

# INNOVATION TECHNOLOGIQUE

**Thierry Rayna**

thierry.rayna@polytechnique.edu

**Thomas Clausen**

thomas.clausen@polytechnique.edu

## Contexte et objectifs

La technologie est souvent le point de départ des grandes innovations, mais force est de constater que la construction de ruptures à fort impact se joue rarement uniquement sur le terrain technologique.

Ainsi, que ce soit pour les grands groupes ou les startups, l'avancée technologique ne suffit pas à garantir le succès.

Et le chemin qui consiste à convertir une découverte scientifique ou un développement technologique en une nouvelle activité ou un projet de startup est long, passionnant, et comporte de nombreuses questions qui sont nouvelles pour l'ingénieur ou le scientifique.

Le succès ne vient pas toujours à celui, petit ou grand, nouvel entrant ou acteur en place, qui possède la meilleure technologie ou la meilleure offre, mais à celui qui saura combiner l'ensemble des leviers d'actions pour avancer plus vite et construire un avantage concurrentiel pérenne.

*Au cœur de ce processus se trouvent 2 questions:*

- › L'exploration de territoires d'innovation, la compréhension de nouveaux usages, s'appuyant sur des méthodes de conceptions, telles que C-K, le Design Thinking. Ceci intègre également les approches « ouvertes » dites d'open innovation ou de cocréation, impliquant tant des acteurs externes, que des clients et consommateurs.
- › La réflexion stratégique et la construction des « business models » pertinents. Ces questions concernent tant les startups que toute organisation qui cherche à innover, et elles jouent un rôle central dans l'atteinte (ou non) du succès futur.

L'objectif de ce PA est donc d'apporter aux étudiants les bases conceptuelles et méthodologiques pour comprendre la démarche de l'innovateur, les challenges associés, et pouvoir ainsi affiner le choix de « spécialisation » de 4A, fort de cette exposition en profondeur au sujet.

## Structure du PA Innovation Technologique

Le PA-IT propose un choix de 6 spécialisations scientifiques

- › Big Data et systèmes d'information.
- › Biomedical Engineering.
- › Electrical Engineering.
- › Matériaux innovants.
- › Mechanical Engineering.
- › Modélisation mathématique en ingénierie.

Ainsi, chaque étudiant du PA-IT est amené à choisir une spécialisation scientifique, ce qui lui permet de développer une double expertise en sciences « dures » et en management de l'innovation et des ruptures technologiques.

## Débouchés

### À l'international

- › Un Master of Science d'approfondissement lié à la spécialisation scientifique choisie :
  - Par exemple, pour la spécialisation « Big Data/Systèmes d'info » : MSc Data Science à *Columbia*, *UCL* ou *EPFL*, Master of Information and Data Science à *Berkeley*, M.S. in Statistics : Data Science à *Stanford*, MSc Advanced Computing à *Imperial College*, MSc Business Analytics à *Imperial College* ou au *MIT*.

- › Un Master of Science en Management de l'Innovation et/ou Entrepreneuriat :
  - Par exemple : MSc Innovation, Entrepreneurship and Management à *Imperial College*, Master Management, Technology and Entrepreneurship à *EPFL*, MSc Technology Entrepreneurship à *UCL*, MSc Management and Strategy à la *LSE*.

### En France

- › Le Master Projet, Innovation, Conception (PIC) (présenté p. 98)
- › Les programmes offerts par Mines ParisTech, Ponts ParisTech, ENSTA ParisTech, ISAE-Supaéro, IFP School, ENSAE ParisTech, HEC.

## Organisation

Le PA-IT combine des cours de spécialisation scientifique avec des cours de management de l'innovation et entrepreneuriat. La répartition entre ces deux types de cours dépend essentiellement des débouchés envisagés :

- › Les étudiants envisageant une **quatrième année en sciences « dures »** doivent choisir **cinq blocs** (cours ou EA) dans une **spécialisation scientifique** et **trois blocs** (cours ou EA) de **management de l'innovation et entrepreneuriat**.
- › Les étudiants envisageant une **quatrième année** dans un **curus pluridisciplinaire** (de type management des technologies et de l'innovation, entrepreneuriat) peuvent choisir **quatre blocs** (cours ou EA) de **spécialisation scientifique** et **quatre blocs** (cours ou EA) de **management de l'innovation et entrepreneuriat**.

- › Les étudiants qui le souhaitent peuvent également se construire une **double compétence** de type « double majeure » au moyen de cours supplémentaires en **spécialisation scientifique** ou **management de l'innovation et entrepreneuriat** (par exemple, cinq blocs de spécialisation scientifique et quatre blocs de management de l'innovation et entrepreneuriat, cinq blocs de chaque type, etc.)

**De préférence, trois blocs** (deux cours et 1 EA ou trois cours) de **spécialisation scientifique** doivent être choisis en P1.

# PROGRAMME MIE



Le parcours « Management de l'innovation et des ruptures technologiques » se destine plus particulièrement aux étudiants souhaitant à terme rejoindre un grand groupe, mais les compétences développées sont tout aussi utiles au sein de startups et de jeunes entreprises.

En effet, le parcours « Management de l'innovation et des ruptures technologiques » a pour objectif de compléter et mettre à profit l'expertise acquise dans le cadre de la spécialisation scientifique, pour que les étudiants sachent élaborer et développer des stratégies d'innovation effectives permettant d'anticiper, voire de provoquer, les ruptures technologiques.

*Pour ce faire, le parcours « Management de l'innovation et des ruptures technologiques » se base sur les principes suivants :*

› Une approche « hands-on » et « problem-based » afin de stimuler l'apprentissage au moyen de cas d'entreprises réelles, notamment dans le cadre de projets réalisés en collaboration avec des entreprises en situation de rupture technologique.

› L'acquisition d'outils pratiques permettant de conduire un diagnostic des stratégies d'innovation et des « business models », et d'identifier des opportunités d'innovation.

› L'apprentissage de méthodes d'exploration permettant d'anticiper les ruptures et changements radicaux pouvant survenir dans l'environnement de l'entreprise.

› Une approche « Applied Research », impliquant les dernières recherches en Sciences de Gestion appliquées à des cas concrets, avec des cours et ateliers animés par les chercheurs du i3-CRG (UMR CNRS 9217), qui sont, ou ont été, « visiting professor » au M.I.T., Imperial College London, LSE, University of Oxford, University of Michigan, Stanford et Harvard, etc.

# COMPOSITION du programme



## Période 1

*1 cours au choix parmi*

- › **MIE554** – Business Models in the Digital Era\*
- › **MIE556** – Introduction to Marketing and Strategy
- › **MIE557** – Gestion financière pour l'entrepreneur
- › **MIE577 [EA]** – Stratégie des organisations et développement durable

## Période 2

*2 cours au choix parmi*

- › **MIE561** – Méthodologie d'exploration des domaines d'innovation : application à des problématiques sociétales
- › **MIE562** – Case Studies on Innovation
- › **MIE563** – Design Thinking Prototypage – FabLab\*
- › **MIE564** – Technology-based Entrepreneurship and New Business Creation
- › **MIE567** – Corporate Finance for the Entrepreneur

*\* Ces cours peuvent être comptabilisés comme EA.*

*Possibilité de suivre un cours Management de l'Innovation et Entrepreneuriat à la place d'un cours de spécialisation pour des débouchés en management de l'innovation et des technologies (voir explications ci-dessus)*

### Obligation de suivre un des séminaires MIE ci-dessous :

*Un séminaire MIE de socle commun*

- › MIE511A – Innover et Entreprendre dans un monde numérique-Business Model
- › MIE512A – Management de la R&D et globalisation
- › MIE512B – Stratégies d'entreprise et formes complexes de concurrence
- › MIE512C – Data marketing et expérience client
- › MIE513B – Management de projet
- › MIE514A – Financement des startups (X/HEC) (P1, lundi 18h15)
- › MIE514B – Du résultat de la recherche à l'innovation : de Nature au Nasdaq
- › MIE515A – Développement durable et transition énergétique
- › MIE515B – L'entreprise et ses «stakeholders»quelles interactions?
- › MIE515C – Innovation et santé

# SPÉCIALISATION

## Big Data et Systèmes d'Information



Thomas Clausen  
thomas.clausen@polytechnique.edu

L'évolution récente des systèmes de traitement et le développement des infrastructures matérielles – avec les réseaux – et logicielles – avec le Web et le Cloud – a conduit à repenser fondamentalement l'organisation des systèmes informatiques des entreprises ainsi que la méthodologie de traitement des données. Un nouveau concept – le Big Data – s'est peu à peu imposé qui révolutionne la notion de système d'information.

Le traitement de ces données utilise les méthodes classiques d'optimisation, mais aussi fait appel à de nouveaux concepts comme l'apprentissage et la fouille de

données (supervised Learning, datamining, text mining, retrieval, etc.).

### Prérequis conseillé

Un minimum de cours d'informatique en 2A semble nécessaire (un niveau équivalent à INF371/INF361 + INF411 est requis).

### Choix de cours

La spécialisation « Big Data et Systèmes d'Information » offre deux options: « Réseau » et « Big Data »:

# COMPOSITION

## de la spécialisation



### Option Big Data

#### Période 1

*Cours obligatoires*

- › **INF553** – Database Management Systems
- › **INF557** – From the Internet to the IoT: Fundamentals of Modern Computer
- › **INF559** – Architecture des ordinateurs et systèmes d'exploitation

#### Période 2

*Cours obligatoires*

- › **INF566** – From Fundamentals to Reality: How the Internet Really Works, and How to Make it Better
- › **MAP569** – Machine Learning II

*Cours supplémentaire optionnel*

- › **MAP583** – Data Camp

### Option Réseau

#### Période 1

*Cours obligatoires*

- › **INF557** – From the Internet to the IoT: Fundamentals of Modern Computer
- › **INF559** – Architecture des ordinateurs et systèmes d'exploitation

#### Période 2

*Cours obligatoires*

- › **INF566** – From Fundamentals to Reality: How the Internet Really Works, and How to Make it Better
- › **MAP569** – Machine Learning
- › **INF586** – Network Security

*Cours supplémentaire optionnel*

*(choix fortement recommandé d'au moins un cours parmi ces deux)*

- › **INF586** – Network Security
- › **INF558** – Introduction to Cryptology

# SPÉCIALISATION

## Biomedical Engineering



**Abdul Barakat**

abdul.barakat@polytechnique.edu

Cette spécialisation scientifique combine la biologie avec la mécanique et/ou la physique, avec comme but final les technologies pour la santé, comme par exemple les implants et les organes artificiels, l'ingénierie tissulaire, ou les technologies de diagnostic médical.

### Débouchés

Débouchés envisageables dans des masters de biophysique, biomécanique, bio-médical engineering, micro-fluidique, ou micro/biotechnologies, en France ou à l'étranger.

### Prérequis conseillé

Un ou plus des cours suivants:  
MEC432 – Mécanique des fluides  
BIO451 – La cellule unité du vivant.

# COMPOSITION

## de la spécialisation



### Période 1

- › **MEC550** – Biofluid Mechanics and Mass Transport
- › **PHY557** – Surfaces Molles
- › **PHY552B** – Physique des objets biologiques : du nanomètre au micron

#### *EA au choix*

- › **BI0571B** – Travaux expérimentaux en imagerie quantitative
- › **MEC574** – Biomimétique

### Période 2

- › **PHY565** – Physique de la cellule : polymères, membranes et gels actifs
- › **BI0565** – Biophotonique et applications
- › **MEC569** – Mécanique cellulaire et subcellulaire

#### *EA*

- › **MEC/BIO586** – Biomechanics in Health and Disease

# SPÉCIALISATION

## Biomedical Engineering



Yvan Bonnassieux  
yvan.bonnassieux@polytechnique.edu

Cette spécialisation scientifique se propose de fournir à chaque élève une vision cohérente des champs de l'Electrical Engineering ainsi que les compétences et connaissances pour poursuivre sa formation en M2, que ce soit en France ou dans les meilleures universités mondiales.

Il vise également à donner les fondamentaux professionnels du métier d'ingénieur dans les grands domaines actuels et futurs des hautes technologies lié à la micro et nanoélectronique.

Pas de prérequis pour cette spécialisation scientifique

# COMPOSITION

## de la spécialisation



### Période 1

*Cours obligatoires*

› **PHY559A** – Conception de circuits intégrés numériques et analogiques

*EA au choix*

› **INF557** – From the Internet to the IoT : Fundamentals of Modern Computer

› **MAP555** – Signal Processing

› **PHY559B** – Power electrical Engineering

› **PHY573A** – EA Conception expérimentale électronique

› **PHY573B** – EA Ecrans plats et électronique flexible

### Période 2

*Cours obligatoires*

› **PHY567** – Physique des composants semi-conducteurs

*EA au choix*

› **PHY564A** – Open Electronic : From Arduino, Raspberry Pi, to Internet of Things

› **PHY564B** – Nanomaterials and electronics

› **PHY564C** – Optoelectronics

› **PHY564D** – EA Sensors and Transducers : from Macro to Nano

› **PHY581C** – EA Projets expérimentaux : microélectronique et nanotechnologie

› **INF567** – Wireless Networks: from Cellular to Connected Objects

# SPÉCIALISATION

## Matériaux Innovants



Thierry Gacoin

thierry.gacoin@polytechnique.edu

Ce parcours est destiné aux élèves intéressés par le domaine des matériaux et leurs applications, que ce soit dans le domaine des technologies avancées, pour le développement durable ou à l'interface avec la santé. Il vise à donner les compétences de base permettant de comprendre les tendances actuelles de ce domaine très actif, au centre de nombreuses problématiques liées à l'innovation.

### Débouchés

Débouchés possibles en M2 innovation (IES), Master de Chimie en France ou à l'étranger.

Pas de prérequis pour cette spécialisation scientifique

# COMPOSITION

## de la spécialisation



### Période 1

*Choix obligatoire entre deux cours*

- › **CHI551** – Chemistry & Magnetism: from MRI to quantum computers
- › **PHY552A** – Quantum Physics of Electrons in Solids

*Autres cours au choix*

- › **CHI554** – Oxide materials for emerging technologies
- › **PHY557** – Surfaces molles

*EA au choix*

- › **PHY570** – Materials design
- › **MEC576** – Design des technologies innovantes

### Période 2

*Cours au choix*

- › **CHI564** – Chemical Engineering
- › **PHY563** – Materials for Energy Conversion & Storage

*EA au choix*

- › **PHY582** – Current Trends in Materials Science
- › **MEC589** – Matériaux intelligents : modélisation multiéchelle et applications

# SPÉCIALISATION

## Mechanical Engineering



Charles Baroud

charles.baroud@polytechnique.edu

Ce parcours est destiné aux élèves intéressés par le génie mécanique, par exemple pour la robotique, le « manufacturing », ou l'automobile. Débouchés possibles en M2 innovation (IES), Master de Mechanical Engineering à l'étranger, Master spécialisé en ingénierie.

### Prérequis conseillé

Un cours de mécanique en année 2 (MEC431, MEC432, ou MEC434). Certains cours ont des prérequis spécifiques.

# COMPOSITION

## de la spécialisation



### Période 1

*Cours au choix*

- › **MEC551** - Plasticité et rupture
- › **MEC555** - Instabilities and Turbulence
- › **MEC556** - Ondes et vibrations
- › **MEC559** - Mechanics for Wind Energy

*1 EA obligatoire*

- › **MEC576** - Design des technologies innovantes

### Période 2

*Cours au choix*

- › **MEC560** - Propulsions
- › **MEC561A** - Interactions fluide-structure
- › **MEC563** - Physique du Sport
- › **MEC564** - Écoulements non inertiels et rhéologies complexes
- › **MEC 589** - Matériaux intelligents : modélisation multi-échelles et applications

# SPÉCIALISATION

## Modélisation mathématique en ingénierie



**Erwan Le Penne**  
erwan.le-pennec@polytechnique.edu

Cette spécialisation scientifique a pour but de donner aux étudiants un bagage suffisant et assez large dans des thématiques de mathématiques appliquées particulièrement utilisées dans l'industrie.

Ce parcours peut ensuite déboucher sur des formations de type Master 2 de mathématiques appliquées en lien avec le parcours suivi.

L'École polytechnique est cohabilitée avec plusieurs établissements proposant de telles formations.

### Prérequis conseillé

Il est fortement conseillé d'avoir suivi certains cours pour cette spécialisation: MAP431 ou MAP411 pour un choix de cours plus « déterministe » et MAP432 ou MAP433 pour un choix de cours plus « aléatoire ».

# COMPOSITION

## de la spécialisation



### Période 1

*3 modules au choix*

- › **MAP553** – Apprentissage statistique et estimation non paramétrique
- › **MAP555** – Signal Processing
- › **MAP557** – Recherche opérationnelle : aspects mathématiques et applications
- › **INF554** – Machine Learning I

*1 EA*

- › **MAP511** – Projet d'approfondissement de Mathématiques Appliquées

### Période 2

*2 modules au choix*

- › **MAP561** – Control : Basic Concepts and Applications in Mechanics
- › **MAP566** – Statistics in action
- › **MAP569** – Machine Learning II

*1 EA*

- › **MAP512** – Projet personnel de Mathématiques Appliquées

# SPÉCIALISATION

## Énergies du XXI<sup>e</sup> siècle



Patrick Le Tallec  
patrick.letallec@polytechnique.edu

L'objectif de cette spécialisation est l'acquisition des concepts scientifiques essentiels dans le développement et la gestion des énergies, notamment dans le développement des énergies dites « non fossiles » comme par exemple l'énergie nucléaire ou les énergies renouvelables.

Elle est par nature pluridisciplinaire et combine des cours plus tournés vers la présentation générale des enjeux du secteur avec des cours et approfondissement plus orientés vers la production d'énergies non fossiles.

# COMPOSITION

## de la spécialisation



### *1 cours obligatoire au choix*

- › **PHY555** - Energy and environment (P1)
- › **EC0564** - Economics of energy sectors (P2)

### *2 cours obligatoire au choix*

- › **PHY558B** - Photovoltaics Solar Energy (P1)
- › **MEC559** - Mécanique pour l'Eolien (P1)
- › **MEC566** - Applications de la Mécanique des Fluides dans le domaine de l'énergie (P2)
- › **PHY563** - Material Science for energy conversion and storage (P2)

### *1 EA obligatoire au choix*

- › **MEC573** - Potentiel éolien, solaire hydraulique (P1)
- › **PHY579** - Physique de la conversion directe et du stockage de l'énergie (P1)
- › **PHY586** - Technologie des réacteurs nucléaires et cycle du combustible (P2)
- › **MEC583** - Projects in solar and wind energy (P2)

# PROGRAMME IT



## Stages de recherche

Les stages de recherche ont lieu en P3. Les étudiants suivants le PA-IT ont le choix entre les stages de recherche suivants :

### Orientation

#### Spécialisation scientifique

- › BIO591 – Biologie et écologie.
- › INF591 – Informatique.
- › MAP591 – Image et Signal.
- › MAP592 – Modélisation et calcul scientifique.
- › MAP593 – Automatique et Recherche Opérationnelle.
- › MAP594 – Modélisation probabiliste et statistique.
- › MEC592 – Mécanique des matériaux et des structures.
- › PHY593 – Semi-conducteurs et composants.
- › MEC597/PHY597 – Énergies.

### Orientation

#### Management de l'innovation et entrepreneuriat

- › MIE591 – Analyses de l'entreprise
- › MIE592 – Stratégie d'innovation et conception.
- › MIE594 – Startup Early Stage.

## Master PIC Project, Innovation, Conception

Ce programme de Master 2, opéré par l'École polytechnique depuis 2001, a déjà formé plus de 400 professionnels, acteurs du monde de l'innovation dans le monde entier et dans l'ensemble des secteurs.

Que vous souhaitiez devenir consultant en stratégie dans les plus grands cabinets, chef de projet de R & D sur les sujets les plus pointus, fonder une entreprise technologique dans le développement durable... le master PIC vous enseignera les fondamentaux de l'organisation innovante, et vous amènera à pratiquer l'innovation directement en entreprise.

Ce programme est construit autour d'une formule éprouvée :

- › L'alliance avec des institutions reconnues : Mines ParisTech, HEC, Télécom-ParisTech, l'ENSTA et l'Université de Paris Dauphine.
- › Une professionnalisation continue : incarnée par les projets PIC en entreprise, qui sont la colonne vertébrale du cursus.

- › Un accompagnement personnalisé : dont le tutorat bipartite (1 enseignant-chercheur + 1 tuteur opérationnel en entreprise).
- › Des enseignements basés sur des études de cas.
- › Des partenariats actifs avec plus de 30 entreprises chaque année

Pour plus d'information :  
<http://masterpic.fr>