the steps from identifying a therapeutic target to bringing a new drug to market, the step of finding an active molecule on the target can take years and cost more than 500 million Euros. This step requires solving a complex problem of multi-parametric optimization (finding an active molecule on the target, non-toxic, well metabolized by the body, soluble...) in a complex space.*

*Generative models are a technology derived from applied mathematics and deep learning, which allow after analysis of a database of molecules, to automatically generate new molecules.*

*The purpose of my internship is to evaluate the relevance of this technology for drug design and to implement it at Sanofi.*

**Sanofi, R&D**  
Vitry-sur-Seine



Thomas  
BOELHER

10h30-11h30

## Datascientist - formations en Data Science

### *Data Scientist - Training Content in Data Science*

Datascientest est la première plateforme de formation en ligne en Data Science et en data engineering (BigData) adapté au monde de l'entreprise. Le contenu pédagogique s'appuie essentiellement sur des problèmes liés au monde professionnel. Datascientest propose le parcours sous la forme d'un projet accompagné de la formation.

Dans le cadre de ce stage, la première partie consistait à accompagner les classes sur le contenu pédagogique, et au suivi de leur projet. En parallèle, je développais des formations notamment sur des outils (Tensorflow, ...), sur du Deep Learning, et sur du data-engineering (streaming, calcul distribué...). La dernière partie consistait à élaboration, et à la gestion de challenges notamment dans le domaine de la santé, dans la génération de texte à partir de mots clés.

*Datascientest is the first online training platform for data science and data engineering (BigData) adapted to the business world. The educational content is essentially based on problems related to the professional world. Datascientest offers the course in the form of a project accompanied by training.*

*As part of this internship, the first part was to accompany the classes to the educational content, and the monitoring of their project. In parallel, I developed training especially on tools (Tensorflow, ...), on Deep Learning, and on data-engineering (streaming, distributed computing ...). The last part consisted of the elaboration and management of challenges, particularly in the field of health, in generating text from keywords.*

**Datascientest**  
Asnières-Sur-Seine



Miguel  
CANO-SAMPOL

11h30-12h30

## Consultant en stratégie pour les établissements de santé

### Strategy consultant specialized in care facilities

Les établissements de santé font très souvent appel à des cabinets de conseil, que ce soit pour les aider à définir leur stratégie territoriale, leur projet d'établissement, leurs futurs investissements, ou alors pour optimiser leur performance et leur organisation. Adopale est un cabinet spécialisé sur ce type de missions. J'ai eu l'occasion de travailler de façon rapprochée avec des consultants expérimentés sur des sujets de type stratégie, pour accompagner des établissements dans leur fusion et les aider à développer leurs projets, en animant notamment des groupes de travail et en construisant des projets directement avec les cadres et les représentants de médecins d'hôpitaux de toute taille en France.

Care facilities, and especially hospitals, often ask consulting firms to help them define their territorial strategy, their roadmap, their future investments, and to help them optimize their performance and their organization. Adopale is a firm that specializes in that sort of missions. I had the chance to work closely with experimented consultants on strategy projects, hosting and moderating task forces and defining projects directly with the executives and the medical representatives of hospitals all across France.

**Adopale**  
Paris



Flora  
FERRARI

14h-15h - PUBLIC RESTREINT

## Analyse du comportement de réseaux métaboliques par modélisation stœchiométrique

### Metabolic networks behaviour analysis through stoichiometric modelling

La compréhension et la prédiction du comportement des systèmes biologiques est un enjeu majeur du secteur de la santé. Mon équipe travaille sur la modélisation et la simulation des interactions entre le microbiote intestinal et l'homme afin d'étudier le rôle et l'impact du microbiote aux maladies. Dans ce contexte, je travaille sur la modélisation métabolique des systèmes biologiques et les techniques d'analyse associées. Je suis chargée de réaliser une veille technologique sur ces méthodes et de développer des prototypes afin de déterminer leur applicabilité au microbiote intestinal et plus généralement au soin des patients.

Understanding and predicting biological systems' behaviour is a major challenge in the healthcare sector. My team works on modelling and simulating interactions between the gut microbiota and man in order to study the role and impact of microbiota in diseases. In this context, I work on metabolic models and associated analysis techniques. I am in charge of providing technological watch on these methods and developing prototypes in order to determine whether the methods can be applied to the microbiota and more generally healthcare.

**Dassault Systèmes**  
Vélizy Villacoublay



Nicolas  
LEROLLE

15h-16h - PUBLIC RESTREINT

## Consultant en stratégie pour les établissements de santé

### IT Advisory Consultant for public sector client

KPMG est un réseau international de cabinets d'audit et de conseil, faisant parti des Big Four (avec EY, PWC, Deloitte). KPMG Luxembourg, affilié à l'entité KPMG international, propose ses services à des clients de secteurs variés parmi lesquels : banque et assurance, finance, secteur public.

J'ai intégré pour ce stage l'équipe IT Advisory en Corporates & Public Sector afin de participer à des missions de définition de stratégie organisationnelle et numérique pour les principaux acteurs du domaine

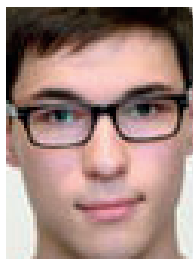
KPMG is an international network of audit and consulting firms, part of the Big Four (with EY, PWC, Deloitte). KPMG Luxembourg, affiliated to KPMG International, offers its services to clients in numerous sectors, including banking and insurance, finance and public sector.

For this internship, I joined the IT Advisory team in Corporates & Public Sector in order to participate in missions to define organizational and digital strategy for the main players in the health sector in Luxembourg:

de la santé au Luxembourg : Fédération des Hôpitaux Luxembourgeois (FHL), Agence eSanté, Caisse Nationale de Santé (CNS). J'interviens notamment sur des projets de digitalisation de parcours patient pour les établissements hospitaliers ou encore sur l'élaboration de systèmes de dossiers patient informatisés.

*Fédération des Hôpitaux Luxembourgeois (FHL), eSanté Agency, Caisse Nationale de Santé (CNS). For instance, I work on different projects of digitalization of patient path for hospitals or on the development of health data record systems.*

**KPMG**  
Luxembourg



Simon  
FEILLÉE

16h-17h

## Simulation des performances énergétiques des bâtiments adaptée à la phase d'exploitation

### *Simulation of energy performance of buildings adapted to the operational phase*

Le département TREE de EDF R&D a une triple mission d'innovation technologique, de prospective énergétique, et d'accompagnement des offres d'éco-efficacité énergétique dans les secteurs des bâtiments résidentiels, tertiaires et de l'industrie. Les objectifs de réduction de la consommation d'énergie des bâtiments et des émissions de CO<sub>2</sub> se traduisent par de nouvelles exigences sur les méthodes de calcul de leur consommation d'énergie. Mon stage s'inscrit dans ce contexte, puisque j'y ai développé des modèles thermiques de bâtiments dynamiques et détaillés qui permettent de réaliser un suivi en exploitation des performances du bâtiment. Les applications sont nombreuses : on peut calculer par exemple l'écart entre la performance prévue par les modèles et la performance réelle pour proposer des actions correctives, ou pour optimiser la gestion de l'énergie et des équipements pour améliorer le confort des occupants.

*The TREE department of EDF R&D has a threefold mission: technological innovation, energy foresight and development of eco-innovation and energy efficiency in the construction industry. There are new targets of reducing energy consumption and emissions of CO<sub>2</sub>, and thus we have to redefine the calculation method of the energy consumption of buildings. The purpose of my internship is to create some dynamic and accurate thermal models of buildings in order to monitor the performance of the construction. Then, if we measure the performance differences between the model and the reality, we will be able to offer some corrective actions or optimize the management of energy and devices.*

**EDF-R&D Av des Renardières**  
Écuelles Moret-Loing-et-Orvanne



# ÉCONOMIE INDUSTRIELLE



L'option Economie Industrielle est centrée sur l'entreprise : ses conditions d'émergence, son environnement concurrentiel, ses logiques de croissance. Mais aussi, ses grandes décisions : investissement en production, en distribution, en R&D, exploitation de la propriété intellectuelle, gamme des produits, tarification, relations verticales avec distributeurs et sous-traitants, localisation géographique... L'étude de ces décisions et des enjeux de politique publique associés fait appel à des domaines variés de l'analyse économique (contrats, innovation, différenciation, tarification), ainsi qu'aux contributions de la théorie des jeux, de l'histoire industrielle, de

la finance d'entreprise, de la régulation des marchés. Les concepts et outils d'analyse développés par la micro-économie forment le socle théorique de l'économie industrielle. Les raisonnements d'économie industrielle tiennent aujourd'hui une place centrale dans la formulation des stratégies d'entreprises, leur communication financière, ainsi que dans les arbitrages juridiques impliquant les firmes (litiges commerciaux) et les Etats (réglementation).

**Olivier Bomsel**  
**Pierre Fleckinger,**  
**Margaret Kyle**

# INDUSTRIAL ECONOMICS



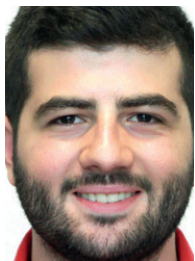
*The Industrial Economics option is centered on the firm's external environment (entry conditions, competitive landscape, industry dynamics, etc.) and its strategic decisions: investment in production, distribution, R&D, intellectual property exploitation, product range, pricing, vertical relations with retailers and subcontractors, geographic location, etc.*

*Understanding these choices and associated public policies underlies several fields of industrial economics, such as contracts, innovation, differentiation, and pricing, as*

*well as contributions of game theory, industrial history, corporate finance, and market regulation. The tools of microeconomics form the core of the option.*

*Reasoning founded on microeconomics and industrial organization shapes corporate strategies as well as financial structure and communication, and explains regulatory arbitrages involving firms and governments.*

**Olivier Bomsel  
Pierre Fleckinger,  
Margaret Kyle**

Nicolas  
MALHA

9h-10h

## La nouvelle économie des équipements de construction et son contexte institutionnel

### *The new rental economy of construction equipment and its institutional background*

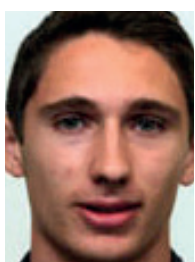
Le cadre institutionnel et l'innovation technique sont deux facteurs essentiels de l'émergence de nouveaux modèles économiques. Récemment, de nouveaux modèles économiques sont apparus à travers plusieurs industries. Ainsi, dans le domaine des transports, la nouvelle tendance de « Mobilité comme service » (MaaS) est fortement liée à l'apparition de plateformes de type Uber. Dans l'industrie des médias où l'apparition de technologies de streaming, supportée par un contexte institutionnel favorable, a changé le modèle et les tendances de consommation.

Le but de cette étude est d'analyser le développement du nouveau modèle économique des équipements de construction, autrement dit celui de la location d'équipements. Historiquement, les entreprises dans le BTP, les mines, l'agriculture, etc. achetaient leurs propres équipements. Avec la baisse des coûts de transaction dues aux nouvelles technologies, la tendance se répand de louer ses équipements. Cette étude va d'abord explorer les cadres institutionnels de différentes régions en les comparant, et dans un second temps, décrire l'aspect économique de la location, ses causes, bénéfices et impacts.

*The institutional background and new technologies are the two essential drivers of the development of new business models. Recently, new business models emerged throughout several different industries. For example, in the transportation sector, the new trend of "Mobility as a Service" (MaaS) is strongly correlated with the adoption of new services such as Uber. Another example would be the media industry, where new technologies like Netflix, backed up by the right institutional background, changed the business model and consumer trends.*

*The aim of this study is to analyze the development of the new economic model of construction equipment, the rental model. Historically, companies in construction, mining, agriculture, etc. have been known to buy their own equipment. With transaction costs going down due to new technologies, a new trend that is gaining traction is renting the equipment instead. This study will, firstly, explore the different institutional backgrounds in multiple regions, and, secondly, describe the economic aspect of rentals, its drivers, benefits and impacts.*

**IHS Markit, Economics and Country Risk**

Guillaume  
DELAS

10h-11h

## Analyse de l'efficacité économique des Partenariats Public-Privé (PPP)

### *Analysis of the economic efficiency of Public-Private Partnerships (PPP)*

Les Partenariats Public-Privé constituent un ensemble de contrats de long terme entre une entité publique et un cocontractant privé. Importés du Royaume Uni en France au début des années 2000, les contrats de PPP permettent à une collectivité locale ou à un ministère de confier à une entreprise privée la conception, le financement, la construction mais aussi l'opération d'un bâtiment ou équipement public. A première vue, les Partenariats Public-Privé peuvent donc être considérés comme un moyen de développer des services ou des infrastructures d'intérêt collectif (lycées, bâtiments de santé, gymnases, prisons...) tout en limitant l'endettement public et en partageant les risques liés à de tels projets avec une entreprise privée spécialiste du domaine.

Alors que depuis la période de rigueur budgétaire post crise de 2008, le recours aux PPP se fait de plus en plus fréquent en France, de récents rapports de la Cour des Comptes fustigent ce mode de gouvernance jugé trop coûteux et peu transparent.

Nous nous proposons donc d'interroger la pertinence

*Public-Private Partnerships are a set of long-term contracts between a public entity and a private co-contractor. Imported from the United Kingdom into France in the early 2000s, PPP contracts allow a local authority or a ministry to entrust a private company with the design, financing, construction and also the operation of a public building or facility. At first sight, Public-Private Partnerships can be considered as a mean of developing services or infrastructures of collective interest (high schools, health buildings, gymnasiums, prisons, etc.) while limiting public debt and sharing the risks associated with such projects with a specialised private company.*

*While since the post 2008 crisis budgetary rigour period, the use of PPPs has become more and more frequent in France, recent reports from the « Cour des Comptes » have criticised this mode of governance as too costly and not very transparent.*

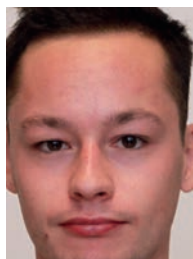
*We therefore propose to question the relevance of the use of PPPs and to examine the possible sources of economic and financial inefficiency of these contracts.*



du recours aux PPP et d'examiner les éventuelles sources d'inefficacité économique et financière de ces contrats. Cette étude s'appuiera à la fois sur mon expérience en financement et structuration de projets PPP acquise au cours de mon stage chez H3P Financial Advisory et sur des éléments de théorie économique.

*This study will be based on both my experience in PPP project financing and structuring at H3P Financial Advisory and elements of economic theory.*

**H3P Financial Advisory**



Loïc  
ETIENNE

11h-12h

## Analyse concurrentielle du marché des Services IT en France

### *Competitive analysis of the IT services market in France*

À la veille d'une nouvelle vague technologique portée par l'intelligence artificielle, l'Internet des objets et la robotique, la compétitivité des entreprises repose plus que jamais sur de puissants systèmes d'information. Toute société, de la TPE au grand groupe, se pose ainsi la question de se convertir au digital. Cette révolution invite les entreprises à repenser leur organisation et leur business model pour répondre de façon plus agile au marché.

Ces vastes projets de transformation de l'entreprise impliquent 4 principaux acteurs qui sont les clients finaux opérant leur transformation, les cabinets de conseil en IT, les éditeurs de logiciels et les intégrateurs de solutions. Dans le cadre de cette étude, nous aborderons le marché du point de vue de Fujitsu qui est un intégrateur et le leader Japonais du marché de l'information et des technologies de communication.

Le premier enjeu sera de modéliser la répartition des coûts et des bénéfices potentiels entre les différents acteurs tout au long de la vie d'un contrat depuis la décision d'externalisation du service au potentiel renouvellement du contrat. Nous mettrons alors en évidence l'importance des switching costs (entre deux intégrateurs) dans tout le processus concurrentiel. Dans un second temps, nous étudierons la concurrence de Fujitsu France sur l'ensemble de son portefeuille d'offre de services. Enfin, l'étude aboutira sur un plan d'action pour contrer les concurrents identifiés et la mise en évidence des principaux leviers de compétition.

*On the eve of a new technological wave driven by artificial intelligence, the Internet of Things and robotics, the competitiveness of companies relies more than ever on powerful information systems. Any company, from the start-up to the multinational, raises the question of converting to digital. This revolution lead companies to rethink their organizations and their business models in order to be more agile.*

*These large-scale business transformation projects involve four key players who are the customers operating their transformation, IT consulting firms, software vendors and solution integrators. As part of this study, we will discuss the market from the point of view of Fujitsu, which is an integrator. Fujitsu is the Japanese leader in the Information and Communication Technologies market.*

*The first challenge will be to model the distribution of costs and potential benefits between the various actors throughout the timeline of a contract from the decision to outsource the service, to the potential renewal of the contract. We will then highlight the importance of switching costs (between two integrators) throughout the competitive process. In a second step, we will study Fujitsu France's competition over its entire portfolio of services. Finally, the study will lead to an action plan to counter identified competitors and highlight the main levers of competition.*

**Fujitsu**



Raphaël  
HECHT

12h-13h

## Un cas de liability management d'un pays africain dans le cadre d'un programme FMI

### *A case study of the liability management of an African country engaged in an IMF program*

Un certain nombre de pays africains sont engagés dans des programmes de soutien du FMI depuis plusieurs années. Ces programmes rassurent les potentiels investisseurs et impliquent un soutien financier de long terme à des taux plus intéressants que ceux du marché via le mécanisme d'ECF, mais sont conditionnés à une coopération de la part des autorités pour mettre en place des réformes et pour respecter des ratios cibles. Dans ce cadre, et pour

*A significant number of African countries have engaged in an IMF support program over the last years. These initiatives reassure potential investors and involve a long term and cheaper financial support from the Funds compared to market standards through the ECF. However, they rely on the authorities cooperating with the Fund's recommendations to conduct reforms and comply with target ratios. For instance, the IMF can recommend that*

alléger le coût d'une dette souvent importante et chère, le FMI peut recommander des opérations de reprofilage pour redonner de l'air aux finances publiques à court et moyen-terme.

Une telle opération peut consister à remplacer une partie de la dette contractée localement, souvent de maturité courte (qui peut présenter un « mur de refinancement ») et chère (car en monnaie locale) par des instruments de plus longue maturité et moins coûteux contractés à l'international, qui peuvent être obtenus grâce à l'appui de bailleurs internationaux.

Nous proposons de passer en revue les différents enjeux associés à la planification et à l'exécution d'une telle opération : comment définir le périmètre des instruments à reprofiler, comment inciter leurs détenteurs à prendre part à l'opération, comment convaincre des acteurs de participer au refinancement, de mettre en regard cette opération avec le cadre macroéconomique plus large du pays concerné, et de confronter quelques enseignements de la littérature économique avec les pratiques des acteurs de marché.

*the authorities conduct debt reprofiling operations to alleviate the debt service and improve the short and medium term fiscal space.*

*Such an operation may involve rolling part of the expensive (because denominated in domestic currency) and short-term front-loaded domestic debt into external and cheaper debt of longer maturity in order to mitigate the risk of a refinancing wall. Access to cheaper external debt can be granted by the support of development financial institutions or multilateral institutions.*

*We shall give and explain the main challenges when conducting such a liability management operation: how to define the scope of the instruments to be reprofiled and how to incentivize debt holders to take part in the initial debt buyback. We shall also contextualize such an operation with regard to the country's current macroeconomic situation, as well as cross compare the policy insights given by the academic literature with market practices in this matter.*

**Banque Lazard**



Aurélie  
JAU

14h-15h

## Etude des mécanismes de soutien aux investissements dans les énergies renouvelables

### *Private investment in renewable energy and its response to the different support schemes*

Les ambitions politiques en termes de transition écologique sont fortes : la France s'est fixé un objectif de 32% d'énergies renouvelables dans la consommation finale à horizon 2030 lors de la loi de 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV). Politiques et économistes se posent alors la question de savoir comment financer au mieux les énergies renouvelables. Les exigences des investisseurs en termes de rentabilité et de prévisibilité rendent les investissements dans les énergies renouvelables peu attractifs. Fort de ce constat, le gouvernement se doit donc de mettre en place des subventions pour inciter investisseurs, développeurs et particuliers à participer à la transition écologique, avec comme objectif plus long terme de développer des filières compétitives françaises dans le solaire et l'éolien. Différents mécanismes de soutien aux énergies renouvelables ont alors vu le jour. Les tarifs d'achat garanti qui ont été créés en 2006 puis remplacés en 2016 par des mécanismes de compensation. Depuis quelques années, les institutions gouvernementales privilégient les systèmes d'appel d'offre, qui récompensent les offres les plus compétitives. Dans ce contexte, cette étude vise à mieux comprendre les besoins des investisseurs par rapport aux énergies renouvelables et à étudier les impacts des différentes politiques de soutien sur l'investissement privé dans les énergies renouvelables.

*French government committed to great ambitions regarding renewable energy: 32% of energy consumption must be produced from renewable resources by 2030, with the Act of 2015 on energy transition for green growth. Politicians and economists are trying to define the best way to finance renewables. Private investors are looking for high returns and forecastable energy production that tend to make renewables less competitive. Therefore, government needs to support investors, developers and individuals in choosing renewables, mainly through subsidy schemes. A challenge for the French economy is also to develop industries in solar and wind energy that could be competitive at a larger scale. In this context, Feed-in-tariffs have been used in France since 2006 and have been replaced in 2016 by compensation policies. More recently, governmental institutions are trying to develop auction mechanisms, which reward most competitive offers. This study aims at better understanding investors' needs towards renewables while comparing the impact of different renewable energy support policies on private investment.*

**BNP Paribas - Energy, Resources & Infrastructure**

Baptiste  
JOUK

15h-16h

## Analyse des conséquences du changement de certification d'un dispositif médical sur la viabilité économique du produit.

### *Analysis of the effect of regulatory status change of a medical device on its economic viability.*

Les changements des exigences réglementaires est un élément déterminant de l'activité économique des entreprises du secteur de la santé. Un changement de réglementation pouvant entraîner la commercialisation d'un nouveau produit ou la fin de celle d'un autre. Le groupe Urgo commercialise donc un dispositif médical à destination d'un usage hospitalier. Le marquage CE de ce dernier arrivant à expiration dans le courant de l'année 2019, il est nécessaire de le renouveler afin de pouvoir continuer la commercialisation. L'évolution des exigences réglementaires nous force à envisager le non-renouvellement de l'autorisation de commercialisation dans sa forme actuelle. Nous procédons donc à l'étude des relations avec les différentes parties (fournisseurs, clients et autorités réglementaires) afin d'évaluer la viabilité financière, commerciale et réglementaire de différents scénarii. Cette analyse vise ultimement à identifier la meilleure solution pour la poursuite de la commercialisation, recenser les différents risques et les mitiger et enfin mettre en œuvre cet ensemble de solutions.

*Reglementary changes are a driving force for the pharmaceutical companies' commercial activities. A change in the certification authorities' requirements can lead to the launch of a new product or the kill of an existing one.*

*Urgo Group is currently selling a medical device mainly to hospitals. The CE marking of this product will expire in 2019 and in order to continue the product's sale, it is necessary to renew it. The change in medical device regulations forces us to consider that its renewal could be denied, leading to the end of distribution of the product under its current form. We therefore need to conduct a thorough study of each part of the value chain and study the relationship between the different parties (customers, suppliers and regulatory authorities) to evaluate the financial, commercial and regulatory viability of different scenarii. This analysis will enable us to identify the best solution for the continuation of the activity, to pinpoint associated risks and mitigate them and to finally activate these alternatives.*

**URGO**Guillaume  
VERQUIERE

16h-17h

## Analyse de l'impact concurrentiel du développement de l'analyse de données dans le secteur industriel

### *Analysis of the competitive impact of the development of data analysis in the industrial sector*

La récente augmentation de la puissance des ordinateurs et la diminution des coûts de stockage permet aux entreprises de collecter, de stocker et d'analyser de plus en plus de données. L'entreprise Fieldbox.ai les accompagne dans ce processus de modernisation en mettant en place une solution couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur, de la collecte des données à la visualisation en passant par l'analyse. Les principaux objectifs sont d'augmenter la productivité des installations et d'améliorer la qualité de la production.

L'intelligence artificielle et plus largement l'analyse de données sont considérées comme la quatrième révolution industrielle. Cela transforme en effet les procédés de fabrication en poussant encore plus l'automatisation. Mais quel est l'impact sur la concurrence entre les entreprises ?

L'objectif est d'étudier dans quelles conditions une entreprise doit investir dans l'analyse de données. Quels en seront les bénéfices économiques ? Doit-elle adopter une position offensive en investissant en premier, ou doit-elle rester sur la défensive et attendre que les concurrents adoptent la technologie ? Il y a-t-il un intérêt à imposer une clause de confidentialité et à quel prix ?

Ces questions sont essentielles pour que Fieldbox.ai puisse orienter ses activités vers les secteurs les plus à même d'être intéressés par l'analyse de données mais aussi pour avoir une meilleure tarification.

*The recent increase in computing power and lower storage costs allow companies to collect, store and analyze more and more data. Fieldbox.ai supports them in this modernization process by implementing a solution covering the entire value chain, from data collection to analysis and visualization. The main objectives are to increase the productivity of the installations and improve the quality of production.*

*Artificial intelligence and more broadly data analysis are considered as the fourth industrial revolution. This transforms manufacturing processes by further automating them. But what is the impact on competition between companies?*

*The objective is to study the conditions under which a company must invest in data analysis. What will be the economic benefits? Should it take an offensive position by investing first, or should it stay on the defensive and wait for competitors to adopt the technology? Is there an interest in imposing a confidentiality clause and at what cost?*

*These questions are essential so that Fieldbox.ai can direct its activities towards the sectors most likely to be interested in data analysis but also to have better pricing.*

**Fieldbox.ai**



Raphaël  
VIALLE

17h-18h

## Aspects économiques et stratégiques liés à la création et au déploiement de plateformes digitales

### *Economic and strategic issues related to the creation and deployment of digital platforms*

ENGIE est un groupe mondial de l'énergie et des services, qui repose sur trois métiers : la production d'électricité bas carbone, les infrastructures énergétiques et les solutions clients. Dans les services, ENGIE est présent sur toute la chaîne de valeur de l'énergie : de l'installation d'équipements (chauffage, ventilation et climatisation...) à leur exploitation à l'aide d'outils, dont certains sont récents et performants, mais d'autres encore rudimentaires.

L'arrivée des capteurs connectés de l'Internet des objets, couplée à l'augmentation des puissances de calcul, bouleverse cette chaîne de valeur. Elle s'accompagne d'un foisonnement de données accessibles aux différents acteurs de la chaîne. L'accès à ces données remet en cause l'organisation industrielle des services : les interactions entre les différents maillons de la chaîne se multiplient, faisant apparaître des optimisations et des économies proposées par de nouveaux entrants. Les acteurs traditionnels comme ENGIE doivent prendre ce virage digital pour défendre leur position acquise et conquérir de nouveaux marchés ou de nouveaux territoires.

L'enjeu de ce stage est d'analyser comment le numérique permet de créer et de capter de la valeur dans la chaîne des services et quelles sont les modalités pour y parvenir. Le sujet concerne autant les plateformes numériques d'ENGIE que celles développées par des concurrents. Tous les équipements énergétiques (chaudières, chauffage, ventilation et climatisation...) ainsi que les solutions de bâtiments intelligents (détection de présence, gestion de l'espace...) et de service sur site, dans le tertiaire de bureaux et le logement collectif notamment, entrent dans le champ de l'étude.

*ENGIE is a global energy and services group, based on three core businesses: low-carbon power generation, energy infrastructure and customer solutions. In the services' field, ENGIE plays a role throughout the entire energy value chain: from equipment setting up (heating, ventilation and air conditioning...) to their operation using tools, some of which are recent and efficient, but others still rudimentary.*

*The arrival of IoT sensors, coupled with an increase in computing power, disrupts this value chain. Alongside those exists an overwhelming flow of data, which the various actors of the chain can access, thus challenging the industrial organization of services. Interactions between the various links of the chain increase significantly, revealing optimizations and savings offered by new entrants. Traditional players such as ENGIE have to take this digital shift to defend their vested position and conquer new markets or new territories.*

*The purpose of this internship is to explore and analyse how digital technology can create and capture value in the services chain, and how this can be achieved. The subject relates both to ENGIE's digital platforms and to those developed by competitors. All energy facilities (boilers, heating, ventilation and air conditioning...) as well as smart building solutions (presence detection, space management...) and on-site service solutions, in particular in the tertiary office and the collective housing sectors, are included in the scope of the study.*

**ENGIE**



# GÉOSCIENCES



L'activité humaine induit des effets sur les milieux naturels qu'il n'est plus acceptable d'ignorer, au vu de leurs conséquences potentielles pour les générations futures (dégradation de la qualité des eaux, des sols, des écosystèmes, changement climatique et risques naturels induits, ...). Ces dernières années, l'inquiétude a resurgi sur notre capacité à garantir de façon pérenne l'approvisionnement de l'humanité en toutes sortes de matières premières minérales (eau et ressources énergétiques principalement, mais aussi géométriques et minerais divers), indispensables à tout développement économique.

La nécessaire prise en compte des interactions entre activité humaine et systèmes naturels pose ainsi non seulement des problèmes politiques, sociaux, économiques et juridiques, mais aussi scientifiques. Les systèmes qui forment notre environnement et les phénomènes qui régissent leur dynamique sont en effet complexes et, malgré des progrès remarquables ces dernières décennies, ils restent encore insuffisamment connus et compris.

Dans ce contexte, l'option Géosciences se fixe pour objectif premier de donner à ses élèves, déjà fort coutumiers des sciences « dures »,

une expérience personnelle de la pratique du terrain. Ils sont ainsi confrontés à des « objets » variés dans de nombreux secteurs d'applications (exploration/production pétrolière, gestion de la ressource en eau, des déchets radioactifs et autres, grands travaux, aménagement du territoire, gîtes minéraux, ...).

Les sujets d'option illustrent la grande diversité des thématiques abordées, depuis des études sur le terrain, des expériences en laboratoire et jusqu'à des modélisations pour mieux comprendre et optimiser les processus.

**Hervé CHAURIS,  
Agnès LABOUDIGUE**

# GEOSCIENCES



*Human activity induces side-effects on natural systems which cannot be ignored anymore, considering their potential consequences for the next generations (degradation of water quality, soils, ecosystems, climate change and associated natural hazards, etc.) Meanwhile, concerns reappeared regarding our ability to ensure sustainability in the supply of a variety of mineral resources (water and energy resources principally, but also geomaterials and a number of metals), all of them essential for economic development. Accounting for the interactions between human activity and natural systems involve not only questions of political, social, economic and legal nature, but also, intensive scientific studies. The systems forming our environment and the phenomena controlling their dynamics are indeed complex and, although remarkable progress has been achieved in the past decades, they are still insufficiently known and understood.*

*In such context, the minor in Geosciences aims at providing its students, already very well acquainted with « hard sciences », a personal experience of field studies addressing various « objects » involved in numerous*

*application fields (oil and gas exploration, water resource, management of nuclear and non-nuclear waste, planning of infrastructures, mineral deposits, etc.)*

*Personal studies performed individually by the students illustrate the great diversity of the themes addressed by this minor. They may involve a combination of field study, experiments in the laboratory and modeling to better understand processes and optimize the controlling parameters.*

**Hervé CHAURIS,  
Agnès LABOUDIGUE**



Sara  
BOSSHARDT

9h30-10h30

## Contribution à la co-construction et à l'appropriation collective des connaissances pour la gestion à la ferme de la diversité cultivée du blé tendre

Face à l'enjeu du partage de connaissances et de l'organisation collective au sein du réseau de sélection participative, deux outils complémentaires ont été mis en place durant ce stage. Des fiches de connaissance, permettant la réappropriation par les collectifs de connaissances produites notamment par les travaux de recherche, ont été élaborées et testées en conditions réelles ; et deux ateliers de conception innovante, ont été organisés pour réfléchir à une méthode de gestion collective de mélanges de blé tendre.

Pour réaliser les ateliers, nous avons eu recours à la méthode KCP, peu employée dans le contexte agricole, sur laquelle nous avons réalisée des adaptations. L'utilisation de cette méthode relevait d'un défi, puisque l'enjeu des ateliers n'était pas tant celui de concevoir 'une méthode innovante', au coeur pourtant de la méthode KCP, mais plutôt de répondre à l'enjeu du partage de connaissances. Cette méthode s'est alors révélée très intéressante et flexible, pour répondre à cette attente particulière, mais aussi très efficace afin de faciliter des interactions constructives entre les différents participants aux ateliers. En effet, les résultats obtenus

à la fois pendant les ateliers, qui se sont très bien déroulés, mais aussi en aval se sont révélés être très satisfaisants.

Ces ateliers ont non seulement permis d'obtenir des résultats, que les collectifs peuvent se réapproprier plus ou moins long terme, mais ils ont aussi permis la mise en place d'outils et de méthodes facilement réutilisables en science de la conception. Ainsi, tous ces résultats confirment l'intérêt de poursuivre cette approche, à la fois pour les collectifs et pour les équipes de recherche.

A court terme, un prochain atelier sur le même format devrait être organisé en octobre dans le Sud-Ouest. A plus long terme, l'objectif final est qu'en suite les collectifs se réapproprient à la fois les résultats issus des ateliers mais aussi potentiellement les méthodes, qu'ils pourraient remobiliser pour approfondir cette réflexion concernant les enjeux liés à leur organisation collective.

**DEAP à l'UMR GOE**  
*Site de Grignon*





# GÉOSTATISTIQUE ET PROBABILITÉS APPLIQUÉES



La pratique de la Géostatistique est, d'abord, une occasion de rencontres: rencontres entre des champs d'application variés et parfois inattendus, entre des problématiques sans cesse renouvelées, et également une confrontation entre des objectifs et contraintes purement techniques d'une part et les exigences sociales, économiques, environnementales d'un monde complexe d'autre part. Autrement dit, tout en étant fiers de ce que le néologisme "géostatistique" jadis forgé à l'École des Mines ait trouvé droit de cité dans le Petit Larousse, il est satisfaisant d'observer, au fil des ans, que l'immuable définition qu'en donne le dictionnaire s'éloigne de plus en plus de la réalité, et que notre discipline trouve à s'exprimer bien au-delà de la simple estimation des gisements miniers. De fait, dans tout domaine où des jeux de données numériques présentent une organisation spatiale ou temporelle, la Géostatistique a les outils pour apporter un éclairage original, à la fois constructif et sans concession. Il semble que cet aspect transversal et non-conformiste de la Géostatistique constitue désor-

mais son caractère dominant au regard des optionnaires, et nous ne manquons pas dans le futur de justifier cette appréciation. Ainsi, chaque année, la diversité des vœux des étudiants constitue une chance exceptionnelle de tester des méthodes nouvelles et de parcourir des domaines nouveaux, et la garantie d'insuffler un surplus de dynamisme à l'équipe encadrante. Mais la mise en œuvre d'une Géostatistique de qualité exige en permanence d'assurer un équilibre, parfois délicat, entre des exigences souvent contradictoires: garantir une rigueur théorique indispensable à la fiabilité des résultats tout en conservant un point de vue pragmatique et réaliste afin que les conclusions abstraites trouvent à s'appliquer sur le terrain. Sans oublier une indispensable déontologie, dans des domaines où souvent les contraintes économiques ou environnementales soumettent le géostatisticien à des pressions qui ne relèvent plus de la science ou de la technique...

Ouverture et équilibre: c'est dans cet esprit que nous avons continué à proposer à la promotion actuelle un voyage

de deux semaines en Guyane où, dans le contexte inhabituel et parfois tourmenté d'un DOM, les visites à des laboratoires, à des industriels et à des organismes institutionnels ont permis tout à la fois d'élargir l'horizon des optionnaires et de susciter un échange ouvert et fructueux avec nos interlocuteurs. Partie intégrante de la scolarité, la mission en Guyane constitue pour les optionnaires la phase d'initiation à la réalité du terrain.

Enfin, le souci d'ouverture s'est à nouveau exprimé au niveau des sujets de l'option. Outre la variété des champs d'application, une multiplicité de méthodes statistiques est employée. Nous avons ici l'illustration que notre démarche méthodologique peut trouver à s'appliquer dans de multiples domaines et cela souligne le caractère généraliste de l'option Géostatistique et Probabilités Appliquées, tant en ce qui concerne les champs applications abordés que les méthodes mathématiques mises en jeu.

**Emilie CHAUTRU, Thomas ROMARY,  
Hans WACKERNAGEL**

# GEOSTATISTICS AND APPLIED PROBABILITY



The aim of Geostatistics is to study quantitative phenomena that are structured in space and/or time. Engineers are almost inevitably faced with problems related to geostatistical techniques such as the evaluation of natural reserves, the analysis of time series, cartography, etc., and, broadly speaking, any processing of "regionalized variables" according to the terminology of G. Matheron, the founder of geostatistics.

The Geostatistics and Applied Probability Minor gives priority to probabilistic models and statistical methods, and in particular focusses on their application to the processing of spatial and temporal data.

The training in this Minor is aimed essentially at providing students with a critical mastering of some of the tools which they might need to use during their internship. As an introduction to "geostatistics in the field", the Minor provides an opportunity of entering into contact with companies and personnel working with geostatistics in fields of application that correspond as much as possible to the themes of particular interest to the students. It is essential that the students acquire a sense of balance between an empirical approach and a mathematical approach

to a problem, a sense of balance which the third-year internship will put into practice in real terms.

The presentations this year again reflect the great variety of themes and applications that are encountered in this branch of applied statistics.

**Emilie CHAUTRU, Thomas ROMARY,  
Hans WACKERNAGEL**

# GÉOSTATISTIQUE ET PROBABILITÉS APPLIQUÉES

## GEOSTATISTICS AND APPLIED PROBABILITY

Mardi 10 septembre Tuesday 10<sup>th</sup> Septembre ■ L224



Tom  
MONNIER

10h-11h

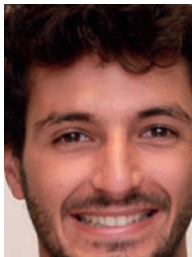
### Prédiction spatio-temporelle de la qualité de l'air dans les villes

#### *Spatio-temporal forecasting of air quality in cities*

La pollution de l'air cause en Europe près de 500 000 morts par an et est un sujet préoccupant dans la plupart des grandes villes mondiales. Estimer et prévoir la qualité de l'air que nous respirons est déterminant pour à la fois les entreprises désirant quantifier leurs impacts, les pouvoirs publics qui doivent y faire face et les particuliers souhaitant contrôler les polluants qu'ils inspirent. L'objectif du stage est de construire deux modèles. Le premier prédit à plusieurs jours les concentrations des différents polluants dans les grandes villes mondiales à partir de séries temporelles multivariées provenant de données météorologiques et de qualité de l'air. Le second prédit à l'échelle d'une rue la pollution actuelle à partir d'un modèle physique et de séries temporelles géolocalisées venant de stations de mesures fixes et des capteurs de gaz personnels connectés que vend l'entreprise. L'idée à terme est de fusionner ces deux modèles pour former un seul modèle spatiotemporel.

*Air pollution in Europe causes around 500,000 deaths a year and is a cause for concern in most major world cities. Estimating and predicting the quality of the air we breathe is crucial for companies wishing to quantify their impacts, public authorities that must deal with them, and individuals wishing to control the pollutants they inspire. The objective of the internship is to build two models. The first predicts multi-day concentrations of different pollutants in major global cities from multivariate time series derived from meteorological and air quality data. The second predicts on a street scale the current pollution from a physical model and geolocated time series from stationary measurement stations and connected personal gas sensors sold by the company. The ultimate idea is to merge these two models to form a single spatiotemporal model.*

**Plume Labs**  
Paris



Hugo  
ROLLIN

11h-12h

### Reconnaissance et mise en lien d'images et de textes dans des photographies de documents

#### *Image-text recognition and matching in documents photographs*

Parmi la richesse d'objets produits par l'activité artistique, les catalogues d'exposition sont une source principale pour retracer la création et l'histoire des oeuvres dans le domaine de l'art. L'objectif du stage est d'appliquer des méthodes d'analyse d'images afin d'extraire à grande échelle les informations structurées contenues dans ces catalogues. Dans un premier temps, il sera nécessaire de développer et d'évaluer des méthodes pour automatiquement extraire les images et reconnaître le texte au sein des documents. On explorera en particulier la généralisation des méthodes d'apprentissage profond pour la segmentation entraînées sur des données synthétiques afin d'être appliquées sur des documents numérisés. Par la suite, des approches permettant de mettre en lien le texte et les images extraites seront étudiées et implémentées. Enfin, d'autres aspects connexes de recherche tels que l'analyse de la mise en page ou la reconnaissance de textes manuscrits seront envisagés.

*Among the wealth of artifacts produced by artistic activity, exhibition catalogues are a prime source for retracing the making of facts and knowledge within the art field. The goal of the internship is to apply computer vision methods to extract structured information from these catalogues at large scale. First, it will be necessary to develop and evaluate methods to automatically extract images and recognize the text from the documents. In particular, we will study the generalization of deep learning based image segmentation approaches trained on synthetic images on real scans. Thereafter, methods to accurately match the text with corresponding images will be studied and developed. Finally, other connected paths of research such as document layout analysis or handwritten text recognition would be considered.*

**ENPC**  
Marne-la-Vallée



Jean-Rémi  
CONTI

13h30-14h30

## Méthodes d'apprentissage statistique pour données spatiales

### *Statistical learning methods for spatial data*

Le cadre de validité des algorithmes de machine-learning stipule en général que les données d'apprentissage sont des réalisations i.i.d. d'un vecteur aléatoire générique. Dans de nombreuses situations, auxquelles les applications en géosciences se confrontent en particulier, les données sont de nature spatiale. Si la variabilité de ces données est traditionnellement estimée au moyen de techniques de krigeage, les problématiques prédictives inhérentes à l'exploitation de ces données désormais disponibles en masse à l'heure du déploiement généralisé de capteurs suggèrent d'étendre les approches algorithmiques de minimisation de risque empirique au cadre spatial, comme cela est fait pour les techniques de moyennes locales fondées sur le partitionnement récursif de l'espace des observations. Ce stage visera à définir un cadre mathématique rigoureux permettant d'établir la capacité de généralisation des règles obtenues par minimisation du risque empirique, ainsi qu'à étudier d'autres extensions au contexte spatial d'algorithmes populaires (SVM, ensemble learning), d'un point de vue théorique et expérimental à la fois.

*The validity framework of machine-learning algorithms generally states that the learning data are i.i.d. realizations of a generic random vector. In many situations, to which applications in geosciences are confronted in particular, the data are of a spatial nature. While the variability of these data is traditionally estimated by means of kriging techniques, the predictive problems inherent in the exploitation of these data now available in mass at the time of the generalized deployment of sensors suggest to extend the algorithmic approaches of minimization of empirical risk to the spatial framework, as is done for 'local averages' techniques based on recursive partitioning of the observation space. This internship will aim at defining a rigorous mathematical framework allowing to establish the ability of generalization of the rules obtained by minimization of the empirical risk as well as to study other extensions to the spatial context of popular algorithms (SVM, ensemble learning), from a theoretical and experimental point of view.*

**Télécom ParisTech**  
Paris



Ouns  
EL HARZLI

14h30-15h30

## Apprentissage statistique pour la détection d'amas de galaxie

### *Machine learning for galaxy cluster detection*

L'application des techniques d'apprentissage statistique nous permettent d'analyser les très grandes quantités de données obtenues par les sondages du ciel à grande échelle, et les futurs sondages, dans le but d'améliorer notre compréhension du modèle standard de la cosmologie. En effet, les amas de galaxies, qui définissent la distribution de matière dans l'Univers, sont un outil puissant pour tester le modèle standard et contraindre ses paramètres. Les futurs sondages du ciel, par des télescopes terrestres et spatiaux, comme la mission spatiale Euclid, fourniront des catalogues toujours plus complets des amas de galaxies comme produits scientifiques. Nous explorerons plus particulièrement les méthodes d'apprentissage profond pour détecter des amas dans les sondages à grande échelle.

*Application of machine learning techniques to cosmology permits us to analyze the large quantity of data obtained with current surveys and expected from future surveys with the aim of improving our understanding of the cosmological model. Galaxy clusters are powerful probes of the standard cosmological model, and future ground- and space-based surveys, such as the Euclid space mission, will provide catalogs of newly discovered galaxy clusters as one of their primary science products. We will explore deep learning techniques to detect galaxy clusters in large-scale surveys*

**Caltech, Etats-Unis**  
**Observatoire de Paris, Paris**



Yoann  
PRADAT

15h30-16h30

## Étude d'un modèle de représentation de surfaces en 3D avec une topologie de sphère

### *Studying a model for the 3D representation of surfaces with a sphere topology*

L'objectif du projet est d'étudier un modèle de géométrie différentielle pour la représentation 3D de surfaces avec une topologie de sphère. Le modèle

*The aim of the project is to study a differential geometry model for the 3D representation of surfaces with a sphere topology. The model of interest will*

d'intérêt sera conçu pour incorporer un contrôle explicite sur la courbure locale de la surface paramétrique. Il sera construit comme une extension d'un modèle d'ordre inférieur préexistant permettant un contrôle local sur les premières dérivées directionnelles d'une forme.

Les deux objectifs du projet sont de caractériser mathématiquement le modèle et de mettre en œuvre des exemples de validation du concept pour le paramétrage de volumes 3D stéréotypés.

*be designed to incorporate explicit control over the local curvature of the parametric surface. It will be built as an extension of a preexisting lower-order model allowing local control over the first directional derivatives of a shape.*

*The two objectives of the project are to mathematically characterize the model and implement proof-of-concept examples of its use when parametrising stereotypical 3D volumes.*

**European Bioinformatics  
Institute**  
Hinxton, Royaume-Uni



Audrey  
KERVELLA

16h30-17h30

## Science des données et interprétation médicale

### Data Science and medical interpretation

L'analyse de données est aujourd'hui un indéniable levier d'amélioration de performances pour les entreprises. Il s'agit de traiter les données de manière assez pertinente afin qu'elles jouent un rôle moteur dans la prise de décision en entreprise. Artefact, un des principaux leaders en la matière, apporte son aide à de nombreux groupes français et internationaux, avec, dans le domaine de la data science, des missions variées : de la prédiction de ventes dans le domaine du luxe, au yield management dans le tourisme, ou encore à l'optimisation d'un réseau routier pour la télécommunication.

Poussé par les progrès dans le domaine de la reconnaissance d'images médicales, Artefact a également pris part à un projet dans le domaine de la science de données médicales. Dans le cadre de mon stage, j'ai intégré la cellule AI vs Lymphoma. L'objectif de ce projet est d'aider les chercheurs de Lysarc à différencier les lymphomes folliculaires (LF) des hyperplasies folliculaires (HF) qui, contrairement aux lymphomes, ne sont pas considérées comme dangereuses. Le but est de mettre en avant, à travers des techniques alliant algorithmes de deep learning et statistiques, un modèle de classification sur images ainsi qu'une méthodologie particulière. Cette méthodologie permettrait aux chercheurs d'établir des distinctions précises entre LF et HF en fonction de points définis comme pertinents sur une image donnée.

*Data analysis has become an undeniable performance lever for companies. Behind the technical breakthrough of data science, lies the strategic challenge of treating the data in a fairly relevant way so that they play a leading role in business decision-making. Artefact, one of the leaders in the field, provides assistance to many French and international groups, who wish to make the best use their data. Artefact has contributed to various projects: from sale forecasting in the luxury branch, to yield management in tourism, to optimization of road networks for telecommunications.*

*Driven by advances in the field of medical image recognition, Artefact has also taken part in a project in the field of medical data science. The purpose of my project is to help Lysarc researchers differentiate follicular lymphoma (LF) from follicular hyperplasia (HF) which, unlike lymphomas, are not considered dangerous. The aim is to highlight, through techniques combining deep learning algorithms and statistics, a classification model on images as well as a methodology, allowing researchers to make specific distinctions, based on relevant points on given images.*

**Artefact**  
Paris

Yanis  
TAZI

9h-10h

## Machine learning statistique pour la recherche sur le cancer

### *Statistical machine learning for cancer research*

La leucémie aiguë myéloblastique ou « LAM » est un cancer qui prend naissance dans les cellules souches du sang. En se développant, les cellules souches du sang deviennent des cellules blastiques autrement appelées blastes et considérées comme des cellules sanguines immatures. Dans le cas de la LAM, il y a une surproduction de cellules blastiques. L'objectif de ce projet de recherche, dans un premier temps, est d'utiliser et développer des outils d'analyses statistiques et d'apprentissage non-supervisés, afin de redéfinir les différents groupes de patients atteints de cette maladie en se basant sur leurs données génétiques, phénotypiques ainsi que cytogénétiques. Cette redéfinition des groupes permettra d'analyser l'importance des variables de chaque groupe et de mettre en place un nouveau protocole de diagnostic entre la « Myéloдисplasie » et la « LAM » qui sont aujourd'hui différenciées l'une de l'autre par un simple cut-off du taux de blastes médullaires.

Dans un second temps, il faudra s'aider des groupes ainsi formés afin de mettre en place des algorithmes d'analyse de survie pour que les médecins puissent accompagner au mieux chaque patient durant la phase de traitement. L'objectif de cette deuxième partie portera sur la réflexion de la mise en place de nouveaux algorithmes de pénalisation qui prennent en compte la censure et la troncature de données.

*Acute myeloid leukemia or AML is a cancer starting in blood stem cells. While growing, those blood stem cells become blast cells considered as immature blood cells. In the case of AML, there is an overproduction of blast cells.*

*In the first instance, the goal of this research project is to develop and use statistical tools and unsupervised learning in order to refine the patient groups developing AML based on their genomic, phenotypic and cytogenetic data. By redefining those different groups, we will be able to find important features for each group and to set up a new diagnostic protocol to distinguish AML from MDS (myelodysplastic syndromes) who are nowadays differentiated by a simple blast rate cut-off.*

*Second, we will use those groups to set up survival analysis algorithms in order for the doctors to better assist each patient during treatment phase. The purpose of this second part will also be to work on new penalization algorithms taking into account censored and truncated data.*

**Memorial Sloan Kettering  
Cancer Center**  
New York, États-Unis



10h-11h

## Application du traitement de langage naturel et du deep learning à la recherche d'informations biomédicales

### *Applying natural language processing and deep learning for open-domain biomedical question answering*

Chaque année, 8 millions de requêtes sur les médicaments sont soumises à des moteurs de recherche. La formulation de ces questions varie fortement et les informations que les utilisateurs obtiennent proviennent de sources très variées, qui sont bien souvent non-structurées et peu dignes de confiance. En utilisant les méthodes de traitement de langage naturel, POSOS, une startup créée en 2017, développe une technologie capable, sur le long terme, de comprendre n'importe quelle question posée sur un médicament et de générer automatiquement une réponse en croisant différentes sources de données fiables. Cette technologie, qui pourra être utilisée par des professionnels de santé, vise à réduire les risques liés à une mauvaise posologie de médicaments, qui entraîne chaque année l'hospitalisation de 144 000 personnes en France. Les systèmes de question-réponse constituent un

*Eight billion drug queries are submitted each year in search engines. The way these questions are asked varies significantly and the information the applicant hopes to obtain comes from a very large number of sources, most of which are unstructured and not trustworthy. Using new natural language processing techniques, POSOS, a start-up created in 2017, develops a technology able, in the long term, to understand any questions asked about a drug and automatically generate an answer by crossing different reliable data sources. This technology, which can be used by many healthcare professionals, aims at reducing the risk of misuse of medicines, which still causes more than 144,000 hospitalizations each year in France.*

*Question answering is a broad domain, including Information Retrieval (IR), Machine Reading Comprehension (MRC), answer generation tasks. The*

vaste domaine, comprenant la Recherche d'Informations (IR), la Compréhension de Lecture Automatisée (MRC) et la génération automatique de réponses. L'objectif de ce stage est de se concentrer sur la partie requête de documents pertinents du système de question-réponse. La Recherche d'Informations est un domaine où des techniques robustes et efficaces ne reposant pas sur l'apprentissage artificiel ont été utilisées pendant longtemps, notamment dans de nombreux moteurs de recherche comme Google. Cependant, ces systèmes sont parfois adaptés manuellement, pas toujours très évolutifs, ni spécifiques à un domaine. Par conséquent, des réseaux de neurones commencent à être utilisés pour effectuer des requêtes de documents et pour classer leur pertinence.



Clément  
ACHER

11h-12h

## Détection de commandes vocales sur large vocabulaire avec contraintes en temps de calcul et en mémoire

### *Small footprint algorithm for keyword spotting on large vocabulary*

La détection de commande vocale à l'aide de modèles contraints en temps de calcul et en mémoire est un domaine de recherche actif en reconnaissance vocale. Les assistants vocaux comme Google Home ou Alexa utilisent ce type d'algorithme en continu pour détecter leurs wake words respectifs ("Hey Google", "Alexa") pour n'envoyer les paroles enregistrées au cloud qu'après détection de la commande. Snips, qui développe un assistant vocal sans utilisation de cloud dans un souci de respect de la vie privée propose également des solutions de détections de commandes vocales plus générales pouvant être intégrées dans des micro-contrôleurs peu onéreux pour répondre à des dizaines de commandes comme "allume la lumière". L'approche classique pour ce genre de problème consiste à constituer un jeu de données d'exemples audio annotés de la commande vocale correspondante et d'entraîner à partir de ceux-ci des réseaux de neurones récurrents. Si les modèles qui découlent d'une telle stratégie ont l'avantage d'être performants et d'avoir une mise en place relativement simple, ils ne sont utilisables que pour la tâche pour laquelle ils ont été entraînés. C'est un inconvénient majeur car la constitution d'un jeu de données est à la fois onéreuse et chronophage. On peut donc envisager une approche différente, plus proche des techniques de reconnaissance automatique de la parole : non plus tenter de reconnaître directement les commandes mais plutôt des séquences de phonèmes. Si une séquence de phonèmes correspondant à une commande donnée est détectée, on peut alors inférer que la commande a été prononcée. L'ajout d'une nouvelle commande au modèle, en général un réseau de neurones récurrents, ne demande dans ce cas que l'addition de la liste de phonèmes correspondante. Le contexte impose cependant des contraintes matérielles très fortes, l'algorithme étant destiné à des micro-contrôleurs dont les caractéristiques sont plus que modestes. Comment donc implémenter et optimiser les performances d'un tel modèle, plus général et qui nécessite des étapes supplémentaires de décodages, dans ces contraintes de calculs et de mémoire?

*goal of this internship is to focus on the document retrieval part of the question answering system. Information retrieval is a domain where efficient and robust non-machine learning techniques have been used for a long time, in first-class web search services such as Google. However, these systems are sometimes heavily hand-crafted, not always very scalable, nor domain specific. As a consequence, end-to-end neural networks are starting to be used to do query-document matching and ranking.*

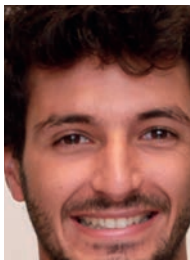
**Posos**  
Paris

*Small-footprint keyword spotting systems is an active field of research in speech recognition. Voice assistants like Google Home or Alexa use such algorithms to spot their respective wake words ("Hey Google", "Alexa") in order to stream to the cloud only after detecting a command. Snips also develops a voice assistant that runs only on device and offers solutions to spot voice commands on cheap micro-controller units that can spot a dozen of them such as "turn on the light".*

*A common approach to tackle this kind of keyword spotting problem is to gather annotated datasets at the command level and use them to train recurrent neural network models. The classifiers obtained with this strategy are performing well and are rather easy to implement, but they can only be used for the task they have been trained for. It is an important downside as crafting datasets is both expensive and time consuming. We can imagine another approach, more similar to what is done in automatic speech recognition : instead of trying to directly classify the keywords (either the stream contains one or not), the model can have the goal to transcript the sequence of phonemes from the audio stream. If the sequence corresponds to a voice command to be spotted, we can infer that the command has been said. The addition of another keyword or command to the model, usually a recurrent neural network, doesn't require more than adding the corresponding sequences of phonemes. The context requires the algorithm to be as light as possible as it is expected to run on micro controller units that have very small computational power. How can this more complex model be implemented and optimised to make them work on device with low computational cost and memory footprint?*

**Snips**  
Paris





Romain  
ROLLIN

13h30-14h30

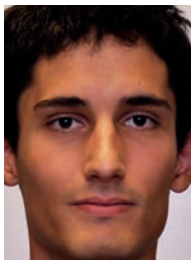
## Optimisation multi-objectif dans un espace moléculaire continu construit à partir de données non labellisées

### *Multi-objective optimization in a data-driven continuous representation of molecules*

L'élaboration de nouveaux médicaments requiert à l'heure actuelle énormément de temps, de connaissances spécialisées et d'expériences biologiques excessivement coûteuses. Au cours de la dernière décennie, de nouvelles approches utilisant l'IA ont suscité un intérêt croissant dans le milieu du « drug-design » parce que ces méthodes pourraient réduire la dimensionnalité de l'espace de recherche et le temps nécessaire pour trouver une nouvelle molécule candidate prometteuse. L'application de l'IA au « drug-design » est un problème d'optimisation dans lequel l'algorithme recherche les molécules qui maximisent une fonction objective. Cependant, l'optimisation dans l'espace moléculaire est extrêmement difficile car l'espace de recherche est très grand, discret et non structuré. De plus, en pratique, les entreprises pharmacologiques recherchent des molécules qui répondent à de nombreux critères différents. Ces molécules doivent être efficaces mais aussi non dangereuses pour l'être humain. Pourtant, la communauté scientifique s'est principalement concentrée sur l'optimisation d'une seule fonction objective, en combinant de manière assez arbitraire les différents critères. Au cours du stage, nous combinerons deux nouvelles approches récemment développées. Tout d'abord, nous construirons une représentation moléculaire multidimensionnelle continue qui sera élaborée à partir de données, en utilisant un auto-encodeur. Ce nouvel espace, couramment appelé espace latent moléculaire, présente plusieurs avantages : d'abord, il est vraiment plus facile et pratique de travailler dans un espace continu, puis de retourner dans l'espace moléculaire en utilisant le décodeur. Deuxièmement, l'espace latent est construit en utilisant de grands ensembles de composés chimiques non étiquetés, ce qui est un atout important puisque l'étiquetage des bases de données chimiques est en pratique très coûteux. Enfin, la construction de cet espace latent ne nécessite a priori pas d'avoir une expertise en chimie ou biologie. Cet espace latent nous permettra ensuite de tester différentes techniques d'optimisation multi-objectifs pour ensuite les comparer à l'état de l'art.

*Many of today's drug discoveries require a huge amount of time, expertise knowledge and excessively expensive biological experiments for identifying the chemical molecular properties. In the past decade, new approaches using AI caught a growing interest in the drug design community because they could reduce the dimensionality of search space and the time to find a new promising candidate molecule. Combining AI and « drug design » is an optimization problem in which the algorithm search for the molecules that maximize an objective function. However, optimization in molecular space is extremely challenging because the search space is very large, discrete, and unstructured. Moreover, in practice the pharmacological companies are looking for molecules that complete many different criteria - they must be efficient, but also non dangerous for a human being. Yet, people have mainly focus on optimizing one single objective function, combining quite arbitrarily the different criteria. In this internship, we combine two new approaches that were recently developed. First, we build a molecular multidimensional continuous representation that is data-driven, using an auto-encoder. This new space called latent space has several advantages; first, it is really easier and convenient to work in a continuous space and then go back to the molecular space using the decoder. Second, the latent space is built using large sets of unlabeled chemical compounds which is an important asset since labeling chemical databases is in practice really expensive. Third, the construction of this space does not require any expert knowledge in chemical biology. This latent space will then enable us to test different multi-objective optimization techniques in order to compare them to state-of-the-art existing techniques.*

**IktoS**  
Paris

Tristan  
DOT

14h30-15h30

## Analyse multimodale de la locomotion: détection et reconnaissance de motifs

### *Multimodal analysis of locomotion: pattern detection and recognition*

Ce stage s'inscrit dans le contexte de la collaboration entre l'UMR CMLA (ENS Paris-Saclay) et l'UMR COGNAC-G (Université Paris Descartes), constituée de médecins, d'ingénieurs et de mathématiciens et visant l'étude du comportement humain et animal grâce à la constitution et à l'analyse de bases de données.

Dans ce cadre, la marche de plusieurs sujets a été enregistrée de façon synchronisée grâce à un tapis de mesure et des accéléromètres triaxiaux, permettant une analyse multimodale des signaux. Le but du stage consiste à utiliser et développer des outils de reconnaissance de formes et d'apprentissage pour le dépouillement de cette cohorte. Il s'agira tout à la fois de valider et développer des algorithmes de détection de pas (reconnaissance de formes, analyse de séries temporelles: par déformation temporelle dynamique, décomposition en ondelettes, etc), d'étudier les liens existants entre les motifs d'accélération et les motifs de pression, et d'analyser automatiquement et classifier les motifs observés (par apprentissage de dictionnaire, notamment).

*This internship is part of the collaboration between the CMLA laboratory (ENS Paris-Saclay) and the COGNAC-G laboratory (University Paris Descartes), made up of doctors, engineers and mathematicians, and aiming at the study of human and animal behavior through the creation and analysis of databases. In this context, the walking of several subjects was recorded synchronously thanks to a pressure-sensitive walkway and triaxial accelerometers, allowing a multimodal analysis of the signals. The purpose of the internship is to use and develop form recognition and learning tools in order to robustly analyze this cohort. The goal will be, at the same time, to validate and develop algorithms of step detection (by pattern recognition and time series analysis: using dynamic time warping (DTW), wavelet decomposition, etc.), to study the existing links between the acceleration and pressure patterns, and to automatically analyze and classify the patterns observed (thanks to dictionary learning, in particular).*

**ENS Paris Saclay  
et Université Paris Descartes**

Matthieu  
WITTIG

15h30-16h30

## Analyse de la gestion de l'équilibre offre/demande sur les marchés de l'électricité

### *Analysis of the demand/supply equilibrium management on power markets*

La DOAAT (Direction de l'Optimisation Amont-Aval et Trading) est chargée de gérer l'équilibre offre-demande sur le périmètre EDF : elle ajuste à tous les horizons de temps production et consommation, et définit les programmes de production des actifs d'EDF tout en respectant leurs contraintes techniques de son parc et en optimisant économiquement leur usage. Le stage est intégré à l'équipe journalière, en charge des activités opérationnelles à l'horizon J-1. Pour ces activités à fort enjeu, l'équipe génère et s'appuie sur une grande quantité de données.

L'objet du stage est de développer des outils d'analyse destinés à appuyer les équipes opérationnelles dans leur activité quotidienne. Les analyses tournent essentiellement autour des signaux de prix, qui sont une donnée clef pour l'optimisation. Parmi ces outils : un module de reprise de facturation dans des cas spécifiques ; une méthodologie pour quantifier les erreurs de prévision des prix spot de l'électricité ; une analyse de sensibilité d'un modèle de construction d'offres de flexibilité nucléaire sur le marché spot ; et une analyse du marché infra-journalier de l'électricité avec des données disponibles à la sortie de l'enchère

*Within power producer EDF, the Division for Upstream-Downstream Optimisation and Trading (DOAAT) oversees the management of the demand-supply equilibrium: at all time horizons, it adjusts production and consumption and defines the production planning for EDF's assets considering technical constraints as well as economic optimality. The internship is more specifically linked to the short-term operational team in charge of the day-ahead optimisation. For their high-stakes activities, large amounts of data are generated and handled.*

*The aim of the internship is to develop analytical tools to support on a daily basis the operational teams, with a focus on price signals, which are a key input to power optimisation. The projects undertaken include: a tool to recalculate bills in specific cases; a methodology to quantify uncertainties linked to spot price predictions; a sensitivity analysis for a model offering power flexibility to the spot market; and an analysis of the intraday markets with the data available just after the day-ahead fixing. Those modules will be implemented according to the ongoing harmonisation of IT tools and data sources used by team.*

spot. Les implémentations se feront dans le cadre de l'harmonisation des outils informatiques et des sources de données utilisées par l'équipe.

EDF  
Saint-Denis

Jeudi 12 septembre Thursday 12<sup>nd</sup> Septembre ■ L312



Reda  
MANSOURI

9h-10h

## Structuration et pricing de produits dérivés et structurés actions et hybrides

### *Structuring and pricing of equity and hybrid derivative as well as structured products*

Un produit dérivé est un instrument financier qui dépend d'un autre produit, appelé le sous-jacent. Un produit dérivé exotique, par opposition à un produit dérivé vanille, est un produit financier dont la fonction de flux terminal (payoff function)  $g(ST)$  à la date d'échéance  $T$  n'est pas une fonction simple de la valeur du sous-jacent  $ST$ . En général, les produits structurés et dérivés font intervenir d'une part différentes classes d'actifs tels que les actions, les devises, les commodités ou les taux d'intérêt et d'autre part un composant optionnel sophistiqué destiné à améliorer la performance du produit. Les produits dérivés dit hybrides mélangent plusieurs classes d'actifs, comme les actions et les devises par exemple.

Les produits structurés peuvent être des outils de diversification ou d'optimisation du taux de retour sur investissement. Mais ils peuvent également servir à couvrir des risques ou à spéculer. Les banques d'investissement vendent en général des produits structurés à deux types de clients: les institutions (compagnies d'assurance, fonds de pension) ou les banques de détail. Dans une banque proposant des produits structurés et des produits dérivés exotiques, on retrouve plusieurs métiers distincts qui interviennent au cours des différentes étapes de la vie du produit en question. Au niveau du front office, les vendeurs, les ingénieurs financiers (structureurs) et les traders ont une importance capitale dans le développement de ce business.

Ce stage se concentre sur le rôle de l'ingénieur financier, qui comprend d'une part la création de nouveaux produits structurés et d'autre part le pricing (évaluation de la valeur) de ces produits. Le rôle de l'ingénieur financier dans le pricing de produits structurés nécessite d'analyser leurs risques avant que le trade ne soit exécuté. L'ingénieur financier travaille en étroite collaboration avec les traders afin de se mettre d'accord sur la marge à inclure dans le prix du produit et qui est destinée à couvrir la prise de certains risques. Le processus de pricing comprend des simulations informatiques, des analyses de risque ainsi que le développement et la mise en place d'outils de pricing.

*A derivative is a financial instrument derived from another asset, called the underlying asset. An exotic derivative, as opposed to a vanilla derivative, is a financial product whose payoff function  $g(ST)$  at maturity date  $T$  is not a simple function of the underlying value  $ST$ . Structured products and derivatives usually combine equities, currencies, commodities or interest rates with a more sophisticated optional component to boost performance. Hybrid derivatives mix several asset classes, such as equities and currencies for instance.*

*Structured products can serve as diversification or yield enhancement vehicles, and also as specifically tailored hedging or speculative tools. Investment banks typically sell structured products to retail clients and institutionals. In a platform of structured products and exotic derivatives, we can find distinct roles involved in the different stages of the life of a product. On the front office side, the sales people, the structureurs and traders are all of central importance in the development of this business.*

*This internship is about the role of the structurer, which involves creating new structures as well as pricing these structures. The role of the structurer in pricing structured products involves analysing their risks before the trade can be done. The structurer will work closely with traders to agree on the levels they charge for taking on certain risks, and reflect these when making prices and considering new payoff structures. The pricing process involves simulations, risk analysis as well as the development and implementation of pricing tools.*

Société Générale  
Tokyo, Japan



Louis  
LAPASSAT

10h-11h

## Utilisation de méthodes statistiques pour développer des signaux de trading sur le marché d'actions Européen

### *Use of statistical methods to develop trading signals on the European equities market*

Un signal de trading est le déclencheur d'une action généré par analyse, que ce soit pour l'achat ou la vente d'un actif ou d'un autre produit financier. Cette analyse peut être produite par un trader notamment en se basant sur des indicateurs techniques, ou bien en utilisant des algorithmes mathématiques fondés sur le dynamisme du marché ou d'autres facteurs alternatifs tels que les annonces, la comptabilité, etc. Le but du stage est de se concentrer sur cette dernière approche en utilisant des méthodes statistiques, extrait d'articles de recherche, pour construire des signaux. Dans un premier temps il s'agira de construire un environnement sain pour tester et évaluer le pouvoir des signaux trouvés. Ensuite on pourra progressivement, en partant d'une stratégie de base, améliorer et complexifier les modèles. Pour cela on pourra utiliser diverses méthodes de régression (lasso, ridge, régression linéaire multiple) ou de machine learning (Xgboost, ACP, ...).

*A trading signal is a trigger for action generated by analysis, either to buy or sell an asset or other. That analysis can be human generated using technical indicators, or it can be generated using mathematical algorithms based on market action, possibly in combination with other market factors such as economic indicators. The aim of this internship is to focus on this last approach by using statistical methods, extracted from research papers, in order to build trading signals. In first place, it is a matter of establishing an environment to backtest trading signals to judge performance. Then gradually starting with a basic strategy we will improve and complexify the models. For that purpose, various regression methods (lasso, ridge, multiple linear regression) or methods from machine learning (Xgboost, PCA, ...) could be used.*

**BNP  
Paris**



Yosri  
SAKLY

11h-12h

## Analyse de séries financières en utilisant des techniques d'apprentissage profond

### *Financial times series analysis using deep learning techniques*

La prévision du prix des actions est la clé du succès des investissements. Ils sont très proches du hasard et cette tâche est donc très difficile. Cependant, les rendements boursiers présentent une certaine prévisibilité. Des techniques modernes d'apprentissage en profondeur et des machines, associées à des données complétées par quelques fonctionnalités intelligentes, pourraient permettre de repousser les limites d'approches plus classiques pour la prévision des rendements des actions. Durant ce stage à la Société Générale, j'ai développé des fonctionnalités avancées liées aux stratégies de trading, susceptibles d'ajouter des informations au modèle. La première partie de mon stage consiste à trouver des patterns et à développer un modèle d'apprentissage profond basé sur les CNN / LSTM afin de reconnaître les patterns importants qui nous aident à prévoir les tendances futures du cours des actions.

La deuxième partie consiste en un traitement du langage naturel permettant de tirer parti des nouvelles et de quantifier les données qualitatives à partir de nouvelles. En effet, la grande quantité d'informations textuelles et quantitatives impliquées dans les nouvelles peut aider notre modèle à anticiper les tendances haussières ou baissières. Une fois les fonctionnalités développées, je tenterai ensuite de les agréger pour prévoir les prix des actions en tenant compte des relations entre les actions. Cela se fera par le biais de techniques d'apprentissage approfondi telles que LSTMS / CNN pour apprendre les caractéristiques et essayer de prédire le cours des actions suivant dans un délai raisonnable.

*Predicting stock prices is the key to doing successful investments. They are very close to random, and this task is thus very hard. However, stock returns do exhibit some predictability. Modern machine and deep learning techniques, coupled with data augmented with some clever features based on it, might be able to push the limits of more classic approaches for predicting stock returns. During this internship at Société Générale, I will develop some advanced features linked to trading strategies which may add information to the model. The first part of my internship consists in the feature engineering and developing a deep learning model based on CNNs/LSTMs to recognize important trading patterns that help us predict the future trend of the stock price.*

*The second part consists in natural language processing to take advantage of the news and to quantify qualitative data from news. Indeed, the vast amount of textual and quantitative information involved in news can help our model to anticipate bullish or bearish tendencies. Once the features developed, I will then aggregate them to predict the stocks prices considering the relationships between stocks. This will be done through deep learning techniques to predict the next stock prices in a convenient time scale.*

**Société Générale  
Paris**



Raphaël  
TEBOUL

13h30-14h30

## Élaboration d'un système de recommandation

### Setting up a recommendation system

Pour toutes les entreprises dont l'activité est exclusivement la publication de contenu en ligne, les campagnes de mailings constituent une chaîne d'acquisition de nouveaux clients capitale, et se révèle être des arguments de poids à présenter à de nouveaux investisseurs car cela témoigne de la santé de l'entreprise. Mais pour ce faire il est nécessaire d'avoir de bonnes statistiques d'ouverture et de clique des sus-dits mails. Il va donc s'agir à partir des données brutes de réception et de cliques d'élaborer un modèle prédictif de l'intérêt porté à la campagne par les utilisateurs, afin de pouvoir optimiser le contenu en améliorant la répartition des sujets abordés, mais également de mener une étude prospective des utilisateurs les plus fidèles, afin de fournir des recommandations sur la ligne éditoriale de l'entreprise. L'entreprise étant implantée à travers l'intégralité des Etats-unis, il va être intéressant d'employer des méthodes de géostatistique pour créer des cartes de chaleur explicitant où résident les utilisateurs les plus fidèles.

Dans un second temps, il va s'agir de créer un système de recommandation d'articles pour le site internet et pour cette campagne de mailing afin de personnaliser l'expérience utilisateur. Pour ce faire il va d'abord falloir mener une analyse ontologique de chaque article - différentes techniques de NLP seront donc au programme. Enfin, il s'agira de tester différents algorithmes de recommandation.

*For companies whose activities are merely publishing online content, mailing campaigns are a key part of the acquisition funnel, and are a key argument to present to any would-be investor as it takes the temperature of how the audience reacts to the company. But for that to be a boon and not a bane, a company has to get good open and clicked-through rates on these emails. This is why first and foremost, the key task will be to create a predictive model of the interest of the customers for the specific emails. This can be used to optimize the distribution of the subjects we deal with, and then to build a cohort analysis of our best customers to provide recommendations on the editorial line. As the company is present across the USA, it will be interesting to use geostatistical methods to create heat maps of what works where.*

*Finally, the aim is to create a recommendation system for the website and the mailing campaign to personalize the user experience. To do so, it has to start with an ontological analysis of the articles - several NLP methods are going to be tested. In the end several recommendation algorithms will be tested.*

**The Plunge**  
New-York, États-Unis



Abderaheman  
YEWGAT

14h30-15h30

## Apprentissage statistique, analyse fonctionnelle, géostatistique et analyse de sensibilité dans le contexte de la production pétrolière

### Statistical learning, functional data analysis, Geostatistics and Sensitivity analysis for oil and gas forecasting

Le but de mon travail est de développer des modèles d'apprentissage statistique pour prédire la production d'huile et de gaz. L'idée de mon travail est de partir des modèles géostatistiques classiques comme le krigeage universel, le co-krigeage universel ou la simulation gaussienne et aussi des modèles de machine learning comme les forêts aléatoires, et essayer de construire des modèles de prédiction pour l'huile et le gaz. Ces modèles sont généralement appliqués dans le cas où l'on a des sorties scalaires, donc pour adapter ces derniers au cas des sorties fonctionnelles on a utilisé la théorie des données fonctionnelles qui nous donne un cadre mathématique dans lequel on peut développer nos modèles d'apprentissage. La deuxième partie de mon stage est plus sur la partie analyse de sensibilité vu que dans le cas de données d'huile et de gaz. On a souvent un ensemble de paramètres qui doivent être analysés avant d'entraîner les précédents modèles.

*The aim of my work is to develop statistical learning models to forecast the production of oil and gas. The idea is to start from a classical geostatistical framework like Universal Kriging, Universal Co-Kriging or Sequential Gaussian Simulation and from machine learning models like Random Forests and to try to construct learning models capable of forecasting in the case of oil and gas production. These models are generally applied for scalar outputs ; in the case of oil and gas production we are working with curves (production over years for example) rather than scalar outputs, so to adapt these models to our context we have used the functional data analysis approach which gives us a mathematical framework in which we can apply the previous approach. The second part of my work is about sensitivity analysis, because in the oil and gas context we have several parameters and we need to perform a deep analysis of these parameters before building any learning models.*

**Total Exploration and  
Production Pau**



Juliette  
ORTHOLAND

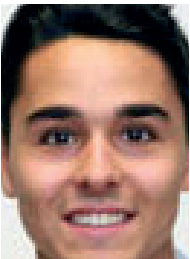
## Etudes des séries temporelles et de l'anonymisation des données pour l'industrie

### *Study of time series and data de-identifying for industry*

De nos jours l'industrie possède un stock important de données qu'elle cherche à valoriser. Un axe de valorisation est l'étude de problématiques reliées à l'analyse des séries temporelles. En effet, l'étude des anomalies et des saisonnalités des séries temporelles peut avoir des applications en maintenance ou en efficacité énergétique. D'autre part, suite à l'entrée en vigueur du RGPD, des problématiques entourant les données personnelles et leur anonymisation doivent être prises en compte. L'objectif de mon stage et d'accompagner les acteurs industriels dans la valorisation de leurs données à travers des démonstrations de faisabilité reliées à ces axes d'études. Mes travaux porteront sur l'aspect algorithmique des traitements ainsi que leurs implémentations dans les différents outils de l'écosystème technologique.

*Nowadays the industry seeks to value the important amount of data it owns. Studying time series is a way to value industrial data. Indeed, the analysis of time series anomalies and seasonality can have application on maintenance and energy efficiency. On the other hand, with the entry into force of GDPR, questions around personal data and their de-identifying should be taken into account. The aim of my internship is to help industrial stakeholders to value their data through proof of concept that are linked to this axis of study. My work will be related to the data treatment and the implementation of tools in the technology environment.*

**EDF**  
Nanterre



Victor  
BIAGGI

## Optimisation d'algorithmes de trading

### *Optimization of trading algorithms*

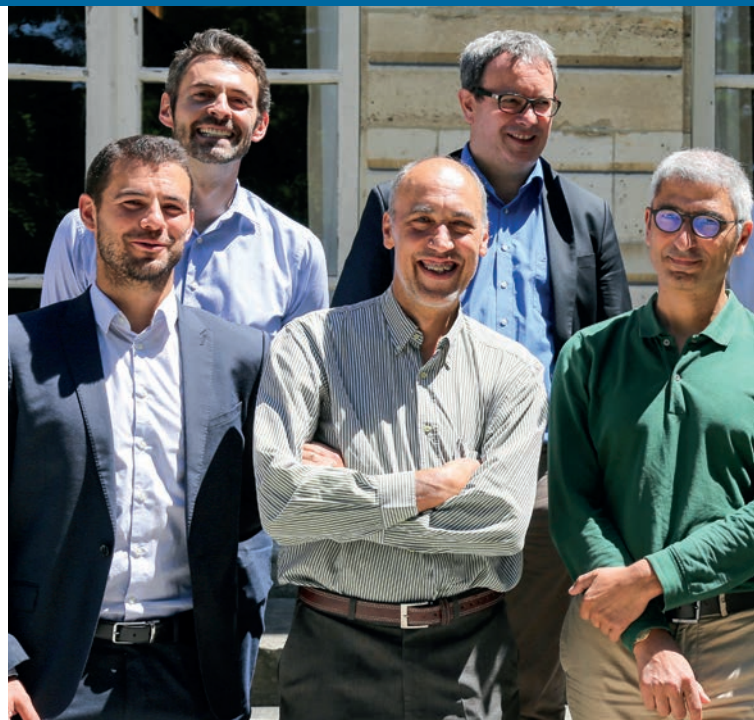
La stage consiste en l'optimisation d'algorithmes de type « machine learning » de trading. Le but du stage est de comprendre comment se fait le trading de marché automatique et de mettre en pratique le savoir acquis en statistiques et machine learning. Ce stage permet aussi de comprendre le fonctionnement d'un « order book » de trading et de savoir comment sont traités les différents produits sur indice equity du desk « Automated Market Making » de la banque BNP.

*This internship at the bank BNP in Hong Kong consists in optimizing trading algorithms involving machine learning techniques. The aim of this internship is to understand how automated trading is performed. It allows me to put in practice my knowledge in statistics and machine learning. This internship is also a good opportunity to understand how an « order book » works and learn about market microstructure. It helps understanding how products on Equity Index are traded on the trading desk « Automated Market Making ».*

**BNP**  
Hong Kong, Chine



# GESTION SCIENTIFIQUE



La gestion est un art tout d'exécution, et c'est pourquoi l'essentiel des enseignements dispensés aux élèves de l'option gestion scientifique a pour cadre leurs travaux de fin d'études. Ces travaux portent sur des questions que se posent des organisations au sein desquelles les élèves mènent leurs investigations tout au long de l'année scolaire. Ils sont attentivement suivis par des chercheurs du Centre de gestion scientifique, qui les rencontrent chaque semaine. Il est demandé aux élèves, non seulement une analyse approfondie, mais aussi la mise en œuvre d'une réforme, fût-elle modeste, car en matière de gestion la route peut être longue entre une idée et son application, et il est souhaitable que les élèves en fassent l'expérience dès l'École.

L'épithète "scientifique" se justifie notamment par le fait que les élèves

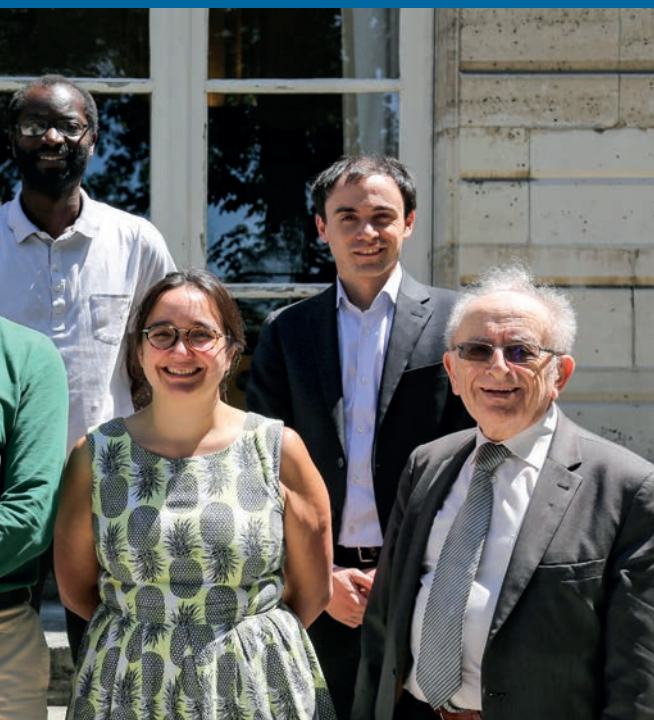
de l'option apprennent avec soin les disciplines formalisées qui trouvent un usage en gestion (calcul économique, recherche opérationnelle, théorie de la décision, etc.).

Mais c'est plutôt aux sciences naturelles qu'aux sciences exactes que cette épithète fait référence, car le monde de la gestion, en dépit de l'abondance de la littérature, est encore mal connu, et il est demandé aux élèves un effort soutenu d'observation, de dialogue avec les acteurs du terrain, et de recul critique devant les fortes impressions que ne manque pas d'inspirer la fréquentation de cet univers du commandement et du jugement. C'est sur ces derniers aspects que porte l'effort principal du corps enseignant.

**Cédric DALMASSO**  
**Frédéric KLETZ**



# SCIENTIFIC MANAGEMENT



*Management is an art in action; this is why most of teaching to the students of the Major Scientific Management takes part in their graduate main project. The latter are about issues raised by organizations in which the students investigate all along the school year. They are carefully supervised by researchers from the Centre for Management Science who meet them every week. Students are not only expected to produce an in-depth analysis, but also to implement a reform proposal, be it modest. As there may be a long way in management between an idea and its application, it is better that students already experiment it during their curriculum at the Ecole des Mines de Paris. The adjective « scientific » is at first justified because the students of the Major learn carefully mathematically formalised disciplines applied in management (economic calculation, operational research, decision theory, etc.).*

*But it is rather to natural sciences than to exact sciences that this adjective refers to. As the management world, despite an abundant literature, still remains badly known, it is asked to the students a sustained effort of observation and dialogue with field actors, as well as critical distance toward strong impressions that living this world of authority and judgment always generates. It is on these last aspects that most of the efforts of the faculty are focused.*

**Cédric DALMASSO**  
**Frédéric KLETZ**

# GESTION SCIENTIFIQUE *SCIENTIFIC MANAGEMENT*

Mardi 10 septembre *Tuesday 10<sup>th</sup> September*

■ V106B



Samuel  
KRON



Charlotte  
MOULONGUET

11h15-11h45

## Adoption d'une innovation technique, quelles conséquences sur l'organisation ? Le cas d'un exosquelette sur les chantiers Colas

*Promotion of an innovation: which reorganizations to improve the use of an exoskeleton on roads construction sites and encourage its adoption?*

L'opération de revêtement des routes, réalisée encore de nos jours manuellement dans bien des cas, représente un travail répétitif et physique, qui entraîne des troubles musculosquelettiques (TMS) chez les opérateurs (« tireurs au râteau »). Colas a développé, en lien avec une start-up, un exosquelette qui permet de multiplier la force exercée par les ouvriers, ce qui permet de réduire l'usure physique liée à ce métier. Alors que Colas a commencé à déployer cette technologie en 2018, elle est encore peu utilisée effectivement sur les chantiers.

Les élèves, immergés au sein de la direction innovation du groupe et dans la vie de plusieurs chantiers, ont d'abord dressé un bilan de la genèse et du déploiement de cet exosquelette en se concentrant sur l'identification des freins à l'adoption de la technologie. A partir de ces analyses, ils ont proposé des changements organisationnels permettant de mieux exploiter le potentiel de cette innovation et d'en favoriser l'adoption par les différents échelons des agences Colas. Leur étude a consisté à concevoir des scénarios de réorganisations possibles et à les tester sur le terrain (nouvelle répartition des rôles au sein de l'équipe, utilisation de nouveaux types d'enrobés...).

*Roads surfaces are made by spreading a large quantity of asphalt concrete; this operation can still be realized manually today. This repetitive and physical work leads to musculoskeletal disorders (MSD) in rake workers. Colas co-developed with a startup an exoskeleton which multiplies the strength exerted by workers: this leads to reduce the physical wear and tear of this job. While Colas began deploying this tool in 2018, it is rarely used on construction sites today.*

*Students, involved in the innovation department of the group, firstly drew up the portrait of the exoskeleton genesis and deployment focusing on identifying the drag on its adoption. Based on this analysis, they proposed organizational changes to better exploit the potential of the exoskeleton and encourage its adoption by the various levels of Colas agencies. Their study consisted in designing scenarios of possible reorganizations and testing them in the field (new distribution of roles within the team, use of new types of asphalt...)*

**Colas**



Martin  
XIBERRAS



Rhita  
ASMI

11h45-12h15

## L'organisation de la télépsychiatrie au service des enfants autiste

*Telepsychiatry organization at the service of autistic children*

Dans le cadre d'un appel à projet « Télé-médecine et Handicap » lancé par l'Agence Régionale de la Santé d'Ile-de-France, le Centre Hospitalier Sainte-Anne a pu déployer une expérimentation de télé-médecine, permettant à son centre de diagnostic autisme (CRE-DAT) de réaliser des téléconsultations au profit d'Instituts Médico-Educatifs (IME) en Ile-de-France, qui prennent en charge des enfants souffrant de troubles du spectre de l'autisme.

Constatant que la demande de téléconsultations restait faible depuis le lancement de l'outil en 2015, l'hôpital Sainte-Anne a confié aux élèves une étude visant à mieux comprendre le mode d'usage actuel du dispositif de téléconsultations avec les IME, les besoins auxquels il répond, et de proposer des pistes d'évolution. La rencontre des diverses parties prenantes a permis d'identifier les freins techniques

*As part of a call for projects «Telemedicine and Handicap» launched in 2012 by the Regional Health Agency of Ile-de-France, the Sainte-Anne Hospital Center was able to deploy a telemedicine experiment, allowing its autism diagnostic center (CRE-DAT) to carry out teleconsultations for the benefit of Medical Educational Institutes (IME) in Ile-de-France., which take care of children suffering from autism spectrum disorders.*

*Since the launch of the project in 2015, face to the low demand of teleconsultations, the Sainte-Anne hospital has entrusted the students with a study aimed for a better understanding of the current mode of use of the teleconsultation's device with the IMEs, the needs to which it responds, and proposing ways of evolution. The meeting of various actors of the project made it possible to identify the technical obs-*

et les difficultés organisationnelles (modes de coordination et de pilotage), mais également de poser la question du principe-même de l'usage de la télémédecine en psychiatrie.

Les élèves ont ainsi pu explorer des nouveaux scénarios de fonctionnement, concernant aussi bien l'intégration de nouveaux IME ciblés, que l'amélioration des modalités de gestion de projet. Enfin, ces recherches ont soulevé le besoin de tracer les parcours des patients autistes afin de déterminer où la place de l'outil est la plus pertinente.

*tacles and organizational difficulties (modes of coordination and steering), but also to ask the question of the place of the use of telemedicine in psychiatry. The students have proposed to integrate new targeted IMEs, while making changes to the current operation of the tool, and to set up new project management methods. Finally, this research has raised the need to trace the course of autistic patients to determine where the tool's place is most relevant.*

**Hôpital Sainte-Anne**



Jean-Baptiste  
de CAGNY



Houda  
MHADER

11h15-13h

## Préparer une entreprise de transport public à la transformation sociale liée à l'arrivée du véhicule autonome

### *An international public transport group facing a transformation driven by the rise of autonomous vehicles*

Les récents développements du véhicule autonome confrontent Transdev, grand groupe mondial de transport de personnes, à une question existentielle à long terme : effectuer le virage du véhicule autonome en garantissant l'employabilité de ses dizaines de milliers de conducteurs. Pour anticiper la transformation de l'entreprise et initier les bases d'une réflexion sur les futurs métiers du groupe, les élèves ont observé et analysé la transformation sociale opérée, à travers le suivi d'une expérimentation grandeur réelle déployée à Rouen.

L'étude a mis en évidence des points bloquants majeurs inhérents à l'organisation actuelle du groupe, handicapant sa capacité de transformation. Le véhicule autonome apparaît alors dans ce contexte à la fois comme une menace et comme une formidable opportunité de transformation pour ce groupe, mais sans doute au prix d'une remise à plat de ses fondements organisationnels et sociaux.

*Recent developments of self-driving cars make Transdev, a great global public transport group, face an existential challenge: take the turn of autonomous vehicles while ensuring a good future for their tens of thousands of drivers. In order to prepare for the company's transformation and make people think about the group's future professions, the students did observe and analyze what an autonomous vehicles experiment set up within the group, in the Rouen branch, has brought about social transformation. The study has shown major bottlenecks in the company's organization jeopardizing its transformation. The autonomous vehicle can therefore be seen in this context both as a threat and as a powerful opportunity for the group to transform itself, while redefining its organizational and social foundations in the process.*

**Transdev**

# INGÉNIERIE DE LA CONCEPTION

L'option Ingénierie de la Conception permet aux ingénieurs généralistes de se former aux métiers de la conception, au management de l'innovation et aux projets industriels.

À l'heure de la transition énergétique, des objets «connectés», des villes et des mobilités «intelligentes», du développement «d'usines conceptrices», de la «digitalisation» du travail, les activités de conception (ingénierie, développement de produits et services, marketing technique, R&D, design, et même fabrication aujourd'hui...) permettent aux ingénieurs de renforcer la compétitivité des entreprises et des écosystèmes et de contribuer au développement de nouveaux produits et de nouveaux services pour les écosystèmes socio-économiques. Ces activités, qui connaissent une mutation mondiale forte, mobilisent aujourd'hui des méthodes de gestion à la fois rigoureuses et créatives, prenant en compte les multiples dimensions (économiques, sociales, environnementales, scientifiques, cognitive, design...) des nouveaux produits ou services. Ces outils et ces méthodes, avec lesquels les ingénieurs généralistes sont particulièrement à l'aise, sont recherchés par les entreprises et sont fondés au plan scientifique sur les avancées les plus récentes des théories de la conception, notamment la théorie C-K, développée à MINES ParisTech et aujourd'hui référence mondiale. Les étudiants apprennent à maîtriser les outils traditionnels, les méthodes à la mode (design thinking, open innovation, contests,...) et les outils les plus en pointe dans l'industrie (méthode KCP, conception de brevets,...). Les activités de conception appellent aussi de nouveaux principes d'organisation et des formes de stratégies technologiques et industrielles que l'option permet de découvrir (organisation par projets, par plateformes, par modules, conception par les communautés et les usagers, open innovation...).

L'option, qui se déroule dans le cadre de la chaire Théorie et Méthodes de la Conception Innovante, supportée par 11 industriels (dont un collège de start up et PME, permet l'acquisition de ces matières tant au niveau scientifique qu'au niveau professionnel. Les cours de base présentent les théories plus récentes de la conception (notamment les approches allemande, française, américaine, japonaise et israélienne). L'option introduit aussi les pratiques de conception et de conduite de projet dans divers secteurs industriels. L'acquisition de ces méthodes est consolidée par le travail d'option où les élèves sont associés à des projets réels en entreprise

qui leur permettent d'accroître leur préparation professionnelle et leurs capacités d'intervention dans des projets industriels importants et novateurs, aussi bien dans les plus grands groupes que dans les ETI, les PME et les start-ups.

L'ingénierie de la conception dispose ainsi d'un ensemble de bases théoriques, d'outils et de démarches, mobilisés et recherchés par les entreprises des secteurs les variés et les consultants spécialisés.

## Programme

Contexte national et international

L'option coopère avec les établissements scientifiques internationaux les plus en pointe dans son domaine (Chalmers, Stanford, Carnegie Mellon, Imperial College, RWTH Aachen, Delft...) et avec les grandes écoles de design françaises (Strate College, Ecole Nationale Supérieure de Création Industrielle, ENSAD).

Par comparaison avec les cursus de ces grands établissements scientifiques internationaux, l'option permet aux étudiants d'associer de façon originale les enseignements «d'Engineering design», de «Project management», «d'Innovation management» et «d'industrial design».

## Perspectives et débouchés

Les anciens élèves de l'option débent dans des secteurs très variés (industrie automobile, aéronautique, high tech, luxe, services, conseil en innovation ou en propriété industrielle, santé, énergie, grande distribution,...), y-compris les secteurs de la création. Avec le développement des directions de l'innovation dans beaucoup de grands groupes, plusieurs élèves ont très vite été amenés à occuper des fonctions de responsable d'innovation de haut niveau (Schneider, Thales, RATP, SNCF, Uργο, Airbus,...).

Quelques sujets d'option représentatifs traités ces dernières années :

Le travail d'option se déroule d'octobre à juin. Les sujets sont soigneusement sélectionnés dans des secteurs très divers. Ils sont de deux types principaux :

Type 1 : les élèves participent au développement d'une gamme de nouveaux produits, services, systèmes ou « business models » et mettent en place de nouvelles démarches de conception. Quelques exemples :

- Seb / incubateur de start-up : développement de dispositifs de lutte contre les moustiques et les maladies vectorielles
- Soft@Home / Orange : valorisation des don-



- nées des box internet dans la maison
- Uργο médical : développement d'objets connectés dans la santé
- Décathlon : la «fraîcheur» des vêtements sportifs : méthodologie d'exploration et de structuration d'un nouvel espace de valeur.

Type 2 : Les élèves participent au développement de méthodes de conception. Quelques exemples :

- Airbus : méthodologie de support au transfert de technologies intersectorielles; outil d'aide à l'innovation pour «l'usine conceptrice»
- Thales avionics : Du besoin opérationnel à la conception innovante : le cas des viseurs de casque pour pilotes d'hélicoptères.
- SNCF / Zeebra (start-up) : développement d'outils et de service numérique pour la coordination des experts innovation dans l'entreprise. Durant ces travaux, les élèves reçoivent un soutien important de la part du corps enseignant de l'option, en relation avec la chaire Théorie et Méthodes de la Conception Innovante. C'est un moment pédagogique fort au cours duquel les optionnaires peuvent consolider leurs connaissances et acquérir une première professionnalisation sur un sujet correspondant à des enjeux réels d'entreprise

Sophie HOOGE, Pascal LE MASSON,  
Benoît WEIL

# ENGINEERING DESIGN AND MANAGEMENT



## L'équipe pédagogique de l'option / Teaching staff :

P. Le Masson, B. Weil (responsables), S. Hooge (responsable adjointe)  
A. Hatchuel (Professeur associé),  
B. Segrestin, F. Aggeri, R. Barbier, B. Cabanes, A. Camarda, M. Cassotti, C. Dalmasso, H. Harlé, Caroline Jobin, Jérémy Lévêque, K. Levillain, M. Nakhla, Q. Plantec, M. Thomas, C. Valibhay (Chercheurs associés).

## Objectives

The curriculum « Engineering Design and Management » introduces students to design-related professions and to the management of innovative industrial projects.

Today it is the time of energy transition, the "Internet of Things", smart cities and mobilities, development of "self designing factories", and « digitization » of work. Thanks to design activities (engineering, products and services development, technical marketing, R&D, industrial design) engineers can offer new products and new services and therefore improve companies and economical sector competitiveness. These design activities, which are experiencing deep mutations at a worldwide scale, can today be optimized and managed by both rigorous and creative methods that take into account the various dimensions of new products and services (economic, social, environmental, scientific, etc.). General engineering students, due to their formation, are comfortable with these methods and the tools that support them. Those tools, which are scientifically grounded in the latest design theories notably developed within Mines ParisTech (namely the C-K theory), are nowadays international standards within numerous universities and companies. Students learn to manage traditional tools, trending methods (design thinking, open innovation, contests, etc.) and the most advanced tools in the industry (KCP method, patent design, etc.). Design activities also call for a renewal of organization bases and principles as new forms of collectives arise (project organization, platforms, modules, crowd-sourcing design, stakeholder design, etc.).

This curriculum, which takes place within the chair of Design Theory and Methods for Innovation, supported by 11 industrial partners, provides both the scientific and professional background to deal with these subjects. Students attend fun-

damental lectures presenting the latest design theories (generative models, logical expansion, French, American, Japanese and Israeli approaches). The curriculum introduces design and projects management practices in various industrial sectors. The chosen pedagogical approach also aims at teaching and contextualizing these methods through a final year project in real-life situations within companies, which helps students to improve their professional readiness and their intervention capacity in significant and innovative industrial projects.

Engineering Design can thus rely on an array of theoretical bases, design tools and processes used by various companies and specialized consultants in different fields.

## Program

### International and national context

This curriculum also builds on cooperation with the most cutting-edge international scientific universities in its field (Chalmers, Stanford, Carnegie Mellon, Imperial College, Aachen, Delft...) and with famous French industrial design schools (Strate College, French National School for Advanced Studies in Design)

By comparison with the curriculum offered in these famous international institutions, this training gives students an original way to combine courses in engineering design, project management and innovation management.

### Perspectives and opportunities

Graduated students begin their careers within various sectors (automotive, aeronautic, high tech, luxury, services, consulting, health tech, energy, supply chain...) including creative industries. With the development of innovation departments within groups, several graduates occupy today positions with high levels of responsibility regarding innovation activities (Schneider, Thales, RATP, SNCF...).

Some representative option subjects from recent years:

Curriculum internships take place from October to June. Subjects are carefully selected within various sectors and are distributed in two main types:

Type 1: Students are involved in the development of a range of new products or systems and

implement new design methods. Here are some examples:

- Seb / start up incubator : Design of anti-mosquitoes devices and prevention of third party transmitted diseases.
- Décathlon: "freshness" in sportswear: exploration methods and framing the new space of value.
- Urgo Medical: Internet of Things in the health sector.
- Soft@Home / Orange : Internet box data valorization in households.

Type 2: Students are involved in optimizing management methods and designing methods of industrial projects. Here are some examples:

- Airbus: Methods of facilitation for technology transfer between fields. Innovative tools for the « self designing factory » concept.
- Thales Avionics: From operational needs to innovative design: helmet viewfinders for helicopter pilots.
- SNCF / Zebra (start-up) : Creation of a digital community of practice around a specific innovation method

During the whole internship, teaching staff provides a significant support to the students. It is considered as an important pedagogical part of the curriculum, during which students strengthen their knowledge and acquire a first professionalization on topical issues matching with actual industrial challenges.

Sophie HOOGE, Pascal LE MASSON,  
Benoît WEIL

# INGÉNIERIE DE LA CONCEPTION ENGINEERING DESIGN AND MANAGEMENT

Mercredi 11 septembre *Wednesday 11<sup>th</sup> September*

■ L118



Arthur  
RASSE



Salomé  
MARCHAIS

9h30-10h15

## Organisation de la conception innovante dans une start-up de l'Internet des objets : méthode et expérimentation.

Alors que le volume d'objets circulant à travers le monde est en constante augmentation, et que la demande de connectivité va croissante, l'inventaire, le suivi et l'opérabilité d'actifs deviennent eux-mêmes des préoccupations majeures de l'industrie. Depuis décembre 2017, STYCKR, start-up parisienne incubée chez Agoranov, se propose de révolutionner la gestion d'actifs à l'aide d'une flotte d'outils de petite taille et autonomes en énergie. Pour STYCKR, l'enjeu est de maintenir une capacité d'exploration dans un secteur où de nombreux acteurs proposent des solutions de tracking connectées.

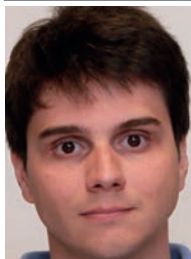
A l'aide des outils de conception innovante, les étudiants ont en premier lieu proposé une cartographie du champ d'innovation dans lequel évolue STYCKR. Une rétroconception de l'objet conçu par l'entreprise leur a permis de mettre en lumière et de structurer la densité de l'univers concurrentiel du « tracker », dans lequel se positionnait STYCKR. Cette

modélisation a amené les étudiants à proposer une méthode d'exploration des identités alternatives des produits de l'entreprise compatible avec le processus de développement d'une jeune start-up. Au travers d'ateliers de créativité, ils ont exploré avec les membres de l'équipe des concepts tels que l'adaptation de la topologie de réseau maillé aux propositions de valeur de STYCKR (petite taille et autonomie d'énergie), ce qui leur a permis d'étudier les alternatives stratégiques de la start-up vis-à-vis de son écosystème, de ses partenaires et de ses clients potentiels.

**STYCKR**  
*Paris*



Marion  
LAGARENNE



Antoine  
COUDERT

10h15-11h

## L'intelligence artificielle au service de l'exploitation des lignes de métros automatiques

Le groupe RATP est sollicité dans le monde entier pour son expérience unique en conception, gestion de projet, exploitation et maintenance de tous les modes de transports publics urbains et interurbains. Dans le cadre de sa politique d'innovation, la RATP a demandé aux étudiants d'explorer les applications potentielles des outils d'Intelligence Artificielle à l'exploitation de lignes automatiques de métro.

Dans un premier temps, les étudiants se sont immergés dans l'exploitation actuelle des lignes automatiques et la gestion d'incident. A l'aide d'une analyse C-K, ils ont construit un référentiel décrivant les différentes voies d'utilisation de l'IA pour améliorer la gestion de l'exploitation. Ils ont particulièrement montré l'intérêt d'une modélisation accrue des incidents d'exploitation, permettant de comprendre les méthodes de résolution actuelles. Ce référentiel a été ensuite utilisé pour évaluer les apports des tech-

nologies de l'IA dans chacune des voies d'innovation identifiées.

Au plan opérationnel, les étudiants ont cherché à valoriser les informations apportées par l'étude des échanges audio en cours d'incident. Ils ont aussi instruit l'apport potentiel des technologies de traitement du langage naturel pour la compréhension des événements et des processus qui se forment au cours de l'incident.

L'ensemble de ces résultats permet de mieux modéliser l'exploitation en situation d'incident, de dégager des méthodes de résolution nouvelles et d'apporter de nouveaux critères de performances à l'exploitation de la ligne.

**RATP**  
*Paris*



Antoine  
MARCHAL



Antoine  
GUERIN

11h-11h45

## Conception de démonstrateurs au service des chercheurs pour l'exploration et le développement de technologies innovantes

Le LETI est un institut dédié aux domaines des micro et nano-technologies au sein du CEA Tech, la direction de la « recherche technologique » du CEA qui a pour mission de développer des technologies au service de l'industrie. Dans cette perspective, le LETI souhaite développer des démonstrateurs de technologies innovantes permettant aux chercheurs d'être force de proposition face aux industriels. Les étudiants ont été chargés de développer une méthode d'aide à la conception de tels démonstrateurs et de l'expérimenter en développant un drone démonstrateur qui aide les chercheurs dans l'exploration et le développement de technologies innovantes.

Dans un premier temps, à partir d'une étude de formes très variées, les étudiants ont développé un modèle du démonstrateur technique, qui leur a permis de caractériser des critères d'un démonstrateur efficace au sein de l'environnement CEA et les dérives affectant les processus de conception d'un tel démonstrateur. Ils ont ensuite développé deux outils d'aide à la conception de démonstrateur. Ils les ont expérimentés sur la conception de drones exprimant les défis technologiques du CEA et suscitant l'intérêt de nouveaux partenaires industriels potentiels.

**CEA**  
*Grenoble*

# INGÉNIERIE DIGITALE DES SYSTÈMES COMPLEXES

L'option a pour objectif de faire découvrir les algorithmes et les applications en lien avec les transformations digitales de secteurs industriels traditionnels. On s'intéresse à la modélisation numérique de systèmes complexes, dont la conception ou l'exploitation passe par des étapes incontournables de modélisation à fort contenu physique ou multiphysique. Aujourd'hui, les données produites pour ou par ces systèmes sont massives et les technologies pour mieux les valoriser sont facilement disponibles avec des langages informatiques comme le C++ ou le Python. Dans le but d'illustrer avec précision ces transformations, l'option s'appuie en partie sur la mécanique au sens large (fluides, structures, matériaux, biomécanique...). Mais les domaines d'application de cet enseignement sont très vastes. Ainsi, les optionnaires découvrent comment la modélisation de systèmes s'enrichit du rapprochement de la science des données avec le calcul massivement parallèle et l'imagerie. De nouvelles méthodes de travail collaboratif sont en train d'émerger, dans des secteurs où l'exigence de fiabilité des modèles est primordiale (aéronautique, automobile, exploitation de l'énergie nucléaire, transport de polluants potentiels, ...).

## Programme

Le cursus de l'option comprend les périodes bloquées d'option, complétées par des enseignements spécialisés. L'option étant une formation transversale, seul un enseignement spécialisé est imposé : Large Scale Machine Learning. Chaque optionnaire peut approfondir un domaine d'expertise avec les enseignements spécialisés de Mines ParisTech. Le tronc commun d'option comprend :

- 1 semaine d'enseignement en 2ème année,
- 1 semaine de voyage d'option en 2ème année,
- 4 semaines d'enseignement en 3ème année.

Le voyage d'option en février 2018 a eu lieu dans la Silicon Valley avec la visite de Stanford University, Berkeley Institute for Data Science, Google Cloud, Facebook et d'un site de fabrication de véhicules électriques TESLA.

Voyage d'option 2018 : visite du Google Cloud (gauche), Berkeley Data Science (droite)

Le contenu théorique des cours représente environ 25% du volume horaire. Le reste du temps est dédié à des travaux pratiques de traitement de données, de modélisation, de programmation, ainsi qu'à des conférences d'experts en entreprise. La semaine d'enseignement de seconde année porte sur la modélisation d'un objet précis, par exemple un décapsuleur réalisé en fabrication additive. Une chaîne de traitement de données est mise en œuvre pour répondre à différents objectifs. On commence par l'imagerie d'un objet réel et sa modélisation mécanique. On aborde ensuite son optimisation de forme par le calcul intensif. Pour finir, on met en œuvre des techniques d'apprentissage automatique par calcul intensif, pour engendrer un modèle réduit numérique afin d'interpréter en temps réel des observations expérimentales. On constate que les données ainsi traitées peuvent se représenter par un format commun, celui de tenseurs

ou celui d'hypermatrices (tableaux à plus de 2 indices). On en déduit une certaine généralité des méthodes et algorithmes employés.

En troisième année, quatre semaines d'enseignement permettent de découvrir les thèmes suivants :

- mécanique numérique et réduction de modèle,
- calcul intensif et informatique,
- imagerie pour la modélisation,
- science des données.

La semaine mécanique numérique et réduction de modèle permet d'illustrer ce que sont les systèmes complexes, c'est à dire des systèmes dont la conception ou l'exploitation passe inévitablement par la résolution numérique d'équations aux dérivées partielles ou ordinaires. Divers domaines d'application sont couverts, dont la biomécanique, l'aérothermie, la mécanique des fluides et la mécanique des matériaux. Les modèles numériques présentés sont alimentés en données expérimentales plus ou moins massives. En projetant les équations à résoudre sur des modes empiriques, on obtient des modèles d'ordre réduit et des simulations accélérées. Les modes empiriques sont générés par apprentissage automatique.

Au cours de la semaine sur le calcul intensif et informatique, les optionnaires découvrent des méthodes numériques pour le calcul parallèle. Ils auront accès à des moyens de calcul qui permettent une modélisation très fine de transformations physiques, en particulier en mécanique des fluides et en biomécanique. Le calcul intensif produit d'énormes quantités de données que la science des données peut mieux valoriser. Et réciproquement, la science des données a besoin de calcul intensif.

La semaine Imagerie pour la modélisation consiste à découvrir des moyens d'acquisition et des méthodes de traitement d'image génériques. Leur application à la mécanique illustre la notion de transformation digitale. La mécanique est passée en quelques années de mesures 1D, comme celle de la courbe de traction, à des mesures 2D et 3D avec les mesures de champ et l'imagerie tomographique non destructive par rayons X. L'imagerie en mécanique génère des quantités importantes de données qu'il faut traiter par des méthodes numériques d'analyse d'image et de morphologie mathématique pour extraire les variables importantes pour la compréhension, la modélisation et la prise de décision (par exemple sur la nocivité de défauts).

Lors de la semaine Science des données, les optionnaires découvrent des applications industrielles, des méthodes d'apprentissage automatique, de classification, de réduction de dimension, de construction de réseaux de neurones artificiels profonds. Il s'agit plus de comprendre comment ces méthodes peuvent s'appliquer à la modélisation des systèmes complexes, que d'une semaine de cours magistral sur le sujet. Il existe par ailleurs un enseignement spécialisé intitulé « Large Scale Machine Learning », que les optionnaires doivent suivre, pour un approfondissement de ces méthodes.



## Prérequis, avoir des notions dans les domaines suivants :

Algèbre linéaire, analyse, analyse numérique, programmation en Python, élasticité linéaire de milieux continus, mécaniques des fluides newtoniens.

## Quelques exemples de travaux d'option:

- Développement de filtres de Kalman pour la poursuite de cibles, Thales
- Apprentissage par réseau de neurones profond pour la mécanique des fluides, SafranTech
- Système de type « Big-Data » pour exploitation ferroviaire, Siemens Mobility
- Advanced Driver-Assistance Systems, Renault
- Anomaly detection on time-series, Safran Analytics

## Particularités de l'option

Nous proposons de nouveaux domaines d'application de la science des données. Il y a un fort potentiel de création d'activités originales, pour le transfert technologique de résultats récents de la recherche scientifique.

## Enseignements spécialisés recommandés par l'option :

- Large Scale Machine Learning
- Méthode des éléments finis.

David RYCKELYNCK, Elie HACHEM

Site de l'option





# ***DIGITAL ENGINEERING FOR COMPLEX SYSTEMS***







# INNOVATION ET ENTREPRENEURIAT

L'option Innovation et entrepreneuriat est une option de management. Elle prépare les élèves à la création d'activités économiques basées sur des innovations. Ces activités peuvent donner lieu à la création de nouvelles entreprises ou de nouvelles entités au sein de groupes existants (intrapreneuriat).

L'option apporte aux élèves des compétences (identifier, créer et saisir des opportunités, gérer l'incertitude, communiquer, constituer et diriger une équipe...) et des connaissances (interaction avec les utilisateurs, finance entrepreneuriale, management de l'innovation, business models, propriété intellectuelle...) qui permettent d'affronter les situations entrepreneuriales que les ingénieurs rencontreront de plus en plus souvent quel que soit le secteur dans lequel ils évolueront et la fonction qu'ils occuperont.

Le programme comporte cinq types d'activité :

- des modules d'enseignements pratiques sur l'innovation, l'entrepreneuriat, le marketing, le droit et la finance avec une introduction à l'effectuation, au design thinking, à l'innovation Jugaad, au proto-

typage, à la programmation Web.

- des rencontres et des ateliers avec des créateurs d'entreprises, des investisseurs, des designers... sur le processus de création de start-up, les business models innovants, l'entrepreneuriat social, l'entrepreneuriat et la grande entreprise.
- une mission d'étude d'un écosystème entrepreneurial (2013, New-York ; 2014, Shanghai ; 2015, Berlin ; 2016, Londres, Cambridge et 2017, Helsinki).
- un projet de "création de start-up" : en petits groupes, parallèlement aux modules d'enseignement et aux ateliers et non pas après, les élèves développent pendant 4 mois leur propre projet. Ils doivent construire une proposition de valeur pour un marché cible potentiel, interagir avec leurs utilisateurs et partenaires, comprendre leur environnement concurrentiel, définir leurs ressources et activités clés, mettre au point un modèle de revenu... Des mentors les aident à accélérer leurs projets qui sont ensuite présentés devant un réel comité d'investissement.



- en fin de troisième année, les élèves mènent pendant 3 à 9 mois un travail pratique qui porte sur une situation entrepreneuriale réelle dans une start-up, un grand groupe ou une société de capital-risque. Certains choisissent de poursuivre leur projet "création de start-up" et de le transformer en une réelle entreprise.

Les pages qui suivent présentent les sujets sur lesquels ils ont travaillé en fin de leur 3e année

**Philippe MUSTAR**

# INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP

*The Innovation and Entrepreneurship Option is a management specialization. It prepares students to create economic activities based on innovations. These activities may lead to the creation of start-up firms or entities within existing companies (intrapreneurship).*

*This option provides students with skills (creating and exploiting opportunities, managing uncertainty, communicating, building and leading a team...) and knowledge (customers interaction, entrepreneurial finance, innovation management, business models, intellectual property...). This allows them to face entrepreneurial situations increasingly met by engineers, often regardless to the sector in which they evolve and to the job they occupy.*

*The programme includes five sets of activities:*

- *Teaching practical modules on innovation, entrepreneurship, marketing, law and finance with an introduction to Effectuation, Lean Startup, Design Thinking, Jugaad Innovation, Prototyping, Web programming, etc.*
- *Meeting and workshops with entrepreneurs, venture capitalists, designers... about start-ups creation process, innovative business model, social entrepreneurship, entrepreneurship within a large firm.*
- *Abroad mission to study an entrepreneurial ecosystem (2013, New-York ;*

*2014, Shanghai ; 2015, Berlin ; 2016, London, Cambridge and 2017, Helsinki).*

- *Start-up creation project: from October to January, groups of students develop their own project basing themselves on the ongoing teaching modules and workshops. They have to build a value proposal and to define its target market, to analyze the project environment, to propose an architecture (key resources and activities, partners...) and a revenue model. Mentors help them to accelerate their project which is, in February, presented to a real investment committee.*

- *At the end of their third year, students have the choice either to work in an entrepreneurial situation in a start-up, a large group, a VC firm during 3 to 9 months or to turn their "start-up creation project" into a real venture.*

*The following pages present the topics on which students have worked at the end of their third year.*

**Philippe MUSTAR**

# INNOVATION ET ENTREPRENEURIAT INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP

Mardi 10 septembre - Tuesday 10<sup>th</sup> September

■ V335



Alice  
ESCALLIER

9h-10h

## Améliorer l'impact environnemental et social d'une start-up de l'économie sociale et solidaire

### *Improvement of environmental and social impacts of a social and solidarity-based start-up*

Reconcil est une start-up fondée en 2017, qui s'attaque aux problèmes des déchets de la restauration à emporter. En effet, la plupart des restaurants utilisent des emballages à usage unique. Reconcil cherche à les remplacer par un emballage consigné et réutilisable. L'entreprise s'occupe de la partie logistique, de la livraison et du lavage des emballages. L'objectif du travail d'option est d'analyser et d'évaluer les performances environnementales et sociales de la start-up afin de les améliorer. Ces impacts peuvent être mesurés aussi bien à l'échelon des opérations elles-mêmes que du business model. Il s'agit d'analyser le cycle de vie des opérations de Reconcil (matériaux utilisés, méthodes de lavage et de livraison) pour améliorer les points de faiblesse environnementaux ; mais aussi de développer un business model sociétal plus performant.

*Reconcil is a start-up which tackles the problem of take away food waste. Most of the restaurants offer their meal in a single use packaging. Reconcil's goal is to replace those packaging with a reusable, washable and returnable container. The company is responsible for the deliveries, the dishwashing and all the logistics process. The aim of the option project is to analyze and evaluate the environmental and social performances, in order to improve them. Those impacts can be measured either during operations or in the business model. This work consists in a Life Cycle Assessment of Reconcil's operation (LCA) in order to improve its environmental weaknesses (material, dishwashing process, delivery process and so on). But also, to develop a sustainable social business model.*

**Reconcil**  
Paris



Joos  
SCHWARZ

10h-11h

## Partenariat entre start-ups et grandes banques/assurances : la mise en œuvre de la signature électronique

### *Partnership between startups and banks and insurance companies : implementing an e-signature*

L'émergence de nombreuses nouvelles entreprises du secteur des FinTech conjuguée à de nouvelles réglementations européennes (DSP2, MIF2, RGPD) pose des défis de taille aux structures financières traditionnelles. Elles doivent se réinventer pour ne pas périr. Le partenariat avec des startups (FinTech et RegTech) est une des solutions prometteuses qui s'offre à elles. Dans ce contexte, la start-up MCO a pour projet de créer un Hub digital à destination des banques et assurances. Le travail d'option porte sur la première composante de ce Hub : la signature électronique. Il consiste à établir une expression des besoins des différents métiers pour ensuite rédiger des spécifications techniques à destination des équipes de développement, puis à réaliser un lien constant entre le métier et les développeurs. Cette activité - qui se déroule en partie au sein de l'incubateur du campus digital de la Société Générale - est essentielle pour la mise en œuvre de la signature électronique et plus largement pour la réussite de la start-up.

*The emergence of FinTechs combined with new European regulations (PSD2, MIFID2, GDPR) poses a major challenge to traditional financial institutions. They must reinvent themselves not to perish. Partnering with startups is one of the promising solutions open to them. In this environment, MCO plans to create a digital Hub for banks and insurance companies. I work on the Hub's first component : the e-signature. My work consists in defining the business requirements to write out technical specifications for the development teams. I then make a constant link between the business and the developers. This activity - partly taking place at the Société Générale digital campus incubator - is central to the e-signature implementation and more generally to our startup success.*

**MCO**  
Paris

Karl  
WATAT

11h-12h

## Startups et acquisitions : une rencontre inéluctable ?

### *Startups and acquisitions: an unavoidable encounter?*

La forte croissance du nombre des startups créées dans le monde et notamment en France, oblige les grandes entreprises et les fonds d'investissements à revoir leurs stratégies, qu'elles soient industrielles ou financières. À côté des politiques partenariales ou d'Open innovation, les fusions et acquisitions touchent également le monde des start-ups. L'objectif du travail d'option mené au sein d'une grande banque d'affaires est double. Il s'agit d'une part d'identifier les différentes options qu'ont les entrepreneurs pour financer et faire croître leur start-up, de la croissance organique à l'entrée en bourse en passant par le capital-risque ou l'acquisition par un grand groupe. D'autre part, sur la base du travail mené avec les équipes de cette banque, il s'agit de comprendre concrètement le mécanisme d'acquisition du point de vue des banquiers d'affaires, notamment tout l'important travail préparatoire qu'ils mènent pour leurs clients.

*The strong growth in the number of startups established worldwide, particularly in France, is prompting large companies and investment funds to reconsider their business and financial strategies. Alongside partnership and open innovation policies, mergers and acquisitions also have a significant impact on the world of startups.*

*This report is based on an internship carried out within a large investment bank and has two objectives. The first one is to identify the different options that entrepreneurs have for financing and growing their startups, including IPO, VC and the disposal to a large company. On the other hand, based on the work conducted within the teams of this bank, the purpose is to understand the acquisition mechanism from the investment bankers' point of view, with a focus on all the preliminary work they do for their clients.*

**Mediobanca**  
Paris

Baptiste  
JOLIVET

12h-13h

## Développement d'un outil d'analyse de données au sein d'une start-up spécialisée dans le traitement de maladies neuro-dégénératives via le métabolisme

### *Development of a data processing tool for a start-up targeting neuro-degenerative diseases through metabolomics*

Fondée en 2011 par un neurologue et un médecin ayant vingt-cinq ans d'expérience en recherche clinique, MedDay est une start-up qui s'attaque aux maladies neuro-dégénératives (Alzheimer, maladie de Charcot, Sclérose en plaques, etc.) avec une méthode innovante : l'étude du métabolisme. Cette approche, à la fois très récente et prometteuse, consiste à étudier l'ensemble des réactions chimiques s'opérant au sein des individus malades, afin d'identifier des cibles thérapeutiques à traiter. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'un outil statistique adapté permettant de traiter des données complexes. L'objectif du travail d'option est de développer un outil d'analyse de données métabolomiques, afin d'interpréter les résultats des analyses dans les études pré-cliniques, et de guider les chercheurs dans la compréhension des mécanismes de développement de ces maladies et la découverte de nouvelles cibles thérapeutiques. En ciblant des maladies contre lesquelles il n'y a pas encore de traitements satisfaisants, avec une approche originale et audacieuse, MedDay s'impose à la fois comme un nouvel espoir pour les patients, et un modèle de réussite entrepreneuriale dans l'univers de la Biotech-Medtech. Elle a, à ce titre, remporté le trophée des futures licornes, décerné par le magazine Challenges en mars 2018.

*Created in 2011 by a neurologist and a 25 years-old clinical research experienced doctor, MedDay is a start up which targets neuro-degenerative diseases, such as Alzheimer, ALS or multiple sclerosis, with an innovative approach: the study of the metabolism. This recent technique consists in studying the chemical reactions happening inside sick patients, potentially related to the disease, in order to identify therapeutic targets. In this way, it is necessary to use appropriate statistical tools able to process this type of complex data. The objective of this project is to develop a data processing tool applied to metabolomics, in order to provide the best interpretation of the results of the pre-clinic experiments, and help the researchers in the understanding of the mechanisms of development of the diseases. Targeting diseases which do not have any satisfying treatments, MedDay represents both a new hope for patients and a model of economical success in the Biotech industry. In this way, it received the Challenges «Next Unicorns» trophee in March 2018*

**MedDay**  
Paris



Pierre  
MELLOT

14h-15h

## Pilotage stratégique d'une start-up holacratique en phase de transformation : de l'ambition des fondateurs à l'opérationnalisation

### *Strategic steering of a holacratic start-up in a phase of transformation: from founder's ambition to operations*

Comment passer de la vision des fondateurs et d'une ambition à très long terme à l'opérationnalisation d'actions concrètes au jour le jour ? Comment éviter la dispersion liée aux mille petites initiatives lancées chaque semaine dans une start-up, au risque de ralentir la progression vers l'objectif fixé ? Le travail d'option élabore de premières réponses à ces questions. Il s'appuie sur le travail de structuration effectué au sein de l'entreprise, dans un cadre de gouvernance particulier. Cette start-up a choisi dès ses débuts d'adopter une structure d'entreprise libérée, où tous les contributeurs possèdent un large degré d'autonomie et d'initiative, dans une approche « bottom-up » fondée sur un mode d'organisation baptisé « holacratie ». Les fondateurs y conservent toutefois un grand pouvoir de décision (« top-down »). Dans le contexte très particulier d'une transformation profonde de l'entreprise et de sa proposition de valeur (passant du management de l'innovation au conseil en stratégie d'innovation), ce travail évalue les éléments clés de ce pilotage stratégique et opérationnel. Il aborde des éléments de culture d'entreprise, et propose de premières évaluations de paramètres clés pour la mise en œuvre de cette transformation.

*How do you pass from the founder's vision and a very long term ambition to the steering of day to day concrete actions? How do you avoid the dispersion created by the thousand little initiatives launched every week in a start-up, risking to slow down the progression towards the chosen objective? The option work develops some first answers to these questions. It relies on the structuration work realized within the firm, within a specific framework of governance. This start-up has chosen since its beginning to adopt a structure of freedom-form company, where all contributors have a large degree of autonomy and initiative, with a "bottom-up" approach based on a mode of organization called "holacracy". However, the founders still have an important decision-making power ("top-down"). Within the very specific context of a deep transformation of the firm and its value proposition (from innovation management to innovation strategy consulting), this work evaluates the key elements of this strategic and operational steering. It addresses some cultural elements, and proposes some first evaluation of the key parameters necessary to the enforcement of this transformation.*

**STIM**  
Paris



Hugues  
FAVRE

15h-16h

## Développement d'un système d'imagerie radar 4D au sein d'une start-up issue de la recherche

### *Development of a 4D radar imaging system in a deep tech startup*

Greenerwave est une start-up deep-tech parisienne, issue d'un laboratoire académique du CNRS et de l'ESPCI Paris. Elle développe des métasurfaces qui permettent le contrôle des ondes radiofréquences. Le travail d'option s'inscrit dans l'utilisation de cette technologie pour concevoir et développer un système d'imagerie radar 4D, bas coût, pour les voitures autonomes de demain. Il s'agit de choisir et valider des solutions technologiques, via des simulations informatiques, en prenant en compte les usages et contraintes sociales et économiques. La technologie de Greenerwave a pour objectif de pénétrer un marché très concurrentiel, jusqu'alors occupé par des acteurs qui développent des technologies déjà existantes et bien maîtrisées. Néanmoins ces dernières comportent des faiblesses, par exemple la fiabilité de l'imagerie nocturne ou dans un contexte pluvieux. C'est sur ce point, si crucial pour les véhicules autonomes, que Greenerwave se démarque en proposant une technologie de rupture, adaptée à une demande de plus en plus exigeante.

*Greenerwave is a Parisian deep-tech start-up, created from an academia lab of the CNRS and ESPCI Paris. It develops metasurfaces that are able to control radio frequency waves. The option's internship aims to use this technology to design and develop a low-cost 4D radar imaging system, for the future autonomous vehicles. The goal is to choose and validate technological solutions, thanks to digital simulation, by taking into account the social uses and the economical constrains. Greenerwave's technology is trying to impose itself on a highly competitive market. The dominant technologies already exist and are well controlled. Nevertheless, those « old tech » are presenting reliability drawbacks concerning night imaging or during a rainy weather. It is on this crucial point for autonomous cars that Greenerwave breaks through by proposing an outstanding technology, adapted to a highly demanding specification.*

**Greenerwave**  
Paris





Valentin  
BOURRELIER

9h-10h

## La création d'une startup dans la Fintech pour automatiser l'extraction de données dans des documents hétérogènes

### *A startup creation in Fintech to automate data extraction in heterogeneous documents*

Le secteur des start-ups de la Fintech (sociétés de technologie spécialisées dans les secteurs de la banque, de la finance ou de l'assurance) connaît une forte expansion. SuccessData, start-up créée il y a un an à Londres, évolue dans ce domaine. Elle utilise des résultats récents de recherche intelligence artificielle pour automatiser l'extraction de données, si utile aux entreprises aujourd'hui. Ce sujet est vaste et ses cas d'usage quasi-infinis. SuccessData a choisi de l'appliquer au secteur de la Fintech pour structurer les données financières présentes dans des milliers de documents hétérogènes - la plupart n'étant pas structurés car prévu pour être lu par l'humain. Un des problèmes majeurs des solutions de machine learning reste la disponibilité de collection de données. Les institutions financières ne peuvent fournir que des ensembles très restreints de données : quelques dizaines d'exemples, bien loin des dix mille photos qui permettent de distinguer un chat d'un chien. Comment alors entraîner la machine ? L'utilisation de technologies de weak supervision est ce qui permet à SuccessData de répondre à ce défi. Le travail d'option fait passer ces méthodes du monde académique à la pratique en réalisant des cas d'usage, et en les présentant sur le terrain à des clients et futurs clients de l'entreprise.

*The startup ecosystem of Fintech - tech companies specialised in banking, finance or insurance - is in great expansion. SuccessData was created one year ago in London and is now part of the Fintech ecosystem.*

*We use recent academic results in artificial intelligence to automate data extraction. As we all know, data is key to companies today. Data extraction is vast and its use-cases are almost infinite. We chose to use data extraction to help structure financial data, which are found in thousands of heterogeneous documents - most of which are non-structured as they are meant for human reading. One of the major challenge machine learning is facing today is the availability of labeled data. Financial institutions can only give a tiny dataset for a use-case, most of which will not be labeled. We are far from the thousands of pictures needed for the machine to distinguish between a cat and a dog. How can we train the machine? The use of the latest weak supervision techniques is what allows SuccessData to make the solution a reality. The goal of my work is to take these techniques from academic life to practical use-cases, and present the results to clients and prospects.*

**SuccessData**  
Paris and London



Paul  
BELIN

10h-11h

## Développement d'un outil de traitement de données expérimentales et gestion du financement non dilutif d'une start-up de la biotechnologie

### *Development of an experimental data processing tool and management of non-dilutive financing of a biotechnology start-up*

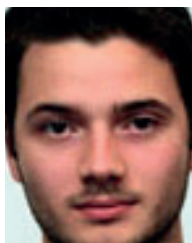
DNA Script est une start-up française créée en 2014 dans le secteur des biotechnologies. L'entreprise à l'ambition de révolutionner la synthèse de l'ADN synthétique grâce à une méthode enzymatique propriétaire. Aujourd'hui DNA Script est un programme de recherche et mobilise plus de 38 personnes, et ne dispose pas encore de produits commerciaux. Le travail d'option consiste d'une part à développer le financement « non-dilutif » de l'entreprise, c'est-à-dire les diverses subventions et avances récupérables venant d'organismes variés tels BPI France ou l'European Agency for Small and Medium Enterprises. D'autre part je participe à l'élaboration d'un outil d'analyse et de traitement des données issues du séquençage de nos synthèses ADN. Cet outil doit permettre d'identifier les difficultés de la synthèse pour in fine en améliorer le rendement. Les enjeux associés sont cruciaux,

*DNA Script is a French Biotech start-up created in 2014. The company aims to revolutionize the synthesis of synthetic DNA through a proprietary enzymatic method. Today DNA Script is a research program and mobilizes more than 38 people, the company does not yet have commercial products. My option work consists, on the one hand, in developing the «non-dilutive» financing of the company, that is to say the various grants and recoverable advances from various institutions such as BPI France or the European Agency for Small and Medium Enterprises. On the other hand I participate in the development of a tool for analysis and processing of data from the sequencing of our DNA syntheses. This tool will help identifying the weak spots of the synthesis in order ultimately to improve its yield. The associated stakes are crucial, indeed in a perspective of breaking into the market, it is necessary to at least equal the quality of competing products. This*

en effet dans une perspective de mise sur le marché, il est nécessaire d'au moins évaluer la qualité des produits des entreprises concurrentes. Cette partie technique implique de comprendre le cycle entier de synthèse, d'ouvrir la boîte noire de la technologie, ce qui est un prérequis pour bien répondre aux appels à projets innovants qui apportent des financements non-dilutifs.

*technical part involves understanding the entire synthesis cycle, opening up the black box of technology, which is a prerequisite for writing application, which provide non-dilutive financing.*

**DNA Script**  
Paris



Hubert  
FURNO

11h-12h

## Start-ups, innovation et grands groupes du CAC 40 : le rôle du Corporate Venture Capital

### *Start-ups, innovation and major CAC 40 companies: the role of the Corporate Venture Capital*

La multiplication des start-ups, nouveaux pôles d'innovation décentralisés, questionne les classiques stratégies d'innovation des grandes entreprises. Nombreuses sont celles, en France comme à l'étranger, qui ont créé des structures de capital risque appelées « Corporate Venture Capital » (CVC) destinée à investir directement dans des start-ups. Dès 2008, Total SA s'est engagée dans ce mouvement en fondant Total Energy Ventures, désormais Total Ventures, afin d'investir dans tous les secteurs et géographies ayant un intérêt stratégique pour le groupe. Les start-ups visées par ce fond peuvent être directement liées aux activités pétrolières et gazières, mais aussi à la mobilité ou aux activités de fournisseur et gestionnaire d'énergie (électricité ou gaz). Mais, la valeur ajoutée du CVC chez Total dépasse la simple activité d'investissement liée à la logique simplement financière des fonds de capital-risque, et se déploie dans l'entreprise de la R&D au comité de direction. Le travail d'option s'intéresse au rôle transversal qu'occupe Total Ventures dans le groupe en étudiant les dynamiques existantes avec les différentes branches (Total Exploration Production, Total Raffinerie Chimie, Total Marketing Services, etc.) et leurs composantes respectives (R&D, opérations, Business units, comité de direction, etc.). Cette étude s'appuie notamment sur le travail réalisé autour de l'Hydrogène, vecteur de synergies importantes au sein du groupe mais ne faisant pas l'objet d'une stratégie claire et établie.

*The proliferation of start-ups, new decentralized innovation hubs, raises questions about classic innovation strategies of large companies. Many companies, both in France and abroad, have created venture capital structures called «Corporate Venture Capital» (CVC) to invest directly in start-ups. In 2008, Total SA became involved in this movement by setting up Total Energy Ventures, now Total Ventures, with the goal of investing in all the sectors and geographies of strategic interest to the group. The start-ups targeted by this fund can be directly linked to oil and gas activities, but also to mobility or Total's activities as energy provider and system operator (electricity or gas). But the added value of the CVC at Total goes beyond the simple investment activity with a purely financial mindset as it is for venture capital funds, and is spread throughout the company from R&D to the management committee. The I&E specialization study focuses on the transversal role that Total Ventures plays in the group by examining the existing dynamics with the various divisions (Total Exploration & Production, Total Petrochemical & Refinery, Total Marketing Services, etc.) and their respective components (R&D, operations, business units, management committee, etc.). This study is based in particular on the work carried out on Hydrogen, a vector of significant synergies within the group but not the subject of a clear and established strategy.*

**Total Ventures**  
Paris la Défense



Melchior  
D'HARCOURT

12h-13h

## Quel potentiel de déploiement pour les business models pour l'économie circulaire ? Des start-ups aux grandes entreprises

### *What is the scalability potential for circular economy business models? From start-ups to global companies*

Repenser nos modes de production et de consommation pour optimiser l'utilisation des ressources naturelles et limiter la part des déchets telles sont les ambitions de l'économie circulaire. De multiples start-ups se sont lancées dans ce secteur et de grands groupes ont amorcé un tournant de leur stratégie en cherchant à récupérer de la valeur dans des produits invendus, ou ayant déjà eu une première vie. C'est le cas de Schneider Electric qui a mis en place des sites (usines et centres logistique) pilotes dans la réparation et le reconditionnement d'équipement électrique ou la revente d'invendus. Le travail d'option étudie comment ces activités entrepreneuriales et localisées du groupe peuvent être répliquées et développées à travers tout Schneider Electric. Peut-on créer des activités rentables sur de nouveaux segments de marché avec des business models innovants comme le leasing ou la vente d'un service plutôt que d'un produit, et qui utilisent au mieux les ressources naturelles ? Il s'agit d'étudier si des activités pilotes, gérées de façon très autonomes, et avec des modèles de revenus innovants, peuvent être adaptées et déployées à l'échelle d'une multinationale.

*The aim of circular economy is rethinking our production and consumption models to optimize the (re)use of natural resources and limit the production of irrecoverable waste. Numerous start-ups have been created in this sector and global companies have started shifting their strategy to maximise the value extracted in unsold or used products. This is being done by Schneider as it has started pilots sites (factories and logistic centers) in repairing and refurbishing of electrical equipment, or reselling unsold goods. The analysis carried out studies how these entrepreneurial, localized businesses can be replicated and scaled across the whole Schneider Electric group. Can we build up profitable activities in new market segments with innovative business models like leasing or product-as-a-service, while making the best use of natural resources? The aim is to study whether pilot activities, managed in a very autonomous way, and with innovative revenue models, can be adapted and deployed on a globalized company scale.*

**Schneider Electric**  
*Rueil-Malmaison*

# MACHINE ET ÉNERGIE



L'option «Machines & Énergie» est destinée aux élèves qui veulent acquérir une culture d'ingénieur dans les domaines de l'énergie et de la mécanique (approvisionnement énergétique, énergies fossiles et renouvelables, utilisation rationnelle de l'énergie, transports terrestres et aériens). Elle aborde l'ensemble de chaîne énergétique, qui va :

- De la production (centrales thermiques, nucléaires, renouvelables, secteur pétrole et gaz, ...)

- A l'utilisation (conception urbaine durable, utilisation rationnelle de l'énergie dans l'industrie, turbines, moteurs, secteur des transports, ...)
- En passant par le transport (réseaux gaziers, électriques, de chaleur, ...)

L'énergie au cours de cette chaîne subit des transformations par des dispositifs techniques (les «machines»), qui sont

le fil conducteur de l'option. L'ingénieur généraliste se doit de savoir les dimensionner, les modéliser, en assurer le contrôle, mais également les analyser dans un contexte complexe où interviennent des contraintes économiques, environnementales, juridiques, et en perpétuel mouvement sous l'impulsion de l'ouverture des marchés et de la mondialisation

**François-Pascal NEIRAC,  
Bruno DUPLESSIS, Philippe RIVIERE**

# MECHANICAL ENGINEERING AND ENERGY



#### Responsables des stages:

Mesdames : Cécile Mousset (GRDF), Nadja Oudjane (EDF), Pauline Plisson (Bertin), Corinne Scown (LBL) et Virginie Dussartre (RTE)

Messieurs : Yohann Desgranges (Enedis), Jérémie Dray (NW Energy), Mathieu Picard (Safran), Jean-Baptiste Fournier et Xavier Perdereau (Bouygues ES Singapour), Sébastien Soleille (Deloitte), Marc Le Du (RTE), Arnaud Pierrot (Safran), Sébastien Bilbaut (Ouisol), Pierre Sugranes (Bertin), Aymeric Jouy (Netseenergy), Abdelmajid Sbihi (Akuo), Yoann Mery (Safran), Alban Chagnard (Neoen), Sylvain Busson (Setec ITS), et Frédéric Bréant (RTE)

#### Coordination des stages:

Thomas Berthou et Robin Girard

#### Enseignants participant à l'Option:

Thomas Berthou, Florent Brèque, Bruno Duplessis, Laurent Fulcheri, Robin Girard, Andrea Michiorri, François-Pascal Neirac, Rodrigo Rivera, Philippe Rivière, Patrick Schalbart, Afif Tajouri

The Major «Mechanical Engineering and Energy» is designed for students who want to acquire fundamental engineering knowledge in the fields of energy and mechanics (energy supply, fossil fuels and renewable energy generators, intelligent energy consumption, transportation). It addresses the entire energy chain, which encompasses:

- Energy generation (thermal, nuclear, renewables, oil and gas sector ...)

- Energy consumption (sustainable urban design, intelligent use of energy in industry, turbines, engines, transportation ...)
- Energy distribution (electric and gas grids, district heating, ...)

The energy in this chain undergoes transformations by technical devices («machines» in French), which are the overarching theme of the Major. The Mines ParisTech engineer

must know how to design, model, control and analyze these technical devices in complex contexts characterized by multiple constraints (economical, environmental, legal ...). This dynamic problem is in constant motion under the influence of markets liberalization and globalization.

**François-Pascal NEIRAC,  
Bruno DUPLESSIS, Philippe RIVIERE**





# MANAGEMENT DES SYSTÈMES D'INFORMATION



Informatique et réseaux forment le système nerveux de pratiquement toutes les entreprises. Ces technologies sont utilisées pour transporter, stocker, fédérer, agréger, analyser en temps réel toutes les informations, et ce pour tous les métiers. La gestion de ces nombreux systèmes d'information, leur évolution dans le temps pour s'adapter à ou créer de nouveaux modes de fonctionnements, la mise en œuvre de nouvelles technologies, l'adaptation continue des processus et des hommes à ces évolutions sont donc stratégiques dans toutes les organisations.

Les réussites transforment les sociétés, mais les échecs ou les manques peuvent freiner ou arrêter leur développement, et coûtent particulièrement cher.

L'option MSI s'appuie sur les technologies pour comprendre comment leur mise en œuvre permet la transformation positive des organisations. La compréhension des enjeux auxquels doit faire

face une entreprise ou un métier doit être traduite dans le système d'information.

Les solutions développées au sein des projets aboutissent trop rarement au résultat escompté en respectant le triangle fonctionnalités-coûts-délais : le domaine est complexe car il touche tous les aspects de l'entreprise et utilise des outils et techniques dont la richesse et la complexité portent leurs propres risques.

Sa gestion nécessite donc des managers de talent, attentifs aux technologies mais aussi à l'ensemble des problèmes de l'entreprise : des ingénieurs généralistes, ouverts et technophiles.

**Fabien COELHO,  
Olivier HERMANT**



# INFORMATION SYSTEMS MANAGEMENT



*Information systems are found everywhere, in all sectors of activity, in all kind of organisation: Smartphones, tablets and laptops allow citizens and consumers to connect anytime to online services for communicating information, sharing and accessing data, or even for entertainment.*

*All organisations rely on computers for acquiring and processing data, and to help with decision making. Systems must be useful, efficient, responsive, reliable now and over time, user-friendly and secured... but also be updated and deployed quickly to match new requirements.*

*These systems are built upon many quickly evolving technologies: networks (protocols, cryptography, security), data bases (relational, distributed, big data), virtualized infrastructures (cloud computing) for hosting, use functions provided as online services (SaaS) instead of on premise software, development frameworks for web or mobile applications, and also rely on domain specific languages for some tasks. Integrating all these*

*technologies is a major challenge for organisations, from start-ups to big companies, which have to reconcile reactivity and time to market with risk management, and struggle to find talents to manage these projects*

**Fabien COELHO,  
Olivier HERMANT**

# MANAGEMENT DES SYSTEMES D'INFORMATION INFORMATION SYSTEMS MANAGEMENT

Mardi 10 Septembre Tuesday 10<sup>th</sup> Septembre



Marc  
BRUN

9h-10h - PUBLIC RESTREINT

## Détection et analyse de logs anormaux pour la reconnaissance de menaces

### *Detection and analysis of anomalous logs for threat recognition*

Le Ministère des Armées regroupe Armée de Terre, Armée de l'Air et Marine ainsi que des ingénieurs civils pour reconnaître et réagir aux cyber-attaques de plus en plus fréquentes. Le travail d'option consiste à réaliser un algorithme de détection d'anomalies et de menaces dans un système d'information à partir de ses logs, en particulier de ses logs systèmes. Pour cela, on utilise des technologies de Data Science et de Machine Learning pour détecter des menaces nouvelles non reconnues par la plupart des algorithmes actuels qui s'appuient sur des signatures d'attaques connues

*The Army Ministry gathers Land Army, Air Force and Navy, as well as civil engineers tasked to recognize and react to increasingly frequent cyber-attacks. The work aims at developing an algorithm capable of detecting anomalies and threats in an information system from its logs (system logs in particular). In order to achieve this, Data Science and Machine Learning technologies are deployed to detect new threats that most current signature-based algorithms do not detect.*

**Ministère des Armées**  
Paris



Valentin  
LE GUEN

10h-11h - PUBLIC RESTREINT

## Ingénieur rendu graphique, amélioration des performances de rendu 3D

### *Computer graphics engineer, improvement of 3D rendering performance*

Le travail se déroule dans l'équipe moteur de rendu 3D temps réel de Dassault Systèmes dont le rôle est de permettre la visualisation des données massives et complexes habituellement rencontrées en CAO. Ainsi, la performance des algorithmes utilisés est d'une importance capitale afin d'obtenir une navigation interactive sur des scènes 3D dépassant fréquemment la centaine de millions de triangles. Le travail consiste à améliorer les performances d'un algorithme de réalisation de vues en coupe pour qu'il puisse être exécuté en temps réel avec des formes de coupe complexes.

*This work takes place within the 3D engine team of Dassault Systèmes. The goal of the team is to enable the visualization of complex, large-scale CAD data. Therefore, the performance of the algorithms is critical to be able to interact in real time with 3D scenes, whose complexity often exceed a hundred million triangles. The work involves improving the performance of a cutting-view algorithm, so that it can be used in real time with complex cutting shapes.*

**Dassault Systèmes**  
Vélizy-Villacoublay



Nicolas  
COUVRAT

11h-12h

## Requêtes distribuées

### *Scatter-gather huge metric queries*

Datadog est une entreprise de monitoring spécialisée dans les métriques, les logs et les traces. L'entreprise reçoit chaque jour une quantité considérable de données, qui doit non seulement être stockée mais aussi mise à disposition des clients désirant les analyser. Ces requêtes ne cessent d'augmenter en complexité (temporelle et spatiale), d'autant plus que les utilisateurs sont libres de choisir la précision ainsi que la fenêtre de temps d'observation. L'objectif de l'équipe Metric Query est de construire un système performant et rapide capable de résoudre ces requêtes "chères". Pour ce faire, l'équipe développe un système interagissant avec de multiples stockages puis agrégeant ces données avant de les renvoyer aux clients. L'objectif du travail est de distribuer les requêtes qui impliquent des stockages multiples pour traiter rapidement plus d'un milliard de données, en orchestrant des sous-requêtes parallèles puis en les fusionnant.

*Datadog is a monitoring company doing logs, metrics and traces. Its backends receive considerable amounts of data every day, which are then queried by users. Processing these queries can get expensive (both in time and space), especially since users are free to chose the interval as well as the duration over which they wish to see data. The goal of Datadog's Metric Query team is to build the core systems that handle such queries, as quickly and efficiently as possible. For this purpose, the team develops and maintains a system composed of a planner and an engine, that fetches and aggregates data from various stores. Our work aims at parallelizing these queries over multiple stores to process quickly over a billion data points. This requires orchestrating multiple queries and stitching the results together, across both time and space. Most of the engine has to be rewritten to perform scatter (one query across multiple stores) and gather (responses from stores) operations.*

**Datadog**  
New York, USA

# MAREVA

(MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES : ROBOTIQUE, VISION, AUTOMATIQUE)



**MAREVA** coordonne et mutualise les compétences dans les domaines des Mathématiques Appliquées que sont la Robotique, la Vision et l'Automatique. En effet, pour développer des projets de plus en plus complexes, par exemple dans des domaines multi disciplinaires tels que la robotique chirurgicale ou l'automobile, il est important de maîtriser des concepts d'automatique, de vision, de traitement d'images et de robotique.

**L'Automatique** est une science de l'ingénieur qui analyse les propriétés des systèmes dynamiques en vue de leur observation et de leur commande. La diversité apparente des systèmes dynamiques abordés (systèmes différentiels linéaires ou non, systèmes récurrents, systèmes à événements discrets, systèmes déterministes ou aléatoires, la diversité de leur provenance (phénomènes mécaniques, électriques, hydrauliques, aérodynamiques, physico-chimiques, biologiques, économiques...) et la diversité des objectifs de commande (suivre des trajectoires de référence, respecter des consignes, travailler au moindre coût, rendre le système insensible à certaines perturbations...) expliquent l'étendue de la palette des outils mathématiques nécessaires à leur étude (algèbre, analyse, géométrie différentielle, topologie,

probabilités, optimisation...). Face à cette réalité multiple, ce sont les concepts fondamentaux de modèle, relation entrées/sorties, commandabilité et observabilité, stabilité, robustesse...qui font l'unité de l'automatique.

Un système **Robotique** est un mécanisme doté de moyens de perception, de raisonnement et d'action qui lui permettent d'interagir avec son environnement.

Il y a une vingtaine d'années, la robotique s'est développée initialement dans le domaine manufacturier (bras manipulateurs destinés à des tâches de soudure, de peinture, de manutention, d'assemblage) où elle a permis un accroissement important de la productivité. Au-delà de l'activité manufacturière, la robotique a diffusé dans de nombreux autres domaines où l'environnement est moins bien connu, voire incertain ou même hostile. C'est le cas par exemple en robotique agricole, mais aussi dans les domaines du nucléaire, de la route automatisée, de la robotique spatiale et sous-marine, sans oublier la robotique humanoïde...

La robotique met ainsi à contribution l'essentiel des domaines scientifiques des sciences de l'ingénieur : la mécanique au niveau des modèles des systèmes poly-arti-

culés, de la locomotion et de la préhension, l'automatique pour la planification de trajectoires et la commande en boucle ouverte ou fermée, l'électronique pour l'implémentation des contrôleurs en temps réel et l'instrumentation, l'informatique au niveau du traitement des données capteurs et des langages de programmation, la vision par ordinateur et le traitement d'images.

L'option **Vision et morphologie** donne aux élèves la maîtrise de l'interprétation des images par ordinateur. Elle se nourrit de la diversité et de la richesse des applications du traitement d'images réalisées au Centre de Morphologie Mathématique (CMM). Celui-ci a développé une théorie et une méthode de traitement d'images, la morphologie mathématique, qui s'est montrée féconde dans les domaines d'applications les plus divers : génomique, bio-médecine, contrôle industriel, matériaux, multimédia, robotique ... Des exemples issus de ces champs disciplinaires variés illustrent les concepts étudiés et permettent une bonne maîtrise des notions abordées en cours au travers de cas d'études pratiques.

Brigitte d'ANDREA NOVEL,  
Béatrix MARCOTEGUI

# MAREVA

(APPLIED MATHEMATICS : ROBOTICS, VISION & CONTROL SYSTEMS THEORY)



**MAREVA** brings together skills in different Applied Mathematics fields: "Control systems theory", "Robotics" and "Vision". Its aim is to address the increasing needs in a multi-disciplinary industrial context such as robotic surgery or automotive industry. An increasing number of applications require the combination of image processing tools to interpret a scene, robotics to interact with it and control theory to control the involved dynamical systems.

**Control systems** theory is a field of engineering sciences which analyzes the properties of dynamical systems to estimate and control them. The diversity of studied systems (linear or nonlinear, continuous or discrete-time differential systems, discrete event systems, deterministic or probabilistic systems), the diversity of application fields (mechanical, electrical, hydraulic, aerodynamic, chemical, biological, economical phenomena...), and the diversity of the control objectives (stabilization of equilibrium points, reference trajectory tracking, minimizing some cost functions, perturbations rejection...) explain the breadth of mathematical tools necessary for their study (algebra, analysis, differential geometry, topology, probability theory, optimization ...). To deal with these multiple aspects, the notions of modeling,

input/output relations, controllability, observability, stability and robustness are central in the context of "control systems theory".

A **Robotics system** is a mechanism equipped with sensors, actuators and means of reasoning which allow it to interact with its environment. Two decades ago, robotics has been mainly developed in the manufacturing area (anthropomorphic arms dedicated to painting, weld, handling or assembly tasks) where it allowed to increase the productivity. But robotics has also spread in many other domains, where the environment is unknown, uncertain, or even hostile. This is for example the case in agriculture, spatial, submarine, nuclear or humanoid robotics, and also in the context of intelligent transportation systems. Robotics then uses many engineering sciences: mechanics for modeling of poly-articulated mechanisms, control systems theory for motion planning and open or closed-loop control design, electronics for instrumentation and real-time implementation of the controllers, computer science for data processing and programming, computer vision and image processing to analyze the environment.

**Mathematical Morphology** is a non linear image processing technique, based on the set theory. It quantitatively describes image

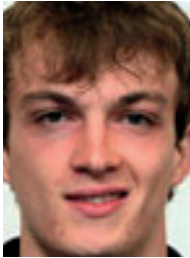
content in terms of shape and size, in an elegant mathematical framework. It has proven to be an extremely effective technique in many applications: bio-medicine (effect quantification in drug discovery process, image-based mass screening), material science (physical properties prediction), scene analysis (scene interpretation), non destructive inspection in production chains, multimedia (image indexing), robotics (stereo vision), etc. Examples from these wide application domains illustrate the studied concepts. The manipulation of images during practical training allows a full understanding of the studied notions.

Brigitte d'ANDREA NOVEL,  
Béatrix MARCOTEGUI

## MAREVA \*MAREVA \*

Mardi 10 septembre Tuesday 10<sup>th</sup> September

■ L312



Thomas  
BONTE

14h-15h

### Amélioration du suivi de joueurs de football par computer vision en utilisant des méthodes de machine learning

#### Football players tracking improvement with computer vision, using machine learning methods

L'analyse de données a rencontré un intérêt croissant ces dernières années dans de nombreux domaines, et celui du sport n'en est pas exempt. Dans le cas particulier du football médias, recruteurs, clubs et entreprises de paris sportifs sont ainsi à la recherche d'informations permettant d'apprécier le niveau des joueurs. Cependant, la récupération de données chiffrées à partir des images télévisuelles des matchs est encore très manuelle, et donc coûteuse en opérateur et en temps.

Footovision est une entreprise qui s'attache alors à automatiser cette récupération, tout en conservant précision et robustesse. Parmi les difficultés d'une telle automatisation, le suivi des joueurs tout au long du match est un sujet prépondérant. En effet, la multitude de bruits qui viennent s'ajouter aux joueurs (arbitres, public, remplaçants), les changements de luminosité ou encore les occlusions rendent cette analyse bien plus compliquée qu'au tennis, par exemple. L'objectif de mon stage est alors tourné autour de l'amélioration des méthodes de suivi. Pour cela, l'utilisation combinée de méthodes d'analyse d'image et d'algorithmes de machine learning permet notamment d'obtenir des résultats convaincants, et un suivi des joueurs efficace.

Data analysis has been of growing interest in many areas, including sports. In football, media broadcasters, scouting agents, clubs and sports betting companies are eager for information to assess players level. However, fetching such data from TV images is still very manual, and thus very expensive and time-consuming.

Footovision is a company which goal is to automate this retrieval, keeping accuracy and reliability. Among the difficulties of such an automatization, players tracking along the game is one of the main subjects. Indeed, the amount of noise around the players (referees, supporters, substitutes), lighting changes or obstructions make this analysis much more complicated than in tennis, for example. My internship aims at improving these current methods. To do so, I am combining computer vision and machine learning techniques to hopefully get convincing results, and more efficient players tracking.

**Footovision**  
Paris



Pierre-Nicolas  
PIQUIN

15h-16h

### Optimisation du processus d'accès à la profondeur à partir d'une caméra stéréoscopique

#### Optimization of the approach to access depth information through a stereoscopic camera

Aujourd'hui, un des grands enjeux liés à la robotique et à l'analyse d'images est la reconstruction 3D de l'environnement qui nous entoure. En effet, il est de plus en plus important de pouvoir accéder à l'information de profondeur pour créer un monde virtuel réaliste, à partir duquel le déplacement autonome de robots devient alors possible. Stereolabs est une entreprise commercialisant une caméra stéréoscopique ainsi que le logiciel de traitement d'images qui permet de l'utiliser.

C'est dans ce contexte que le début de mon stage a été focalisé sur une méthode permettant d'opti-

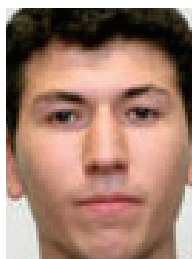
Today, one of the main issues of computer vision is the reconstruction of the 3D environment that surrounds us. It is more and more relevant to access the information of depth to create realistic virtual representation of our world. And through that, many problems can be solved, such as the autonomous movements of a robot. Stereolabs is a firm selling a stereoscopic camera as well as the computer vision software needed to use it.

It is in this context that my internship takes place. I have focused on a method to optimize and to enhance the algorithm in charge of accessing the

miser et d'améliorer l'algorithme d'accès à la profondeur. Cette méthode allie création d'une base de données de référence à partir des réseaux de neurones les plus récents ainsi que l'implémentation du PBT (Population Based Training) dans le but de trouver les paramètres optimaux des algorithmes classiques et d'accélérer l'entraînement de futurs réseaux neuronaux.

*depth information. This method relies on multiple steps: reviewing state of the art neural networks and creating 'ground truth' depth images thanks to these and implementing a PBT (population based training) strategy to find the optimal parameters of both classical approaches and fasten the training of neural nets.*

**Stereolabs**  
Montrouge



Mathias  
CORSIA

16h-17h

## Détection d'obstacles sur données LiDAR

### *Dynamic object detection on LiDAR data*

Les capteurs LiDAR permettent d'obtenir une représentation 3D en nuages de points de l'environnement d'un système robotique, et en particulier d'un véhicule autonome. Bien que leur prix soit aujourd'hui encore élevé, les efforts actuels des différents acteurs du marché vont dans le sens d'une production industrielle de ces capteurs à un prix cohérent avec les impératifs de production de l'industrie du véhicule autonome, pour lesquels il est un capteur indispensable. Le LiDAR permet de calculer la position du véhicule dans son environnement tout en créant une représentation 3D, appelée « carte », par le biais d'algorithmes dits de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Terra3D est une société qui propose des solutions d'analyse automatisées de données géospatiales. Depuis près d'un an, Terra3D a choisi de se positionner dans le domaine du SLAM en proposant des algorithmes de localisation temps-réel pour le véhicule autonome.

Toutefois, les capteurs LiDAR peuvent également être utilisés pour percevoir l'environnement autour du véhicule. Il n'existe actuellement pas de solution commerciale sur le marché pour couvrir ce besoin. L'objectif de ce stage est de développer une solution de détection d'objets mobiles à partir de données LiDAR multi-couches, en environnement urbain. Les travaux sont axés dans un premier temps autour d'une approche sans modèle par comparaison géométrique de nuages de points provenant de trames LiDAR successives, couplée à de la segmentation 3D.

*LiDAR sensors are able to give a 3D description in point clouds of the environment of a robotic system, in particular of an autonomous vehicle. They are currently pretty expensive but important efforts are made in order to start an industrial production of these sensors with coherent prices regarding to their necessity in the self driving car industry.*

*A LiDAR allows computing the position of the vehicle in its environment by creating a 3D map thanks to SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) algorithms. Terra3D is a company that designs automatic analysis solutions of geospatial data. Recently, Terra3D decided to work also on the SLAM problematic by designing real time localization algorithms for autonomous vehicles.*

*However, LiDAR sensors can also be used for perception purposes around the vehicle. Nowadays there is no commercial solution addressing this issue: the goal of this internship is to design an automatic solution for detecting dynamic objects in urban environment on multi-layer LiDAR data. The work is based on a model-free approach, using geometrical inconsistencies between successive*

**Terra3D**  
Paris



Thomas  
ROUCH

17h-18h - PUBLIC RESTREINT

## Odométrie visuelle embarquée avec caméra à événements pour la réalité virtuelle

### *Feature-based embedded visual odometry for virtual reality with event-based camera*

Prophesee (anciennement Chronocam) conçoit et produit un nouveau type de caméras bio-inspirées, qui s'émancipent du concept de « frame rate ». Au lieu de capturer l'information à une fréquence d'images fixe, chaque pixel est adapté de manière asynchrone en cas de besoin. C'est ce qu'on appelle le traitement d'images basé sur des événements. La sortie est donc extrêmement éparse et permet un traitement en temps réel de l'information à une fréquence

*Prophesee (formerly Chronocam) designs and produces a new type of cameras that are bio-inspired and thus free themselves from the concept of images. They don't gather information with a fixed frame-rate but instead each pixel is adapted asynchronously when needed. This is called event-based image processing. Therefore the output is extremely sparse and allows a real time treatment of the information at an equivalent frequency of a kHz or more.*

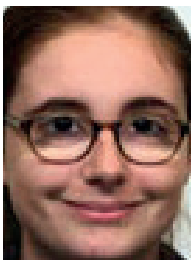
équivalente au kHz ou plus. Cependant, comme les données provenant du capteur sont intrinsèquement différentes des images utilisées en vision standard, Prophesee doit également développer de nouveaux algorithmes de traitement ou d'apprentissage adaptés à ce nouveau type de vision.

Au cours des dernières années, nous avons pu observer la prolifération des casques de réalité virtuelle basés sur différentes technologies. Le concept clé derrière ces appareils réside dans l'estimation de la position et de l'orientation de la tête dans l'espace 3D afin de pouvoir reconstruire le point de vue de l'utilisateur et de générer l'image sur l'écran. Même si l'état actuel de la technique est suffisant pour offrir une première expérience de jeu, de nombreux problèmes subsistent. La plupart des solutions présentes sur le marché ne sont pas complètement embarquées et l'estimation de position n'est pas assez précise pour éviter complètement cette sensation de cybermalaise («virtual reality sickness»). Les caméras événementielles permettent à la fois de réduire la consommation d'énergie nécessaire à l'estimation de la position de la tête et de réduire l'une des causes du malaise : la fréquence de l'inadéquation des mouvements. L'objectif de ce projet est d'étudier et de mettre en œuvre un premier prototype d'odométrie visuelle embarquée avec des caméras événementielles. Dans le traitement basé sur les événements, on ne peut pas simplement se fier aux détecteurs de «features» de l'analyse d'image classique tels que HARRIS ou FAST. Les «features» jouent un rôle majeur dans les systèmes de vision par ordinateur tels que les applications SLAM ou AR/VR. A partir des premiers résultats obtenus avec les algorithmes de détection et de suivi des «features» implémentés à Prophesee, il s'agit de concevoir le système d'odométrie visuelle et de l'optimiser pour un dispositif

*But since the data coming from the sensor are quite different from the images used in standard vision, Prophesee is also advancing the algorithmic and machine learning side of this new kind of machine vision.*

*In the last years we assisted to the proliferation of Virtual Reality headsets based on different technologies. The basic concept behind these devices is to localize the position and the orientation of the head in the 3D space, reconstruct the point of view of the player and render the image on the internal screen. Even if the current state of the art is enough to provide a first gaming experience, many problems still remain. Most of the solutions present in the markets are not completely embedded and the position estimation is not precise enough to avoid completely the Virtual reality sickness. The Event-based cameras allow to reduce the power consumption required to estimate the head position and, at the same time, to reduce one of the causes of the sickness: the frequency of motion mismatch. In event-base processing you can't simply rely on existing frame based feature detectors such as HARRIS or FAST. Feature points are a cornerstone of computer vision systems such as SLAM or AR/VR applications for instance. The goal of this project is to study and implement a first prototype for an embedded feature-based visual odometry for event cameras. In particular, starting from the results obtained with feature detection and tracking algorithms implemented in Prophesee, design the Visual Odometry system and optimize it for an embedded device.*

Mercredi 11 Septembre *Wednesday 11<sup>st</sup> September* ■ **V106A**



Jade  
COULIN

9h-10h - PUBLIC RESTREINT

## Fusion de capteurs dans le cadre du SLAM visuel inertiel sur périphérique mobile

### *Sensor fusion for a visual inertial SLAM algorithm on a moving device*

L'analyse de données a rencontré un intérêt croissant ces dernières années dans de nombreux domaines, et celui du sport n'en est pas exempt. Dans le cas particulier du football médias, recruteurs, clubs et entreprises de paris sportifs sont ainsi à la recherche d'informations permettant d'apprécier le niveau des joueurs. Cependant, la récupération de données chiffrées à partir des images télévisuelles des matchs est encore très manuelle, et donc coûteuse en opérateur et en temps.

Footovision est une entreprise qui s'attache alors à automatiser cette récupération, tout en conservant précision et robustesse. Parmi les difficultés d'une

*Visual SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) algorithms can estimate in real time the trajectory of one (or more) camera(s) while reconstructing a 3D cloud of points of the environment under observation. However the existing approaches give satisfactory results only if the moves of the cameras are smooth and if the textures of the environment appear well on the pictures. Fusioning the data from other sensors could improve the localization precision when vision does not necessarily reflect the reality (glaring effects or in an elevator for example). A widespread solution in the state-of-the-art literature is the addition of an IMU to solve the issues due to denial of visual service but*



telle automatisation, le suivi des joueurs tout au long du match est un sujet prépondérant. En effet, la multitude de bruits qui viennent s'ajouter aux joueurs (arbitres, public, remplaçants), les changements de luminosité ou encore les occlusions rendent cette analyse bien plus compliquée qu'au tennis, par exemple. L'objectif de mon stage est alors tourné autour de l'amélioration des méthodes de suivi. Pour cela, l'utilisation combinée de méthodes d'analyse d'image et d'algorithmes de machine learning permet notamment d'obtenir des résultats convaincants, et un suivi des joueurs efficace.

other sensors could be used.

*This internship consists in the study of the barometer and magnetometer properties (noise, physics of the sensors) in order to improve accuracy of the algorithm. Information from these sensors will be integrated to the visual-inertial SLAM algorithm, which already analyzes the data from cameras and an IMU. The barometer should improve the estimation of the altitude while the magnetometer will provide better results for the outdoor localization. We will apply this algorithm on a sequence with all the sensors measurements and observe the changes and improvements in the computed trajectory.*

**Site de Nano-Innov**  
Palaiseau



Aurore  
SALLARD

10h-11h - PUBLIC RESTREINT

## Stabilisation de contraintes et chaînes cinématiques fermées

### *Constraint stabilization and closed kinematic chains*

Le laboratoire de simulation interactive (LSI), rattaché à la Direction de la Recherche Technologique du CEA, mène des activités de recherche et développement dans le domaine de la simulation interactive physiquement réaliste. Le laboratoire met les technologies qu'il développe au service de problématiques industrielles de première importance : études ergonomiques de postes de travail, formations des opérateurs, prototypage... Trois domaines d'activités sont donc représentés au LSI : la simulation physique proprement dite, la modélisation et le rendu visuel, et, enfin, la réalité virtuelle. Les solutions développées par le LSI sont intégrées dans la suite logicielle XDE, qui comprend notamment un solveur dynamique, XDE Physics.

Ce solveur doit être capable d'intégrer, en temps réel, les équations du mouvement de systèmes multi-corps, éventuellement déformables, en interaction avec leur environnement. Afin de proposer un rendu aussi réaliste que possible, il convient de porter une attention particulière à la gestion des contraintes physiques telles que le contact entre deux solides, éventuellement avec frottement, ou les liaisons mécaniques existant entre deux corps.

L'objectif principal du stage est la prise en compte de contraintes bilatérales, permettant notamment de modéliser des mécanismes qui comportent des chaînes cinématiques fermées. En général, ces contraintes sont non-linéaires et doivent être respectées aussi précisément que possible. Le recours à des méthodes de stabilisation de contraintes est indispensable, mais cette stabilisation se doit d'être compatible avec les formulations non-régulières utilisées dans XDE Physics. Des adaptations des méthodes de stabilisation existantes devront donc potentiellement être effectuées afin de pouvoir être implantées et évaluées dans le solveur de contraintes de XDE Physics.

*The Interactive Simulation Laboratory (Laboratoire de simulation interactive, LSI), part of CEA's Technological Research Division, conducts research and development tasks in the field on physically realistic interactive simulation. Technologies designs are used to tackle high-impact industrial challenges: improving workstation ergonomics, training operators, facilitating prototyping... Three fields of activity are represented within the LSI: physical simulation per se, modelling and visual rendering, and finally, virtual reality. Solutions developed by the LSI are part of the XDE software suite, that includes a dynamical solver, XDE Physics.*

*This solver must be able to integrate the equations of motion of potentially deformable multibody systems in real-time, taking into account their interactions with the environment. To offer a rendering as realistic as possible, specific attention must be paid to handling physical constraints such as the contact between two solids, possibly with friction, and mechanical joints between two bodies.*

*The internship's main objective is to take into account bi-lateral constraints. This would especially allow for modelling mechanisms involving closed kinematic chains. In general, these constraints are non-linear and must be enforced with the highest possible precision. It is therefore crucial to resort to constraint stabilization methods, but this stabilization must also be compatible with non-regular formulations as used in XDE Physics. Existing stabilization methods will have to be adapted in order to be implemented and evaluated within the XDE Physics constraint solver.*

**CEA-LIST**  
Palaiseau



Aboubacar  
TUO

11h-12h - PUBLIC RESTREINT

## Veille Technologique Intelligente et Personnalisée

### *Personal and Intelligent Technological Watch*

L'essor actuel du Web ne nous donne plus le temps de bien sélectionner notre lecture quotidienne. C'est en particulier le cas pour les ingénieurs d'Astek qui doivent en plus se tenir au courant des nouvelles technologies et des évolutions dans leurs métiers. Il serait alors intéressant de mettre en œuvre un outil qui proposerait aux salariés d'Astek leur lecture du jour selon leurs travaux en cours, leurs domaines d'expertise ou encore leurs passions personnelles. L'objectif du stage est donc de construire une application suggérant des articles personnalisés aux collaborateurs d'Astek en rapport avec leurs activités. Cela dans le but d'améliorer leurs compétences et les tenir informés des dernières technologies dans leurs différents domaines. A l'aide des outils du Deep learning, on utilisera un système de recommandation visant à présenter des éléments d'information qui sont susceptibles d'intéresser l'utilisateur avec un retour d'expérience en vue d'une

*The Internet's current expansion no longer enables us to select our daily reading. This is particularly the case for Astek engineers who must also keep up to date with new technologies and developments in their work. It would then be interesting to implement a tool that would suggest to Astek employees their daily reading according to their ongoing work, their fields of expertise or even their personal interests. The objective of the internship is therefore to build an application that suggests customized articles for Astek employees in relation to their activities. This is to improve their skills and keep them informed of the latest technologies in their different domains. Using the Deep Learning tools, a recommendation system will be used to present articles that are likely to interest the user with feedback for continuous improvement of the system's performance.*

**Astek Group**  
Boulogne-Billancourt



Pierre-Etienne  
DEVINEAU

14h-15h - PUBLIC RESTREINT

## Conception de méthodes de résolution d'entités en traitement de langage naturel (NLP)

### *Sensor fusion for a visual inertial SLAM algorithm on a moving device*

Dans le cadre de la lutte contre la fraude, les Ministères économiques et financiers reçoivent ou collectent des données financières concernant des personnes physiques, morales et des organisations. Ces données peuvent être de types structuré ou textuel mais dans tous les cas, les premières étapes de l'investigation sur ces données implique leur rapprochement avec les informations déjà connues ou les référentiels du service. Les données déjà intégrées comportent elles-mêmes déjà des doublons.

Il importe donc de pouvoir reconnaître que plusieurs déclinaisons d'identités correspondent in fine à la même entité ("résolution d'entités"), et de remplacer ces entrées par une seule entrée canonique qui concentre l'information utile ("canonisation d'entités"). L'enjeu du stage est de proposer et d'évaluer une méthode de résolution d'entités conjointe, qui utilise le contexte disponible et les éventuelles redondances des sources de données.

*The French Ministry for the Budget is in charge of controlling the legality of financial flows from/to France. It makes use of the data sources abided by the law, including some numerical financial data and textual reports. The latter contain high-quality information, but also ambiguous, partial or inexact inputs, in particular concerning the named entities. Hopefully one can leverage the redundancy of sources to help disambiguate these inputs.*

*This internship focuses on the development and the evaluation of an adapted approach of simultaneous entity linkage and canonization exploiting the available context content. It aims at automatically merging data with high recall and precision.*

**Ministère de l'Action et des comptes publics**  
Paris



Mona  
BUISSON-FENET

15h-16h

## Apprentissage Actif pour des systèmes dynamiques modélisés par des Processus Gaussiens

### *Active Sampling for Gaussian Process Dynamics*

Le monde qui nous entoure peut être décrit par des systèmes dynamiques, souvent difficiles à contrôler. Malgré la présence de grandes quantités de

*Dynamical systems describe the changing world around us. Controlling their behavior is a difficult, but nonetheless very important problem in many*

données, rendue possible par la multiplication des capteurs et des systèmes modernes de traitement de l'information, il est toujours difficile d'obtenir des jeux de données riches à partir d'un système dynamique. Un robot humanoïde par exemple est équipé de nombreux capteurs, et génère donc assez de données pour rapidement passer dans le domaine du "Big Data" ; cependant, tant qu'il reste immobile, ces données sont inutiles pour apprendre un modèle de sa dynamique. De façon générale, générer des jeux de données assez informatifs pour permettre d'entraîner des modèles d'un système dynamique complexe reste un enjeu majeur pour l'apprentissage et le contrôle de systèmes physiques, d'autant plus que cette génération de données est souvent un processus long et coûteux. Ce projet vise à étudier comment générer efficacement des données assez informatives pour permettre l'entraînement de modèles complexes de systèmes physiques. Dans ce cadre, les systèmes dynamiques sont modélisés par des Processus Gaussiens, des modèles probabilistes non-paramétriques qui incluent une quantification de l'incertitude et permettent d'incorporer du savoir a priori. Des stratégies de contrôle sont alors développées, afin de générer des trajectoires informatives qui amènent le système dans des parties inconnues de l'espace des états et permettent d'apprendre efficacement son modèle, tout en minimisant le coût total.

fields, such as engineering, physics, and economics. Despite the principled availability of ever more data enabled through modern sensor and computer technology, obtaining rich and informative data sets of dynamical systems in the physical world is still a significant challenge. For example, a humanoid robot that is equipped with hundreds of sensors, each of which generating hundreds to thousands of data points every second, will quickly amass big data. However, if this robot is mostly standing still, this data is essentially useless as it is not informative about the underlying dynamical processes. More generally, generating data sets that are sufficiently rich to train models of a complex dynamical system represents a key challenge in learning for physical systems. In addition, generating data on physical processes is often time-consuming and practically involved. This research therefore aims at addressing the question of how to efficiently generate data that is informative enough to cope with learning in dynamical systems. In this work, we model dynamical systems by Gaussian Processes (GP), which are non-parametric probabilistic models that include uncertainty quantification, and allow for incorporating prior knowledge. We then focus on developing data-efficient strategies for training the model, by finding informative control trajectories that bring the system to yet unknown parts of the state-space, while minimizing overall control costs.

**Max Planck Institute for Intelligent Systems**  
Stuttgart (Germany)



Chloé  
MAROTEAUX

16h-17h

## Missions d'organisation dans le domaine de la santé

### Organizational missions in health sector

Adopale est un cabinet de conseil spécialisé dans l'accompagnement des acteurs du système de santé. Il travaille auprès des établissements de santé publics ou privés, des professionnels de ville, des ARS, des agences et du Ministère de la santé pour accompagner les grands projets de transformation.

L'objectif principal du stage est de recueillir des données quantitatives/qualitatives via des modes d'extraction des données à partir de logiciels, d'analyser ces données en vue d'en tirer des conclusions pertinentes et de réaliser des supports de présentation. Les méthodologies propres à l'expérience d'Adopale seront appliquées durant ce stage à différents domaines du secteur de la santé comme par exemple l'organisation du bloc opératoire, les flux logistiques au sein des pharmacies, mais également l'optimisation des équipements au sein des services de stérilisation.

Adopale is a French firm specialized in helping health actors. Adopale works with health institutions which can be public or private, offices in small or big cities, regional health organizations, and State institutions in order to guide them through big organizational transformations.

The main goal of the internship is to collect quantitative and qualitative data (by extracting it from software), to analyze this data in order to identify relevant conclusions and to create different media of presentation showing those results.

The methodology which is the core value of Adopale will be applied to different subject such as the organization of operating rooms, the logistic flows of drugstores or the optimization of the equipment in anesthesia departments.

**Adopale**  
Paris



Souhaïel  
RIAHI

17h-18h

## Transfert de représentations deep-learning entre tâches de vision par ordinateur

### *Transfer learning between computer vision tasks*

La mise en œuvre de l'apprentissage profond nécessite des quantités massives de données, souvent annotées. En pratique, collecter ces données est très coûteux et il est donc primordial d'en minimiser l'impact dès la conception de l'approche.

L'une des solutions qui permet de surmonter cette difficulté est l'apprentissage par transfert. Le principe consiste à utiliser des connaissances acquises sur un domaine « source » suffisamment pourvu en données (annotées) dans un autre domaine d'intérêt, dit « cible », qui en est peu doté. Un domaine source peut être, par exemple, des photographies de la vie quotidienne faciles à obtenir (et à annoter) et des domaines cibles des photographies aériennes de zones agricoles ou des images industrielles telles que celles de défauts de structures tubulaires, dont l'annotation demande une grande expertise.

Le principal objectif de ce stage est de proposer et développer une architecture d'apprentissage profond permettant d'améliorer la performance lorsqu'on fait le transfert de connaissance entre différentes tâches, et non seulement des domaines. On partira par exemple d'une tâche de classification apprise sur ImageNet et l'on visera à transférer sur des tâches telles que la localisation d'objets, la segmentation sémantique de scènes ou même des tâches multimodales impliquant à la fois texte et images.

*Training a deep learning model requires large datasets, often labeled. In practice, creating such datasets is very expensive and it is therefore important to minimize the impact from the design of the approach. One of the solutions to overcome this difficulty is Transfer Learning. The principle consists of using knowledge acquired on a «source domain» sufficiently provided with (annotated) data on a different «target domain», where only little labeled data is available. A source domain may be, for example, photographs of everyday life that are easy to obtain (and to annotate) and a target domain of aerial photographs of agricultural areas or industrial images such as those of tube structure defects, the annotation of which requires great expertise.*

*The main objective of this internship is to propose and develop a deep learning architecture to improve performance when transferring knowledge between different tasks, not just domains. For example, we will start from a classification task trained on ImageNet and we will aim at transferring the learned patterns to tasks such as object localization, scene semantic segmentation or even multimodal tasks involving both text and image.*

**CEA-LIST**  
Palaiseau



# PROCÉDÉS ET ÉNERGIE



Un procédé – du latin *procedere* (aller de l'avant), en anglais « Process » est une méthode à suivre pour obtenir un produit à partir de matières premières et d'énergie. Aussi, le génie (même étymologie que « ingénieur ») des procédés est-il « l'ensemble des connaissances relatives à la conception et à la mise en œuvre des procédés industriels de transformation de la matière et de l'énergie ». Vaste programme car s'il s'appuie sur un bon nombre de disciplines scientifiques bien identifiées - la mécanique des fluides, la thermique et la thermodynamique, l'automatique, la physique en général et la chimie, il s'agit bien de porter jusqu'à une échelle industrielle le renouvellement des produits et des voies de production des entreprises, depuis leur examen dans les Centres de Recherche et d'Innovation, d'agencer, concevoir et faire évoluer les installations, de minimiser leurs consommations d'énergie et le coût de production, de maîtriser leurs impacts environnementaux.

Des matières premières très diverses pour des produits et des propriétés d'usage qui le sont tout autant : un procédé potabilisera de l'eau de rivière, un autre fournira de l'hydrogène purifié à partir de méthane pour la propulsion de lanceurs, pour son usage dans la pile à combustible des auto-

mobiles, ou pour la production d'engrais ammoniacés, un autre encore exploitera des déchets agricoles ou du gaz naturel pour alimenter en méthane désulfuré des turbines à gaz ou une cuisine domestique, une usine d'incinération valorisera des déchets urbains en énergie de chauffage tout en dépolluant ses effluents. D'autres propriétés que la pureté peuvent être recherchées : à partir de sable, on fabriquera ici de la silice colloïdale pour remplacer à 90% le noir de carbone dans les pneus, et là du silicium mono-cristallin ou polycristallin destiné à la fabrication de panneaux photovoltaïques.

Pourquoi « Procédés et Energie » ? L'accès à l'énergie est le facteur de développement d'une civilisation. Si aujourd'hui, près de 70% de celle-ci provient de matières fossiles extraites de gisements inégalement répartis, la réduction par 4 des émissions de GES d'ici 2050 (Scénario « blue map » de l'AIE) implique une transition vers une énergie globalement décarbonée : outre l'énergie nucléaire, il s'agit de pallier l'intermittence des ENR, de valoriser des matières organiques naturelles (agricarburants, méthanisation et pyrolyse de biomasse, huiles alimentaires recyclées), ou de séparer et si possible valoriser le CO<sub>2</sub> de combustion des matières fossiles.

Autant de procédés à développer pour la conversion entre formes et vecteurs énergétiques (hydrogène, méthane, électricité, chaleur, compression), leur transport, leur stockage, leur utilisation, le traitement des pollutions induites, et la mise au point des matériaux correspondants (batteries, PAC, panneaux PV). Le second axe d'étude de l'option concerne l'utilisation nécessairement conjointe et l'économie d'énergie et de matière dans tout procédé, particulièrement ceux dédiés à la préservation de l'environnement : dépollution (Ex : eau) et recyclage (Ex : batteries)

L'option ouvre aux élèves des pistes et un carnet d'adresses d'entreprises et de professionnels de l'ensemble des industries de transformation. Les enseignements, visites et conférences du début de la période d'option les familiarisent avec les techniques de conception et de management, qu'ils mettent en pratique dès leur projet individuel en industrie.

**Chakib BOUALLOU,**  
**Christophe COQUELET,**  
**Alain GAUNAND**

# ENERGY AND PROCESS ENGINEERING

Autres enseignants- chercheurs et intervenants participant à l'option en 2017-2018 :

Mesdames et Messieurs Christian Beauger, Christophe Blavot (EIC), Xavier Chaucherie (Sarpindustries), Jean-Pierre Dal-Pont (SFGP), Imane Eddaoudi, François Deroux (Imerys), Laurent Fulcheri, Emmanuel Garbolino, Maxime Lambert (Air Liquide), Cyrille Lemoine (Veolia), Jonathan Macron (Air Liquide), Rudolf Metkemeijer, Olivier Potier (LRGP), Arnaud Rigacci, Rodrigo Rivera, Vandad Rohani, Bruno Peupartier.

Responsables des stages 2017-2018

Mesdames Lamena Crolla (Akuo Energy), Aurélie Gonzalez (FIVES), Stéphanie Jumel (EDF-Innovation Lab), Carina Zundel (Air Liquide), Messieurs Federico Brandani (Air Liquide), Julien Cabrera (Akuo Energy), Nicolas Kofman (Air Liquide), Arthur Lisle (Green Yellow)

*A process - from latin procedere, going ahead, is a method to yield a product from raw materials and energy. As a consequence, Process Engineering is the sum of know-how for the design and operation of industrial processes of matter and energy. For sure, this "integrative" science is based on several well-defined scientific subjects - fluid mechanics, thermodynamics and heat transfer, command and process control, physics and chemistry ; but its actual purpose is to bring new products and new routes of production from R&I centres up to industrial scale plants, to assemble, design, manage and modify them, to minimise their energy consumption and their production costs, to reduce their environmental footprint.*

*A huge diversity of raw materials, for a huge diversity of products and end-of-use properties : a process will provide drinkable water, whilst another will yield purified hydrogen from methane for propulsion of rockets, for its use in the fuel cells of cars, or for production of ammonia for fertilisers, another will use organic waste or natural gas to feed power plants or home cookers with methane at low sulphur content, an industrial incinerator will burn urban waste for central heating and eliminate polluting gases from its fumes. The purity of the product may not be the main goal : from sand, colloidal silica can*

*be obtained as a substitute to 90% of black carbon in tires, but sand is also the raw material for mono or poly- crystalline silicium used for the manufacture of photovoltaic panels*

*Why « Processes and Energy » ? Having access to energy is the compulsory condition for the development of civilisations. Although about 70% come from fossil fuels, a 4 times reduction of greenhouse gases emissions ("blue map" scenario of AIE) requires to develop decarbonised energy : besides nuclear energy, it means either making up for intermittent solar and wind power, exploiting natural organic matters (agro-fuels, methanisation, pyrolysis), or separate, and if possible valorise the carbon dioxide from combustion of fossil fuels. Consequently, there must be processes for the conversion between different energy vectors - hydrogen, methane, electricity, heat, mechanical energy, their transport, storage and use, the treatment of resulting pollutants, the production of materials for batteries, fuel cells, photovoltaic panels. The second topic of the major is the simultaneous and compulsory use and saving of energy and matter for any kind of process, especially those for the protection of environment, such as the waste water treatment and the recycling of batteries.*

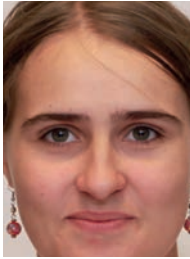
*The major provides tracks to students, as well as an address book of companies and professionals in the whole range of transformation industries. Thanks to the preliminary lectures, visits and conferences in the major, they become acquainted with design and project management techniques, which they put into practice during their internship.*

**Chakib BOUALLOU,  
Christophe COQUELET,  
Alain GAUNAND**

# PROCÉDÉS ET ÉNERGIE

## ENERGY AND PROCESS ENGINEERING

Mardi 10 Septembre Tuesday 10<sup>th</sup> September ■ L226



Sarah  
LIMMACHER

9h-10h PUBLIC RESTREINT

### Développement et supervision de production et stockage d'énergies renouvelables

#### *Development and supervision of renewable energies production and storage systems*

Créé en 2007, NW Groupe rassemble aujourd'hui trois sociétés expertes dans le secteur des énergies renouvelables et du stockage d'électricité. Acteur engagé de la transition énergétique, le groupe mobilise son expertise et son expérience pour le déploiement des énergies de demain. NW développe, finance, construit et exploite des unités de production d'énergie renouvelable. En parallèle, le groupe élabore de nouvelles solutions de stockage d'électricité pour répondre aux enjeux de durabilité énergétique et à l'intégration des énergies renouvelables sur le réseau. Plus précisément, j'effectue mon stage au sein de la société NW Joules, qui conçoit des dispositifs de stockage électrique capables de soutenir efficacement les besoins du réseau (soutien de fréquence, service de flexibilité, arbitrage).

Mes missions :

- Développer des projets de stockage : autorisations d'urbanisme, demande de raccordement, travail avec les fournisseurs, dimensionnement, rédactions de dossiers de candidature à des appels d'offres, logistique
- Superviser des centrales photovoltaïques en fonctionnement : analyse de la production, gestion des contrats, suivi des maintenances

*NW Groupe, created in 2007, is one of the major actors of the French energy transition. It gathers three societies, which develop, build and operate solar and wind-farms, as well as energy storage devices to improve the resilience of the grid to intermittent renewable energy production.*

*My internship takes place by NW Joules, the society which develops the energy storage system. Its innovative conception can help the grid in many ways by doing frequency regulation, pick shifting or local flexibility.*

*My missions are the followings :*

- *Development from beginning to end of Energy storage systems : Obtention of the exploitation authorisations, connection to the grid, relation with the suppliers, sizing tenders applications, construction logistics.*
- *Supervision of solar power plants: Production analysis, contracts management and maintenance overseeing*

**NWJoules**  
Paris



Mathilde  
LAURENT

10h-11h

### Industrialisation de la production de bio-gaz par pyro-gazéification

#### *Industrialisation of biogas production from gazeification*

ENGIE se positionne en leader de la transition énergétique, avec l'objectif de fournir une énergie Décarbonée, Décentralisée et Digitalisée (ou «3D»). Son nouveau plan stratégique affiche une ambition « Zéro Carbone » en 2050, en développant la production de Gaz vert dans une démarche d'économie circulaire, et une orientation vers des activités « as a service ». Le potentiel et la technique de production de gaz vert dépendent des ressources d'une région : une région agricole privilégiera la digestion anaérobie de biomasse ou «méthanisation», tandis qu'une région forestière ou industrielle et urbaine produisant des déchets plus concentrés et moins humides est mieux adaptée à un procédé thermo-chimique ou «pyrogazéification». Cette deuxième génération, traitant de la biomasse « sèche », présente un rendement énergétique élevé (jusqu'à 85%), et promet

*ENGIE aims to be a leader in the energy transition, as a supplier of a Decarbonized, Decentralized and Digitized («3D») energy. Its new strategic plan aims at a "zero carbon" gas delivery for 2050, via the increase of green gas production, according to the principles of circular economy, and targets "as a service" activities. The green gas potential and techniques depend on the resources of a region : an agricultural region favours the anaerobic digestion of biomass or «methanisation», while the waste from a forest or an industrial and urban region, owing to their higher concentration, is more appropriate for gasification. This second biogas generation, processing "dry biomass" has a high energy efficiency (up to 85%), and is expected to be complementary and competitive with the first one, provided the implementation of an industrialization strategy. That's why the internship*



d'être complémentaire de la première voire compétitive moyennant la mise en œuvre d'une stratégie d'industrialisation. Dans ce contexte, le stage participe à la construction d'un modèle économique et technique pérenne notamment à travers :

- L'analyse de marchés, en particulier celui d'intrants « déchets » potentiels (Combustibles Solides de Récupération ou CSR, et Bois fin de vie), dont l'utilisation, au lieu de l'enfouissement et l'incinération peut améliorer la rentabilité d'une unité.
- La structuration d'un plan d'affaires intégrant différents scénarii d'échelles, de co-produits...

Cette étude prend en compte les effets d'échelle, d'apprentissage et l'amélioration de la productivité d'une centrale avec le temps ; elle doit permettre de déterminer les conditions pour lesquelles les objectifs de réduction de coûts de ENGIE seront atteints, justifiant la compétitivité et l'émergence de la filière.



Thomas  
POURBAIX

11h-12h

## Impact du changement climatique sur l'accès à l'«énergie-bois» à l'horizon 2050, et sur le développement de ce secteur

### *Potential impact of climate change on the availability of wood energy by 2050 and on the development of the wood energy sector*

Il y a plus de dix ans, EDF et l'Université de Karlsruhe (maintenant appelée Karlsruhe Institute of Technology, KIT) ont décidé de fonder à Karlsruhe un institut de recherche commun dédié à l'énergie et à l'environnement : EIFER pour European Institute for Energy Research. Cet institut est aujourd'hui largement reconnu et compte plus de 110 collaborateurs de 14 nationalités différentes. Avec le concours de partenaires industriels et scientifiques de haut niveau, il développe un savoir-faire multidisciplinaire sur les sujets de la «Ville Durable» et de l'«Energie Décentralisée». Il contribue également à plusieurs projets sur fonds nationaux et européens. Les activités de recherche d'EIFER sont organisées autour de 3 domaines clés :

- Ressources énergétiques et production décentralisée ;
- Énergie, villes et territoires ;
- Économie des systèmes énergétiques et environnement.

La France souhaite que la part des énergies renouvelables de son mix énergétique atteigne 23 % de la consommation d'énergie finale en 2020 et 32 % en 2030. La biomasse représente déjà près de la moitié de la production de ces énergies, aussi la filière bois-énergie est attendue à jouer un rôle de premier plan dans la progression souhaitée. Cependant, son développement dépend de nombreux facteurs pouvant évoluer dans l'espace et le temps (changement climatique et ressource en bois, demande énergétique, prix du bois, réglementation, etc...), ce qui amène un certain niveau d'incertitude sur son devenir.

Dans ce contexte, l'objectif du stage est d'évaluer à l'aide d'un modèle bioclimatique l'impact potentiel du changement climatique sur les disponibilités en bois-énergie à l'horizon 2050. Le modèle sera appliqué à plusieurs régions de France, et une analyse du potentiel de développement des espèces d'arbres représentatives de ces régions sera réalisée.

*contributes to the construction of a durable technical and economic model, and mainly includes :*

- *Market analysis, in particular on waste feedstocks such as RDF and waste wood in order to improve the profitability and bypassing landfill or incineration.*

- *Construction of a business plan incorporating different scenarios of scales and co-products' valorization.*

*This study must demonstrate how ENGIE cost reduction objectives can be achieved through scaling effects, process learning and improvement of the productivity of a plant. This way, gasification would justify its competitiveness and emergence.*

**ENGIE**  
Courbevoie

*More than ten years ago, EDF and the University of Karlsruhe (now: Karlsruhe Institute of Technology, KIT) decided to establish in Karlsruhe a common research institute devoted to energy and the environment called EIFER, for European Institute for Energy Research. EIFER is now a widely recognized research institute, with more than 110 employees from 14 different nationalities. Together with high level scientific and industrial partners, it develops a multidisciplinary know-how regarding the topics of "Sustainable Cities" and "Distributed Energy", and contributes to several national and European public funded projects.*

*Research activities are organized around 3 main domains :*

- *Energy resources and distributed production*
- *Energy, cities and territories*
- *Economics of energy systems and environment*

*The French government wishes that the share of renewable energies in its energy mix reach 23% of final energy consumption in 2020 and 32% in 2030. Biomass already accounts for almost half of renewable energy production, so that the wood-energy sector is expected to play a EIFER such an increase. However, the development of this sector depends on many factors that can evolve in space and time (climate change and wood resource, energy demand, wood prices, regulations, etc.), which results in a certain level of uncertainty concerning its future.*

*The objective of the internship is to estimate, thanks to using a bioclimatic model, the potential impact of climate change on the availability of wood energy by 2050. The model will be applied to several regions of France, and the development potential of tree species representative of these regions will be analysed.*

**NWJoules**  
Karlsruhe



Thinault  
LEMONNIER

14h-15h

## Analyse comparative de procédés de fabrication de poudres de carbonate de calcium et gestion des connaissances

### *Benchmark of processes for production of calcium carbonate powders and knowledge management*

L'entreprise Imerys est un acteur majeur de la production de poudres et de pulpes de carbonate de calcium en Europe. Pour diverses raisons, dont des raisons historiques, les procédés de traitement des solides - broyage, séchage et séparation, utilisent des technologies et des conditions opératoires qui diffèrent d'une usine à l'autre.

Ma mission pour Imerys consiste, via l'analyse systématique des procédés et de leur performance à mettre en évidence les possibles économies de fonctionnement. Cette analyse se décompose en plusieurs phases :

- a. Une étude bibliographique et une synthèse des connaissances pour chaque opération unitaire mise en œuvre dans la production de Carbonate de Calcium
- b. Pour chacune des usines étudiées, une analyse des paramètres physico-techniques clés de chaque étape de fabrication du carbonate en poudre.
- c. La réalisation d'outils de collecte et de visualisation de données sur site, dans la perspective de mettre en place des boucles d'automatisation
- d. L'analyse comparative des données entre usines, devant contribuer à l'amélioration des modes de pilotage.
- e. La synthèse, sous la forme d'un plan d'action consolidé pour l'Europe, des actions à engager pour réaliser des économies d'énergie.

L'étude porte sur six usines européennes - France, Suède, Royaume-Uni, Belgique et Italie - qui représentent une production annuelle cumulée d'environ une mégatonne sèche. Ce passage en revue devrait conduire à un partage de connaissances, une rationalisation des méthodes, et ouvrir la voie à une optimisation technico-économique des différentes usines, notamment en minimisant leur consommation d'énergie globale tout en ajustant la qualité et la granulométrie des poudres au plus près des besoins de leurs clients.

*Imerys is one of the major players in the production of calcium carbonate powders and slurries in Europe. For various reasons, of which historical ones, mineral processing operations - grinding, drying and separation, use different equipments and operating conditions from one plant to the other.*

*My mission for Imerys consists, through systematic process and performance analyses, in highlighting the possible operational savings for each plant. It involves several steps :*

- a. A literature review and a synthesis of the knowledge for each unit operation used in the production of calcium carbonate powders*
- b. For each of the plants concerned, an analysis of the key physico-technical parameters of the successive steps of production of carbonate powders*
- c. The implementation of data collection and on-site visualization tools, to set new control loops*
- d. The benchmark of production data from the different plants, in view of improving the operating conditions of their processes and their management*
- e. The synthesis, via a consolidated action plan for Europe, of actions to be undertaken to make energy savings.*

*Six European plants are investigated, in France, Sweden, United Kingdom, Belgium and Italy respectively, which correspond to a global annual production of about one dry megaton. Their benchmark aims at a better knowledge management, a streamlining of processes, and a better capability of plants to both minimize their global energy consumption and suit at best their customers requirements, for example on the size distribution of powders.*

**IMERYS**  
Villiers-sous-Saint Leu



Basile  
BERTRAND

15h-16h

## Analyse et Amélioration Continue de l'Expérience Client

### *Analysis and management of Customer Experience*

Sanofi est la troisième entreprise pharmaceutique au niveau mondial, avec une présence forte, croissante et non concurrencée par les médicaments génériques, sur le marché des médicaments sans ordonnance (Doliprane, Lysopaine, Maalox, Magnésb6...). Actuellement, elle oriente aussi ses activités vers la médecine de spécialité. Simultanément, elle fait évoluer son organisation interne, en passant d'une organisation par pays à une organisation par produit.

Le département Supply Chain France de Sanofi est composé d'environ 500 personnes qui travaillent d'un bout à l'autre de la chaîne d'approvisionnement en médicaments. Il a trois grandes missions :

- fournir aux patients les médicaments dont ils ont besoin lorsqu'ils en ont besoin ;
- permettre la croissance pour toutes les Global Business Units (GBUs), en leur offrant un avantage concurrentiel dans le service, l'inventaire, le coût et la mise en place rapide sur le marché ;
- développer des rapports privilégiés avec ses clients et distributeurs.

Mon stage se rapporte à cette dernière activité, et concerne l'amélioration continue de «l'Expérience Client», c'est-à-dire l'analyse de l'ensemble des dossiers de litiges sur l'approvisionnement des clients: nature, dosage et nombre de produits, délais de livraison. Il s'agit à la fois de mettre en oeuvre un logiciel interne de traitement et classification de ces litiges et un logiciel de visualisation interactive des données. Le département pourra s'appuyer sur cette analyse structurée et plus accessible pour émettre des propositions d'amélioration et d'évolution dans la chaîne du réseau Sanofi.

*Sanofi is the third worldwide pharmaceutical company. It has become one of the world's leading non-prescription drugs, with strong brands (Doliprane, Lysopaine, Maalox, Magnesb6...) in a market that is growing and not competing with generic drugs. Nowadays, the company also moves towards specialty medicine. At the same time, Sanofi is shifting from an organization per country to an organization by product.*

*In its Supply Chain France Department, about 500 persons work across the end-to-end Supply Chain channel. The Department has three main targets :*

- «Empower life» : ensuring that the patients who rely on Sanofi medicines and vaccines get what they need, when they need it*
- Enable business growth, across all the GBUs, by delivering a competitive advantage in Service, Inventory, Cost and Speed to Market ;*
- Be the preferred partner for its customers and distributors.*

*My study is related to this last target and concerns the improvement of Customer Experience, i.e. the management of the whole set of customers claims about medicines supply. I developed a first tool for claims processing based on an internal software, and implemented a second software for interactive data visualization. This analysis of customers claims will allow a better understanding of their trends, and is expected to highlight possible improvements or changes on the Sanofi global network channel.*

**SANOFI**  
Gentilly

# SCIENCES ET GÉNIE DES MATÉRIAUX



Les sociétés se sont toujours définies par les matériaux qu'elles maîtrisent et les techniques qu'elles utilisent pour leur donner une fonction. Ce qui était vrai à l'âge du Fer l'est tout autant aujourd'hui à l'âge du Silicium (nouvelles technologies de l'information et de la communication).

La maîtrise des matériaux, de leur élaboration, de leur mise en forme, de leurs propriétés est aujourd'hui, plus que jamais, au cœur du développement de nos sociétés : les nouveaux matériaux pour l'automobile qui permettent d'accroître la sécurité tout en allégeant le véhicule, la miniaturisation des microprocesseurs, les fils textiles "antiboulochage", les mâts des voiliers de la "Route du Rhum", les implants cardiaques...

L'élaboration et la mise en forme des matériaux représentent un secteur économique extrêmement important : de

très grandes entreprises multinationales, mais également des PME extrêmement dynamiques. Les propriétés d'emploi des matériaux sont un enjeu décisif dans tout le secteur aval (automobile - aéronautique - électroménager - biens de consommation - électronique).

Au sein de l'option, les sujets traités concernent tous les types de matériaux, métaux et alliages métalliques, polymères, matières agroalimentaires, verres, céramiques, composites...

Les thèmes traités recouvrent la mise en œuvre, la micro-structure, les propriétés et les performances des matériaux. Certains sujets sont plus centrés sur l'analyse physico-chimique des matériaux, d'autres sur la simulation numérique de leur mise en œuvre et de leurs propriétés.

**Anne-Françoise GOURGUES**  
**Michel BELLET**

# MATERIALS SCIENCES AND ENGINEERING



*Human societies have always been defined by the materials they master, and the techniques they use to functionalize them. From iron to silicon ages, the control of the elaboration of the materials, of their processing and resulting properties have been at the heart of the development of the society: new materials for automotives, allowing an increased safety while minimizing weight; for electronic microchips; for smart textiles; for heart implants... The elaboration and processing of materials constitute an important economic activity, involving very big international companies, but also dynamic small enterprises. In service properties of materials are key features in all the downstream activity: automobile, aeronautics, domestic appliances, electronics. In the Materials specialty at Mines, the issues addressed cover all types of materials: metals and alloys, polymers, food stuff, glass, ceramics, composites... Thematics encompass processing*

*and shaping, microstructural evolutions, properties characterization. Some projects are more focused on physical and chemical analyses, others on numerical modelling.*

**Anne-Françoise GOURGUES**  
**Michel BELLET**





# SYSTÈMES DE PRODUCTION ET LOGISTIQUE

Ces trente dernières années, la compétition sur nos marchés et l'apparition de nouveaux concurrents des pays émergents, ont profondément changé la nature de la performance industrielle et logistique. Ces démarches de gestion sont devenues des facteurs majeurs de la compétitivité par leurs impacts sur les coûts, la qualité, les délais,...

Ces démarches ne se traduisent pas seulement par l'utilisation de nouvelles technologies basées sur l'automatique et l'informatique, mais également par de nouvelles approches visant à concevoir, à piloter et à évaluer les unités industrielles et leur chaîne logistique, soumises à des contraintes croissantes et à des objectifs de plus en plus antagonistes. Il s'agit dorénavant de gérer des compromis entre la diversité

produit offerte, le niveau de qualité attendu par les marchés, les coûts de revient et des délais courts pour faire face à une concurrence internationale qui s'intensifie chaque année. L'option «Systèmes de Production et Logistique» (SPL) a pour objectif pédagogique d'étudier les composantes relatives à la productivité industrielle. Il s'agit de maîtriser les concepts et les outils techniques et gestionnaires sur lesquels s'appuient ces nouveaux systèmes et de préparer les futurs ingénieurs à leur utilisation, notamment, lors de leur étude de troisième année menée sur un terrain industriel dont vous trouverez les résumés ci-après. Cette étude leur a permis de comprendre comment la mise en œuvre et l'efficacité de tels systèmes reposaient sur des structures

industrielles et logistiques adaptées ainsi que sur des modèles cohérents de management des hommes.

L'étude des nouveaux outils et des conditions de leur mise en œuvre constitue un parti original de l'Option SPL, entièrement tournée vers les problèmes concrets de production et de logistique. Elle offre aux élèves-ingénieurs une capacité de réflexion pluridisciplinaire (technique, gestionnaire, humaine, économique) et internationale sur les réalisations et les transformations industrielles et logistiques actuelles.

**Eric BALLOT, Frédéric FONTANE,  
Shenle PAN, Simon TAMAYO**





# PRODUCTION SYSTEMS AND LOGISTICS



*The last thirty years, the competition in our markets and the emergence of new competitors from developing countries, have profoundly changed the nature of the industrial and logistics performance. These management approaches have become major factors of competitiveness by their impact on costs, quality, lead times, ...*

*These approaches do not involve only the use of new technologies based on automatic and computer science, but also new approaches to design, manage and evaluate industrial units and their supply chains, due to increasing constraints and objectives increasingly antagonistic. It now implies to manage trade-offs between offered product diversity, the level of quality expected by the markets, production costs and short*

*lead time to face international competition which intensifies each year. The «Production and Logistics Systems» curriculum aims to study the various components of industrial productivity. As future engineers they have to master the concepts, techniques and tools which rely on these new systems to prepare their use, especially during their third year of study of an industrial problem which you will find abstracts below. This study enabled them to understand how the implementation and effectiveness of such systems were based on adapted industrial and logistics structure as well as consistent models of men's management.*

*The study of new tools and conditions of their implementation is an original part of the Production and Logistics Systems curricu-*

*lum, fully oriented towards actual problems and solutions of production and supply chain. It offers to the students a capacity of multidisciplinary analysis (technical, managerial, human, economic) at an international level about the achievements and current industrial and logistical changes.*

**Eric BALLOT, Frédéric FONTANE,  
Shenle PAN, Simon TAMAYO**

**SYSTÈMES DE PRODUCTION ET LOGISTIQUE**  
**PRODUCTION SYSTEMS AND LOGISTICS**  
Septembre *September*





60 boulevard Saint-Michel  
75272 Paris cedex 06  
Tél. 01 40 51 90 00  
Fax 01 40 51 90 98

[www.mines-paristech.fr](http://www.mines-paristech.fr)