

# Courses taken

Thomas O. Da Costa

More than 110 courses taken, for nearly 470 ECTS.

## Relevant courses

Economics of Biodiversity and Ecosystem Services . . . . .	5
Ecological Economics . . . . .	5
Ecology: Species Interactions, Biodiversity and Society . . . . .	6
Fundamental Concepts in Ecology, Evolution, and Behavior II . .	6
Modeling Development and the Ecological Transition . . . . .	6
Ecological Transition Economics . . . . .	7
Advanced Natural Resources Economics . . . . .	7
Introduction to Ecology and Biodiversity Sciences . . . . .	7
Environments and Policies . . . . .	7
Anthropology of Nature . . . . .	8
International Trade and the Environment . . . . .	8
Climate Change and Human Health . . . . .	9
Climate Change: Science, Society, Policy . . . . .	9
Common Agricultural Policy and US agricultural policy: Evolution and perspectives . . . . .	10
Analysis and Algebra II . . . . .	10
Calculus . . . . .	11
Partial differential equation I & II . . . . .	11
Mathematical and numerical methods for mechanics . . . . .	12
Management and processing of environmental data . . . . .	13
Causal statistics for treatment models . . . . .	13

<b>1 SOCIAL SCIENCES</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Economics</b>	<b>15</b>
Advanced Econometrics	15
Advanced natural resources economics	15
Behavioral and Neural Economics	16
Causal statistics for treatment models	17
Computable general equilibrium modeling	18
Decision Science	18
Ecological economics	19
Ecological transition economics	19
Econometrics II	19
Economics and management of biodiversity and ecosystem services	20
Economics of public policy	21
Economics of risk and uncertainty	21
Environmental and natural resource economics	22
Forestry and wood economics	22
Growth and Climate Change	23
International trade and the environment	23
Introduction to environmental economics	24
Macroeconomics	24
Microeconomics	25
Modeling development and the ecological transition	25
Prospective modeling	26
Sustainable growth and degrowth	26
Quantitative Macroeconomics	27
<b>1.2 Sociology and Political Science</b>	<b>28</b>
Anthropology of Nature	28
Climate Change: Science, Society, Policy	28
Climate Change and Human Health	29
Climate negotiations, Climate geopolitics and COP	29
Common Agricultural Policy and US agricultural policy: Evolution and perspectives	30
Environments and Policies	30
Introduction to the governance, sociology and economics of research	31
Labor and Democracy	31
Political Ecology	31
Public policy and environmental law	32
Sociology of alternative agrofood systems and innovation	32
Sociology of public action	33
The engineer in the city between Science and Action - Sociology	34
<b>1.3 Cognitives Sciences</b>	<b>35</b>
Cognitive Neurosciences	35
Cognitive Sciences in Real World	35
Computational Neuroscience	36
Doing litterature reviews like a pro	37
Introduction to Cognitive Neurosciences	37

Introduction to Evolutionary Anthropology . . . . .	37
Methods in Neuroimaging . . . . .	38
Methods in Psychological Sciences . . . . .	38
Modeling Brain, Mind and Behavior . . . . .	40
Psychology and Public Policy . . . . .	41
Science: Curiosity, Communication, and Trust . . . . .	41
Social Cognition: Brain and Psychology . . . . .	42
Visual Perception . . . . .	44
<b>1.4 Law and Management . . . . .</b>	<b>45</b>
Ecological accounting . . . . .	45
Economical study of environmental issues & environmental strategy	45
Environmental management and enterprises . . . . .	45
Financial analysis . . . . .	46
Food banks . . . . .	46
Investment choices (investor's point of view) . . . . .	47
Project evaluation (impact on society) . . . . .	48
The engineer in the city between Science and Action - Law . . .	48
<b>2 EXACT SCIENCES, NATURAL SCIENCES AND ENGINEERING SCIENCES . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>2.1 Computer Science and Modeling . . . . .</b>	<b>49</b>
Computational Neurosciences Methods . . . . .	49
Data Sciences . . . . .	49
Machine Learning for Cognitive Sciences . . . . .	50
Mathematical and numerical methods for mechanics . . . . .	50
Management and processing of environmental data . . . . .	51
Modeling project . . . . .	52
Programming for Cognitive and Brain Sciences . . . . .	52
Programming for scientific computing . . . . .	52
<b>2.2 Mathematics . . . . .</b>	<b>54</b>
Analysis and Algebra II . . . . .	54
Calculus . . . . .	54
Data science: statistical learning . . . . .	55
Partial differential equation I . . . . .	55
Partial differential equation II . . . . .	56
Vector analysis and multiple integrals . . . . .	56
<b>2.3 Environmental Sciences, Ecology and Evolutionary Biology . . . . .</b>	<b>58</b>
Agroforestry . . . . .	58
Colloquium on the Biology of Populations . . . . .	58
Ecology: Species Interactions, Biodiversity and Society . . . . .	59
Fundamental Concepts in Ecology, Evolution, and Behavior II . .	59
Introduction to Ecology and Biodiversity Sciences . . . . .	59
Permaculture . . . . .	60
Scientific and technical basis of ecological engineering . . . . .	60
The major challenges of the ecological transition . . . . .	62

<b>2.4 Physics and Mechanics . . . . .</b>	<b>63</b>
Analytical Mechanics . . . . .	63
Autonomous project . . . . .	64
Concepts and Methods in Physics . . . . .	64
Continuum Mechanics . . . . .	66
Elastic structures . . . . .	67
Electromagnetism and electrokinetics . . . . .	67
Elements of analytical mechanics . . . . .	68
Energy and Entropy . . . . .	68
Experimental physics I . . . . .	69
Experimental physics II . . . . .	70
Fluid Statics and Dynamics . . . . .	71
From Microscopic to Macroscopic . . . . .	72
Fundamentals of Continuum Mechanics . . . . .	72
Heat Transfers . . . . .	73
Introduction to astrophysics . . . . .	74
Introduction to Mechanics . . . . .	74
Mechanical and electronic systems: concepts and illustrations . . . . .	74
Optics and Electromagnetism . . . . .	75
Quanta and Relativity . . . . .	76
Quantum Mechanics . . . . .	77
Statics and Dynamics of Undefinable Solids . . . . .	78
Thermodynamics and Heat . . . . .	78
Waves . . . . .	79
<b>2.5 Chemistry . . . . .</b>	<b>80</b>
Chemistry: Structure and reactivity . . . . .	80
Introduction to technologies of Wastewater Treatment . . . . .	80
<b>3 HUMANITIES . . . . .</b>	<b>82</b>
<b>3.1 Philosophy . . . . .</b>	<b>82</b>
History and Philosophy of Science . . . . .	82
Introduction to philosophy of Cognitive Sciences . . . . .	82
<b>3.2 Foreign Languages . . . . .</b>	<b>84</b>
English Intermediate . . . . .	84
Hieroglyphic Egyptian . . . . .	84
Persian for Beginners . . . . .	84
Portuguese . . . . .	84
Portuguese for Beginners (A2) . . . . .	85
Power, gender, sexuality: an introduction to comparative cultural studies . . . . .	85
Russian for Beginners . . . . .	85
Spanish Intermediate . . . . .	85

## Economics of Biodiversity and Ecosystem Services

2 ECTS, 2025 | Miquel Oliu-Barton & Clément Féger, AgroParisTech

La première partie du cours portera sur les aspects théoriques sur la valeur de la nature et des services écosystémiques. Elle s'appuiera sur les sciences économiques au croisement des sciences écologiques, et sera basée notamment sur le rapport Dasgupta (2024).

La seconde partie de l'UE abordera les questions d'action et d'évaluation de la biodiversité en s'appuyant cette fois sur des approches ancrées en sciences de gestion. Cette approche gestionnaire inclura une présentation de différents modèles d'action collective pour la biodiversité, et des modèles d'affaires pour la biodiversité, et des "comptabilités écosystème-centrées".

## Ecological Economics

1.5 ECTS, 2024 | Harold Levrel, AgroParisTech

Le cours traitera des points suivants :

- Comment l'économie écologique est apparue en tant que nouveau courant de pensée ? Quels sont les points communs et les différences entre l'économie écologique et l'économie de l'environnement ?
- Quelles théories pour l'économie écologique (thermodynamique, résilience, co-évolution, cycles adaptatifs) ?
- Comment appréhender la diversité des critères normatifs et le pluralisme des valeurs ? Durabilité, efficacité, efficience, équité, viabilité
- Comment appréhender la capacité de charge et le renouvellement des potentialités écosystémiques ? Relations entre croissance démographique, croissance économique, limites de la planète, innovations techniques et institutionnelles
- Quels outils d'évaluation intégrée pour les politiques publiques ? Limite de l'analyse coût-bénéfices, analyse multi-critères, cartographie des services écosystémiques, modèles d'équivalence
- Quelle modélisation intégrée des systèmes complexes ?
- Quelles formes institutionnelles et organisationnelles pour opérer des transitions dans les trajectoires de développement des sociétés ?

## **Ecology: Species Interactions, Biodiversity and Society**

EEB321, 2025 | Robert M. Pringle, Princeton University

How do wild organisms interact with each other, their physical environments, and human societies? Lectures will examine a series of fundamental topics in ecology—herbivory, predation, competition, mutualism, species invasions, extinction, climate change, and conservation, among others—through the lens of case studies drawn from all over the world. Readings will provide background information necessary to contextualize these case studies and clarify the linkages between them. Laboratories and fieldwork will explore the process of translating observations and data into an understanding of how the natural world works.

## **Fundamental Concepts in Ecology, Evolution, and Behavior II**

EEB504, 2025 | Shane C. Campbell-Staton, Gerald G. Carter, Lars O. Hedin, Bernard Y. Kim, Simon A. Levin, Robert M. Pringle, Mary C. Stoddard, Corina E. Tarnita, & Bridgett M. vonHoldt, Princeton University

An advanced foundation in ecology, focusing on the 50 fundamental papers, is given. Topics include dynamics and structure of populations, communities and ecosystems, and conservation biology.

## **Modeling Development and the Ecological Transition**

4 ECTS, 2024 | Antoine Godin, Guilherme Magacho & Étienne Espagne, Paris XIII

1. Finance-economic interactions, the importance of balance sheets and introduction to SFC modelling
2. Goodwin-based models 1: Goodwin and Goodwin-Keen
3. Integrating climate dynamics: IAMs and damage functions
4. Supply- and Demand-driven models with damage functions
5. The Ecological Transition as the emergence of a Technico-Economic Paradigm
6. Modelling Structural Change and Climate
7. Modelling Small Open Developing Economies
8. Transboundary Risks of Climate Change in a North-South Model

### **Ecological Transition Economics**

2 ECTS, 2024 | Harold Levrel, AgroParisTech

Ce cours aborde la question de la transition écologique du point de vue du vivant, d manière systémique : on s'intéresse à la transition par et pour le vivant.

### **Advanced Natural Resources Economics**

2 ECTS, 2024 | Julien Wolfersberger, AgroParisTech

- Economics of fishery resources
- Economics of deforestation
- Economics and conservation policies
- Energy, forest and climate change
- Economics of waste
- Mineral economy

### **Introduction to Ecology and Biodiversity Sciences**

2 ECTS, 2022 | Benoît Pérez-Lamarque, ENS Ulm

L'objectif du cours sera de présenter les concepts de base de l'écologie et des sciences de la biodiversité dont l'étude est essentielle pour avoir comprendre les enjeux de la crise écologique actuelle.

Les notions abordées porteront notamment sur le concept de populations, les interactions entre espèces et leur environnement et comment l'ensemble façonne la stabilité et le fonctionnement des écosystèmes. Cette introduction sera également l'occasion d'étudier les différentes perturbations d'origine anthropique qui pèsent actuellement sur les écosystèmes et menacent la biodiversité.

### **Environments and Policies**

1.5 ECTS, 2024 | Cécile Blatrix, AgroParisTech

- Maîtriser les enjeux théoriques et politiques des débats philosophiques et éthiques autour de l'environnement.
- Retracer les conditions de prise en charge des enjeux environ-

nementaux par les partis politiques dans le cadre des démocraties représentatives.

- Connaissance des acteurs de la défense de l'environnement et leur rôle dans l'action publique, avec une double entrée : par le champ des ONG environnementales d'une part ; par l'analyse des grandes mobilisations environnementales ("historiques" et plus récentes).
- Initier aux concepts et méthodes de l'analyse des mouvements sociaux.
- Initier aux concepts et méthodes issus des relations internationales et du droit international de l'environnement.

### Anthropology of Nature

< 1 ECTS, 2023 | Céline Pessis, AgroParisTech

L'objectif de ce cours est de montrer aux étudiants la diversité des rapports que les sociétés entretiennent avec la nature et de repérer les diverses conceptions à l'œuvre dans nos sociétés contemporaines (la nature comme "*wilderness*", "biodiversité", "ressource/service", "vivant", ...). Étude de notions (sociologie/anthropologie) de "risques environnementaux", d'"inégalités environnementales" et de "savoirs locaux". Nous montrons que les relations d'exploitation, de protection, d'alliances, de travail, etc., que les hommes entretiennent avec les éléments naturels et vivants renvoient également à des façons de faire société et de distribuer les relations de pouvoir au sein de celle-ci, soit qu'elles sont des relations dynamiques et évolutives, générant des conflictualités et des inégalités.

### International Trade and the Environment

2 ECTS, 2024 | Clément Nedoncelle & Julien Wolfersberger, AgroParis-Tech

The course focuses on the relationship between environmental issues (emission levels, control instruments, exploitation of natural resources) and international trade. It presents the major conceptual approaches to international trade: the role of endowments, technology, and environmental policies in determining comparative advantage; the impacts of trade liberalization on environmental aggregates, openness to trade and overexploitation of natural resources; intra-industry trade and investment in abatement technologies, empirical analysis of environmental problems linked to globalization, the notions of composition, scale and technical effects; competitiveness effects and pollution havens; environ-

mental Kuznets curves; carbon leakage; international negotiations and consideration of trade/environment links in international agreements.

### Climate Change and Human Health

2 ECTS, 2021 | Rémy Slama & Kévin Jean, ENS Ulm

The aim of this PSL week is to provide an overview of the current state of questions and knowledge concerning the links between climate change and human health. In addition to the health impacts of climate change, an important part of the week will focus on the significant health co-benefits that can be expected from certain climate change mitigation strategies. The tools allowing to estimate these co-benefits will be presented. The importance of considering health and social inequalities in climate change research and risk management will be illustrated.

1. Fundamentals of climate change
2. Climate change health impacts
3. Protecting from climate change consequences
4. Mitigating climate change: cobenefits
5. Tools to quantify benefits and optimize decarbonation pathways
6. Moving towards net zero carbon emissions

### Climate Change: Science, Society, Policy

6 ECTS, 2021 | Aglaé Jézéquel, ENS Ulm

Le séminaire "Changement climatique : sciences, sociétés, politique", commun au Centre Alexandre Koyré et à l'Ecole Normale Supérieure, est consacré aux multiples défis que soulève le problème du changement climatique, au travers d'objets variés abordés en croisant les regards disciplinaires. Chaque séance du séminaire abordera une question vive relative au changement climatique avec deux présentations apportant (dans la mesure du possible) une approche des sciences de la nature et un éclairage de sciences sociales. Interviendront aussi des experts et des acteurs politiques, économiques ou de la société civile.

## Common Agricultural Policy and US agricultural policy: Evolution and perspectives

2 ECTS, 2023 | Sophie Devienne, AgroParisTech

- La PAC dans la construction européenne (historique)
- Les principes fondateurs de la PAC et l'organisation des marchés agricoles
- L'évolution structurelle et productive de l'agriculture française et européenne, place sur les marchés agro-alimentaires mondiaux
- Les réformes de la PAC et leurs résultats. Les perspectives de la PAC après 2023 et les enjeux pour l'agriculture française et européenne
- La politique agricole du Royaume-Uni post-Brexit
- Evolution de la politique agricole et alimentaire des États-Unis : outils et résultats

## Analysis and Algebra II

9 ECTS, 2018 | Antoine Ducros et Charles Arnal, Sorbonne Université (Paris VI)

Après une introduction au raisonnement et à l'écriture mathématiques, le cours se scinde en 2 parties : Analyse et Algèbre linéaire.

- Analyse :
  - Comportement asymptotique des suites réelles, complexes et vectorielles
  - Etude des fonctions continues
  - Suites numériques récurrentes
  - Intégration des fonctions continues, sommes de Riemann, exemple de comparaison série-intégrale
- Algèbre :
  - Espaces vectoriels sur les réels ou les complexes et leurs sous-espaces vectoriels
  - Espaces vectoriels de dimension finie, bases
  - Matrices d'applications linéaires dans une base, changement de base
  - Diagonalisation et applications

## Calculus

6 ECTS, 2017 | Claire David, Sorbonne Université (Paris VI)

Notions fondamentales d'analyse et d'algèbre (équations différentielles, application linéaire, suites et développements limités, écriture matricielle, etc.)

## Partial differential equation I & II

6 ECTS, 2020 | Diana Baltean-Carlès, Sorbonne Université (Paris VI)

Cette unité d'enseignement vise à introduire quelques notions fondamentales de résolution numérique et analytique des problèmes de la mécanique modélisés par des équations aux dérivées partielles. L'unité d'enseignement est divisée en Cours, Travaux Dirigés, Travaux Pratiques (utilisant les langages de programmation C et Fortran) et un projet numérique à réaliser en autonomie.

- Chapitre 1 : Différences finies 1D stationnaire et instationnaire
- Chapitre 2 : Résolution des systèmes linéaires par des méthodes directes
- Chapitre 3 : Résolution des systèmes linéaires par des méthodes itératives
- Chapitre 4 : Résolution des EDP d'ordre 1 (caractéristiques, équation de transport)
- Chapitre 5 : Forme canonique pour EDP d'ordre 2 hyperbolique, elliptique, parabolique
- Chapitre 6 : Equation des ondes (solution d'Alembert homogène et non-homogène)
- Chapitre 7 : Equation de la chaleur ou diffusion (solution fondamentale, fonction de Green, homogène et non-homogène)

Acquérir les notions et méthodes mathématiques et numériques nécessaires à la résolution d'équations aux dérivées partielles (EDP) d'ordre 2 de la mécanique.

- Chapitre 1 : Méthodes numériques pour le calcul des valeurs et vecteurs propres pour des matrices carrées: localisation des valeurs propres, méthode de la puissance itérée, puissance itérée inverse, déflation, méthode de Jacobi

- Chapitre 2 : Différences finies 2D, Application à la résolution de l'équation de Poisson, Méthodes Numériques pour les matrices creuses (SOP par points et par blocs)
- Chapitre 3 : Séries de Fourier, Séparation des variables, Application à la résolution des EDP: équation de la chaleur, équation de Laplace, équation des ondes
- Chapitre 4 : Transformées de Fourier, introduction aux convolutions et distributions. Application à la résolution des équations aux dérivées partielles
- Chapitre 5 : Transformées de Laplace et application à la résolution des équations aux dérivées partielles

### Mathematical and numerical methods for mechanics

6 ECTS + 6 ECTS, 2019 | Diana Baltean-Carlès et Catherine Weisman,  
Sorbonne Université (Paris VI)

L'objectif de cette unité est de présenter les méthodes analytiques et numériques de résolution des équations différentielles ordinaires pour l'étude et la résolution de problèmes simples en sciences de l'ingénieur. En associant analyse mathématique et numérique, ce cours vise à donner aux étudiants un large panel de méthodes possibles et les sensibiliser à la qualité des solutions approchées/exactes. Le projet numérique permet de mettre en œuvre ces méthodes sur un problème mécanique et de poursuivre la pratique du langage de programmation.

- Résolution des Équations Différentielles Ordinaires (EDO) du 1<sup>er</sup> ordre linéaires et non linéaires
- Méthodes numériques d'interpolation (Polynôme interpolé de Lagrange, Moindres Carrés, MiniMax)
- Méthodes numériques d'intégration (Trapèzes, Simpson, méthodes composites, quadrature de Gauss)
- Dérivation numérique (schéma progressifs, régressifs et centrés)
- Résolution numérique des EDO du premier ordre (notions de consistance et convergence, méthodes d'Euler, Runge-Kutta)
- Résolution des EDO du 2<sup>nd</sup> ordre linéaires, EDO d'ordre n
- Valeurs propres, vecteurs propres. Systèmes différentiels.
- Séries entières, Résolution des EDO par décomposition en série entière

## Management and processing of environmental data

1.5 ECTS, 2024 | Liliane Bel & Jean-Marc Gilliot, AgroParisTech

- Méthodes mathématiques et modélisation :

- Méthodes de classification : elles consistent en la recherche de sous-groupes homogènes dans des populations. Ces sous-groupes formés, il est alors possible de les caractériser en vue d'une analyse spécifique et/ou de leur attribuer un traitement adéquat. Exemples d'applications : types de climats, types de sols, espèces animales ou végétales, ...
- Modèle linéaire généralisé : Ce modèle étend le modèle linéaire classique à des variables plus complexes, en particulier non continues : binaires, comptages, ou catégorielles. Exemples d'application : modélisation de probabilité de dépassement de seuil d'un polluant, de comptages de végétaux en fonction de pratiques agricoles, ...

- Traitement des données géographiques sous SIG :

- Requêtes sur les données géographiques : requêtes sémantiques et requêtes géographiques
- Opérations arithmétiques logiques et statistiques sur les tables de données
- Opérations de calculs géographiques (surface, périmètre ...)
- Jointures entre données : jointure sémantique et jointure spatiale
- Géoréférencement et rectification géographique des données : référentiels géographiques, intégration de cartes scannées, photo aériennes.
- Intégration de données GPS
- Création de données géographiques par numérisation sur fond de plan
- Croisement de couches vecteurs : combinaison d'information et statistiques spatiales

## Causal statistics for treatment models

6 ECTS, 2025 | Marc Gurgand, ENS Ulm

The aim of this course is to train students in statistical methods for estimating causal relationships, based on experiments or quasi-experiments. These methods involve either implementing controlled experimental protocols; or mobilizing statistical data to exploit an experiment given by "nature" or social, economic, institutional events, etc. which, under certain hypotheses, produce differentiated exposures to treatment in different populations, and which make a causal interpretation plausible.

The course will describe the objects of interest (counterfactuals, causal effects), the assumptions under which they can be identified in a given context, the corresponding estimation methods and the statistical properties of the estimators. It constantly articulates statistical tools and their empirical use, notably by systematically reproducing published articles, and by having researchers present papers applying each of the main methods.

- Rubin causal model
- Randomized control trials (RCT)
- RCT with imperfect compliance
- The many designs of an experiment
- Power calculations, surveys, attrition and further threats
- RCT : researcher presentation
- Difference in difference (DID)
- DID : researcher presentation
- Regression discontinuity design (RDD)
- RDD : researcher presentation
- Synthetic control, propensity score matching (PSM)
- An introduction to design based and population based inference ; and to multiple testing issues
- An introduction to heterogenous effects models

# 1 Social sciences

## 1.1 Economics

### Advanced Econometrics

2 ECTS, 2024 | Phu Nguyen-Van, AgroParisTech

This course is designed to cover advanced techniques in econometrics. They include discrete choice models, panel data models, and impact evaluation methods. Emphasis will be placed on the choice of econometric model to be estimated, the estimation method to be used, and how to deal with the endogeneity issue. Concrete examples of application (using Stata/R software) to environmental issues will be presented.

### Advanced natural resources economics

2 ECTS, 2024 | Julien Wolfersberger, AgroParisTech

- Economics of fishery resources
- Economics of deforestation
- Economics and conservation policies
- Energy, forest and climate change
- Economics of waste
- Mineral economy

## Behavioral and Neural Economics

4 ECTS, 2022 | Maël Lebreton & Stefano Palminteri, ENS Ulm

This course will provide an overview of the field of behavioural and neural economics, which studies the computational processes, involved in value-based decision-making as well as their neural implementation. We particularly focus on how decision variables, such as to the expected utility and its components (eg value, probability, risk and delay) are calculated and represented in the brain. The anchoring of decision-making into cognitive et computational processes allow correcting normative prespictions thanks to behavioural observations. The anchoring of decision-making processes to neural substrates, makes it possible to understand the deviations of rationality in the light of neurobiological constraints and to redefine the classic (descriptive) economic models in the form of neuro-computational (mechanistic) models.

## Causal statistics for treatment models

6 ECTS, 2025 | Marc Gurgand, ENS Ulm

The aim of this course is to train students in statistical methods for estimating causal relationships, based on experiments or quasi-experiments. These methods involve either implementing controlled experimental protocols; or mobilizing statistical data to exploit an experiment given by "nature" or social, economic, institutional events, etc. which, under certain hypotheses, produce differentiated exposures to treatment in different populations, and which make a causal interpretation plausible.

The course will describe the objects of interest (counterfactuals, causal effects), the assumptions under which they can be identified in a given context, the corresponding estimation methods and the statistical properties of the estimators. It constantly articulates statistical tools and their empirical use, notably by systematically reproducing published articles, and by having researchers present papers applying each of the main methods.

- Rubin causal model
- Randomized control trials (RCT)
- RCT with imperfect compliance
- The many designs of an experiment
- Power calculations, surveys, attrition and further threats
- RCT : researcher presentation
- Difference in difference (DID)
- DID : researcher presentation
- Regression discontinuity design (RDD)
- RDD : researcher presentation
- Synthetic control, propensity score matching (PSM)
- An introduction to design based and population based inference ; and to multiple testing issues
- An introduction to heterogenous effects models

### Computable general equilibrium modeling

2 ECTS, 2024 | Christophe Gouel, AgroParisTech

L'objectif de l'UE est de donner aux étudiants les bases pour être en mesure de construire des petits modèles d'équilibre partiel ou général et d'interpréter leurs résultats. Le plan du cours est le suivant :

1. Introduction à la modélisation appliquée
2. Introduction à GAMS
3. Bases de l'équilibre général appliqué
4. Formes fonctionnelles
5. Relations entrée-sortie
6. Modèles en économie ouvertes
7. Taxes en équilibre générale et le coût marginal des fonds publics
8. Modèles dynamiques

### Decision Science

6 ECTS, 2022 | Brian Hill, ENS Ulm

This course will cover the principal results concerning and provide the basic mathematical, conceptual and experimental tools in the study of decision making in individual and strategic situations. It will be centred around the fundamental framework and concepts of decision theory and game theory, as developed by economic theorists, focussing on their connections and role in philosophy, experimental and behavioural economics, and relevant branches of psychology. The course is intended for students aiming to obtain a deep foundation in the formally-based, experimentally- and conceptually-informed decision sciences.

## **Ecological economics**

1.5 ECTS, 2024 | Harold Levrel, AgroParisTech

Le cours traitera des points suivants :

- Comment l'économie écologique est apparue en tant que nouveau courant de pensée ? Quels sont les points communs et les différences entre l'économie écologique et l'économie de l'environnement ?
- Quelles théories pour l'économie écologique (thermodynamique, résilience, co-évolution, cycles adaptatifs) ?
- Comment appréhender la diversité des critères normatifs et le pluralisme des valeurs ? Durabilité, efficacité, efficience, équité, viabilité
- Comment appréhender la capacité de charge et le renouvellement des potentialités écosystémiques ? Relations entre croissance démographique, croissance économique, limites de la planète, innovations techniques et institutionnelles
- Quels outils d'évaluation intégrée pour les politiques publiques ? Limite de l'analyse coût-bénéfices, analyse multi-critères, cartographie des services écosystémiques, modèles d'équivalence
- Quelle modélisation intégrée des systèmes complexes ?
- Quelles formes institutionnelles et organisationnelles pour opérer des transitions dans les trajectoires de développement des sociétés ?

## **Ecological transition economics**

2 ECTS, 2024 | Harold Levrel, AgroParisTech

Ce cours aborde la question de la transition écologique du point de vue du vivant, d manière systémique : on s'intéresse à la transition par et pour le vivant.

## **Econometrics II**

2 ECTS, 2024 | Frédéric Lantz, AgroParisTech

1. Régression linéaire, choix des données
2. Analyse des erreurs de la régression, test

3. Régression sous contrainte, multicolinéarité
4. Stabilité temporelle
5. Prévision
6. Modèle de choix discret
7. Modèles non-linéaires
8. Modèles à équations simultanées

### Economics and management of biodiversity and ecosystem services

2 ECTS, 2025 | Miquel Oliu-Barton & Clément Féger, AgroParisTech

La première partie du cours portera sur les aspects théoriques sur la valeur de la nature et des services écosystémiques. Elle s'appuiera sur les sciences économiques au croisement des sciences écologiques, et sera basée notamment sur le rapport Dasgupta (2024).

La seconde partie de l'UE abordera les questions d'action et d'évaluation de la biodiversité en s'appuyant cette fois sur des approches ancrées en sciences de gestion. Cette approche gestionnaire inclura une présentation de différents modèles d'action collective pour la biodiversité, et des modèles d'affaires pour la biodiversité, et des "comptabilités écosystème-centrées".

## Economics of public policy

6 ECTS, 2024 | Marc Gurgand, Paris School of Economics (ENS Ulm)

Ce cours constitue une introduction à l'analyse économique des politiques publiques. Il présentera les outils d'analyse des motifs et des effets de différentes interventions publiques et s'appuiera sur une littérature empirique en plein développement, qui permet d'analyser et d'évaluer les politiques publiques non pas dans un cadre théorique abstrait, mais de façon contextualisée, en éclairant de façon vivante les débats contemporains. Il traitera aussi bien des économies développées que des économies en développement, et sera conçu pour intéresser aussi bien les étudiants qui se destinent à la recherche en économie que ceux qui s'orienteront vers les filières administratives. Après une présentation générale des enjeux, on étudiera différents thèmes :

- Droits de propriété et titrisation
- Quasi-marchés de l'éducation
- Politiques actives sur le marché du travail
- L'évaluation d'une politique publique en pratique : retour sur des projets de terrain

## Economics of risk and uncertainty

2 ECTS, 2024 | Miquel Oliu-Barton, AgroParisTech

### Risque et assurance, Théorie des jeux

1. Utilité espérée (VNM et Savage), préférences sur les loteries, rationalité, aversion au risque, équivalent certain et prime de risque.
2. Problème de l'assurance (information complète).
3. Risque corrélés ou indépendants. Assurabilité et réassurance.
4. Problème de l'assurance (information incomplète : antisélection).
5. Jeux de coordination, jeux à somme nulle, définition et exemples. Valeur, équilibre de Nash, Dominance, itération.
6. Jeux matriciels (gendarme-voleur, investissement, 2xn), Modèle d'Hotelling (vote et vendeurs, théorème de la médiane).
7. Jeux sous forme extensive, Équilibre de Nash parfait en sous-jeux, Forme normale.

8. Jeux 2x2, équilibre de Nash purs et mixtes. Principe d'indifférence.
9. Valeur vs. équilibre de Nash (stratégies optimales, LP, point fixe)
10. Jeux répétés, folk theorem dynamique.
11. Jeux avec contrats : folk theorem statique.
12. Jeux coalitionnels, cœur et valeur de Shapley, exemples.
13. Tragédie du bien commun (Hardin, taxe pigouvienne).
14. Questions, exercices, discussion.

### **Environmental and natural resource economics**

2.5 ECTS, 2024 | Julien Wolfersberger, AgroParisTech

L'objet de ce cours est de transmettre les connaissances de base en sciences économiques qui permettent d'aborder les questions environnementales et de gestion des ressources naturelles, afin de mieux comprendre les défis environnementaux actuels et d'apporter une aide à la décision publique dans ce domaine.

Contenu indicatif des séances :

- Théorie des externalités et des biens publics
- L'analyse coûts-bénéfices.
- Evaluation monétaire des dommages environnementaux
- Economie des ressources naturelles
- Les instruments de politique environnementale: théorie et pratique
- Finance carbone et marchés de droits à polluer
- Cas d'application : biodiversité en milieu agricole ; changement climatique ; pêcherie ; énergie ; forêt

### **Forestry and wood economics**

2 ECTS, 2025 | Philippe Delacote, AgroParisTech

L'objectif du cours d'économie appliquée est de montrer comment les outils économiques, notamment les outils de l'économie de l'environnement peuvent être mobilisés pour appuyer les décisions publiques et privées en matière de gestion durable et multifonctionnelle de la forêt. Les compé-

tences acquises au cours de cette UE sont :

Connaissance des critères économiques utilisés pour faire une gestion optimale de la forêt et déterminer la valeur d'un peuplement. Connaissance globale des grands enjeux liés à la forêt. Applications d'outils d'économie de l'environnement, théoriques et empiriques, aux sujets forestiers. Méthodes de choix public en présence de temporalité longue et d'incertitudes.

### Growth and Climate Change

6 ECTS, 2024 | Philippe Aghion & Katheline Schubert, Paris School of Economics (ENS Ulm)

Syllabus of Katheline Schubert's part:

1. Mathematical preliminaries
2. Non-renewable resources: Scarcity, Hotelling's rule, Role of market structure, Technical progress in extraction, the Green Paradox, the taxation of non-renewable resources.
3. The energy transition, an economic perspective: Net-Zero objective, Decarbonizing energy, Renewables energies, Climate policy
4. Growth with non-renewable resources: Physical limits to growth, Dasgupta–Heal–Solow canonical model, Social welfare and inter-generational equity, Technical progress, Backstop technology, Endogenous growth
5. Climate macroeconomics (1) — the macroeconomic impacts of climate policy: Direct benefits (avoided damages), Impacts on demand, Stranded assets, stranded jobs
6. Climate macroeconomics (2) — the tools:
  - Long run: Integrated Assessment Models
  - Medium run: evaluation/simulation models
  - Short run: RBC and E-DSGE

### International trade and the environment

2 ECTS, 2024 | Clément Nedoncelle & Julien Wolfersberger, AgroParis-Tech

The course focuses on the relationship between environmental issues (emission levels, control instruments, exploitation of natural resources) and international trade. It presents the major conceptual approaches

to international trade: the role of endowments, technology, and environmental policies in determining comparative advantage; the impacts of trade liberalization on environmental aggregates, openness to trade and overexploitation of natural resources; intra-industry trade and investment in abatement technologies, empirical analysis of environmental problems linked to globalization, the notions of composition, scale and technical effects; competitiveness effects and pollution havens; environmental Kuznets curves; carbon leakage; international negotiations and consideration of trade/environment links in international agreements.

### Introduction to environmental economics

2 ECTS, 2022 | Camille Souffron & Marc Fleurbaey, Paris School of Economics (ENS Ulm)

Des débats sur la décroissance économique et du découplage à la taxe carbone et aux Gilets Jaunes, en passant par les scenarii du GIEC et à ladite "finance verte", l'économie et la crise écologique sont profondément intriquées, aussi bien de manière causale qu'en termes de solutions. Ce cours à l'intention d'un public non-économiste, offrira une introduction théorique comme empirique à l'économie de l'environnement afin de donner des outils de compréhension des politiques économiques environnementales, de leurs succès, des causes de leurs freins et échecs, ainsi que des pistes de solutions. Chacune des séances présentera des grandes thématiques de l'économie de l'environnement, ainsi que les outils conceptuels et d'analyse et les politiques publiques qui en découlent. Ce cours permettra parallèlement de découvrir les modes de raisonnement des économistes, tout en s'initiant à la compréhension de la littérature empirique sur les résultats desdites politiques environnementales, dans une logique de politique publique.

### Macroeconomics

2.5 ECTS, 2024 | Joël Priolon, AgroParisTech

- La macroéconomie des origines : la "Théorie générale" de Keynes
- Les multiples développements et applications du modèle IS/LM
- Théorie de la croissance : les grandes controverses théoriques contemporaines
- Politique monétaire
- Politique budgétaire

## Microeconomics

2.5 ECTS, 2023 | Jean-Christophe Bureau, AgroParisTech

Ce module combine des séances de cours fondamentaux en microéconomie, des travaux dirigés et des conférences thématiques qui portent sur l'utilisation concrète des outils de l'économie. Des intervenants expliquent comment ils utilisent au quotidien des concepts présentés en cours, à la fois dans l'administration, dans les institutions financières privées et dans la recherche universitaire. Le cours est généralement assez formalisé, mais ne requiert que des connaissances minimales en mathématiques.

- Microéconomie (consommateur, producteur, séance d'exercice, programmation linéaire)
- Economie publique (optima, inefficacité d'un marché en présence d'externalités, de biens publics, de concurrence et d'information imparfaite)
- Etude de cas en économie de l'environnement et en politique agricole
- Economie internationale: étude de cas dans les négociations internationales
- Politique de la concurrence
- Analyse économique de la déforestation

## Modeling development and the ecological transition

4 ECTS, 2024 | Antoine Godin, Guilherme Magacho & Étienne Espagne, Paris XIII

1. Finance-economic interactions, the importance of balance sheets and introduction to SFC modelling
2. Goodwin-based models 1: Goodwin and Goodwin-Keen
3. Integrating climate dynamics: IAMs and damage functions
4. Supply- and Demand-driven models with damage functions
5. The Ecological Transition as the emergence of a Technico-Economic Paradigm
6. Modelling Structural Change and Climate

- 7. Modelling Small Open Developing Economies
- 8. Transboundary Risks of Climate Change in a North-South Model

### Prospective modeling

6 ECTS, 2024 | Julien Lefèvre & Céline Guivarch, AgroParisTech

- 1. Contexte, enjeux, fondamentaux
- 2. Éléments de modélisation intégrée
- 3. Travaux pratiques de modélisation prospective

### Sustainable growth and degrowth

2 ECTS, 2024 | Lionel Ragot, AgroParisTech

Après avoir rappelé le cadre conceptuel et théorique utilisé dans l'analyse macroéconomique de long terme (théorie de la croissance), nous nous proposons d'effectuer une recension analytique de la littérature théorique consacrée aux relations entre croissance économique et pollution. En raison de l'hétérogénéité qui prévaut tant dans la formalisation que dans les résultats théoriques des modèles de croissance avec pollution, notre effort de synthèse est centré essentiellement autour de quatre axes de réflexions. Ils font chacun l'objet d'un chapitre particulier.

Dans le premier chapitre, nous montrons en quoi l'introduction de la dimension environnementale (à travers la dimension pollution) dans le modèle de croissance exogène optimale modifie l'analyse et en particulier l'optimalité de la solution concurrentielle. Dans le deuxième chapitre, nous abordons des considérations éthiques, en analysant l'impact du critère de bien-être social sur la dynamique optimale. Nous analysons également l'influence du passage de la prise en compte des dommages à une contrainte de concentration de GES. Dans le troisième chapitre, nous étudions la littérature sur la décroissance, comme solution au réchauffement climatique. Le quatrième chapitre mobilise des modèles de croissance endogène pour revenir sur le concept de durabilité. Nous mettons en évidence les conditions (théoriques) pour l'obtention de sentiers de croissance durables.

## Quantitative Macroeconomics

6 ECTS, 2024 | Tobias Broer, Paris School of Economics (ENS Ulm)

This course is a hands-on introduction to concepts, models, and computational techniques in current quantitative macroeconomics. It consists of three blocks: preliminaries in numerical analysis and basic algorithms for solving dynamic equilibrium models (Block 1), representative-agent and two-agent economies (Block 2), heterogeneous-agent economies (Block 3).

1. Preliminaries and basic algorithms
2. Representative-agent economies
  - RBC model
  - New Keynesian Models
  - Aggregation & Introduction to Incomplete Markets
3. Heterogeneous Agents in Macroeconomics
  - Stationary Equilibrium in Economies with idiosyncratic risk and incomplete markets
  - Aggregate Fluctuations in Economies with idiosyncratic risk and incomplete markets
  - Stabilisation policies with heterogeneous agents

## 1.2 Sociology and Political Science

### Anthropology of Nature

< 1 ECTS, 2023 | Céline Pessis, AgroParisTech

L'objectif de ce cours est de montrer aux étudiants la diversité des rapports que les sociétés entretiennent avec la nature et de repérer les diverses conceptions à l'œuvre dans nos sociétés contemporaines (la nature comme "*wilderness*", "biodiversité", "ressource/service", "vivant", ...). Étude de notions (sociologie/anthropologie) de "risques environnementaux", d'"inégalités environnementales" et de "savoirs locaux".

Nous montrons que les relations d'exploitation, de protection, d'alliances, de travail, etc., que les hommes entretiennent avec les éléments naturels et vivants renvoient également à des façons de faire société et de distribuer les relations de pouvoir au sein de celle-ci, soit qu'elles sont des relations dynamiques et évolutives, générant des conflictualités et des inégalités.

### Climate Change: Science, Society, Policy

6 ECTS, 2021 | Aglaé Jézéquel, ENS Ulm

Le séminaire "Changement climatique : sciences, sociétés, politique", commun au Centre Alexandre Koyré et à l'Ecole Normale Supérieure, est consacré aux multiples défis que soulève le problème du changement climatique, au travers d'objets variés abordés en croisant les regards disciplinaires. Chaque séance du séminaire abordera une question vive relative au changement climatique avec deux présentations apportant (dans la mesure du possible) une approche des sciences de la nature et un éclairage de sciences sociales. Interviendront aussi des experts et des acteurs politiques, économiques ou de la société civile.

## Climate Change and Human Health

2 ECTS, 2021 | Rémy Slama & Kévin Jean, ENS Ulm

The aim of this PSL week is to provide an overview of the current state of questions and knowledge concerning the links between climate change and human health. In addition to the health impacts of climate change, an important part of the week will focus on the significant health co-benefits that can be expected from certain climate change mitigation strategies. The tools allowing to estimate these co-benefits will be presented. The importance of considering health and social inequalities in climate change research and risk management will be illustrated.

1. Fundamentals of climate change
2. Climate change health impacts
3. Protecting from climate change consequences
4. Mitigating climate change: cobenefits
5. Tools to quantify benefits and optimize decarbonation pathways
6. Moving towards net zero carbon emissions

## Climate negotiations, Climate geopolitics and COP

6 ECTS, 2022 | Béatrice Cointe, ENS Ulm

Ce cycle de conférences porte sur la géopolitique du climat et les négociations climatiques. Les interventions permettront de se familiariser avec les enjeux scientifiques, politiques, économiques, sociaux, juridiques du changement climatique et de la géopolitique du climat. Il associera des cours magistraux de cadrage, la présentation de recherches et des interventions d'experts invités.

## Common Agricultural Policy and US agricultural policy: Evolution and perspectives

2 ECTS, 2023 | Sophie Devienne, AgroParisTech

- La PAC dans la construction européenne (historique)
- Les principes fondateurs de la PAC et l'organisation des marchés agricoles
- L'évolution structurelle et productive de l'agriculture française et européenne, place sur les marchés agro-alimentaires mondiaux
- Les réformes de la PAC et leurs résultats. Les perspectives de la PAC après 2023 et les enjeux pour l'agriculture française et européenne
- La politique agricole du Royaume-Uni post-Brexit
- Evolution de la politique agricole et alimentaire des États-Unis : outils et résultats

## Environments and Policies

1.5 ECTS, 2024 | Cécile Blatrix, AgroParisTech

- Maîtriser les enjeux théoriques et politiques des débats philosophiques et éthiques autour de l'environnement.
- Retracer les conditions de prise en charge des enjeux environnementaux par les partis politiques dans le cadre des démocraties représentatives.
- Connaissance des acteurs de la défense de l'environnement et leur rôle dans l'action publique, avec une double entrée : par le champ des ONG environnementales d'une part ; par l'analyse des grandes mobilisations environnementales ("historiques" et plus récentes).
- Initier aux concepts et méthodes de l'analyse des mouvements sociaux.
- Initier aux concepts et méthodes issus des relations internationales et du droit international de l'environnement.

## **Introduction to the governance, sociology and economics of research**

6 ECTS, 2024 | Valentin Auplat & Guillaume de Rochefort, ENS Ulm

Ce module a pour objectif de présenter aux élèves, étudiants et étudiantes de l'ENS et de PSL le fonctionnement du système de recherche français, ainsi que les enjeux auxquels il répond, et les difficultés auxquelles il est confronté. Il s'agit de comprendre et de s'approprier le fonctionnement du monde de la recherche afin d'en développer une vision globale avant de s'y engager en tant que jeune chercheur ou chercheuse. C'est aussi un cadre privilégié pour penser la démarche scientifique et considérer son influence économique, sociale, et environnementale. L'angle proposé au sein de ce module est pratique : si une vision historique et épistémologique est proposée lors des premières séances, la majorité des cours portent sur une dimension pratique d'un enjeu du système de recherche français. Il s'agit alors d'identifier cet enjeu, de faire un point sur l'état passé et actuel de la situation, et d'explorer des pistes de réflexion pour répondre à des questions qui serviront le monde de la recherche, et aussi celui de la décision publique.

## **Labor and Democracy**

6 ECTS, 2024 | Laurent Berger, ex-Secrétaire Général de la CFDT

Laurent Berger, président de la confédération européenne des syndicats de 2019 à 2023 et Secrétaire Général de la CFDT de 2012 à 2023, assurera un cours sur le travail comme enjeu démocratique. Son cours explorera les liens entre le travail, d'un côté, et les défis auxquels fait face notre société de l'autre : le réchauffement climatique, la montée des inégalités et l'intelligence artificielle. Il s'intéressera à la façon dont ces transformations majeures affectent la vie de millions de travailleurs, suscitant appréhensions et angoisse. Dans ce contexte, comprendre la réalité et les aspirations des travailleurs est un enjeu démocratique majeur.

## **Political Ecology**

6 ECTS, 2021 | Gaëlle Ronsin, ENS Ulm

Ce cours traite de multiples dimensions de l'éologie politique, *e.g.* l'écoféminisme, l'éologie décoloniale, les théories de l'effondrement, les relations entre écologie et syndicats, etc.

## Public policy and environmental law

2.5 ECTS, 2024 | Bruno Villalba, AgroParisTech

- Politiques publiques en matière d'environnement et enjeux environnementaux dans les politiques sectorielles
- Genèse, caractéristiques et grandes tendances des politiques environnementales

Objectifs de maîtriser :

- Le processus de décision publique
- Le paysage institutionnel en matière d'environnement
- Les concepts centraux de l'analyse des politiques publiques

## Sociology of alternative agrofood systems and innovation

2.5 ECTS, 2024 | Bérangère Véron, AgroParisTech

Cette unité est l'occasion d'étudier, sous un angle sociologique, comment différents systèmes agroalimentaires plus ou moins émergents tentent de devenir une alternative aux systèmes conventionnels, aujourd'hui largement critiqués. L'unité vise à :

- analyser ces alternatives, qu'elles proviennent du monde professionnel, associatif et/ou militant ; en comprendre la genèse, les contraintes et les enjeux. Au travers différentes études de cas, on adoptera une approche systémique pour s'intéresser à l'émergence de la structure, à son projet et à ses valeurs, à son organisation, à ses acteurs et à leurs interactions, aux stratégies et rapports de force, aux difficultés rencontrées
- mettre en pratique les méthodes d'enquête enseignées (entretiens semi-directifs)

## Sociology of public action

6 ECTS, 2024 | Pablo Cussac-Garcia, ENS Ulm

Ce cours propose une introduction à la sociologie de l'action publique. Courant à cheval entre la science politique et la sociologie, la sociologie de l'action publique est essentielle pour comprendre la fabrique des politiques publiques contemporaines, les transformations de l'État et de sa bureaucratie ou les rapports quotidiens des citoyens à l'administration et au politique.

Pour développer ces trames d'analyse, le cours est construit autour de trois blocs. Le premier bloc, "Repères théoriques", propose une entrée sur les principaux concepts mobilisés pour étudier l'action publique en proposant une réinterprétation du "modèle des trois I" (institutions, intérêts, idées). Au fil de trois séances, nous explorerons les apports du néo-institutionnalisme historique, des approches Bourdieusiennes ou de la sociologie des problèmes publics. Un deuxième bloc, "Etat, administration et politiques publiques à l'ère managériale", est pensée comme une tentative de relier les analyses de ces trois objets politiques pour comprendre les transformations contemporaines des Etats. Dépolitisation de l'administration ? Européanisation ? Privatisation ? Quantification ? Sont certaines des questions que nous adresserons. Un dernier bloc aborde l'action publique "par le bas" – du point de vue des bureaucrates de guichet, des réceptions par les publics ou des re-politisations. Il s'agira ici de comprendre comment l'action de l'État peut produire et reproduire les inégalités sociales – et des moyens de contester ces rapports de domination.

La sociologie de l'action publique à vocation a proposer une analyse du présent, ce pourquoi nos lectures sont centrées sur la France contemporaine. Cette focalisation n'est cependant pas exclusive et nous aborderons aussi d'autres cas européens ou latino-américains, ainsi que la Chine ou les États-Unis. Ces comparaisons seront l'occasion non seulement de découvrir d'autres terrains d'enquête, mais aussi d'y mettre à l'épreuve nos concepts.

### The engineer in the city between Science and Action - Sociology

< 1 ECTS, 2023 | Céline Pessis, AgroParisTech

Le cours de sociologie aborde deux volets : une partie historique retrace l'émergence du statut de l'ingénieur et l'évolution de son rapport aux savoirs et à la société depuis le 18ème jusqu'au 21ème; une partie plus importante traite de la figure de l'ingénieur contemporain, forestier ou agronome, et de la pratique de l'expertise dans une société confrontée au risque, à l'incertitude et aux enjeux environnementaux. Les rapports entre science, société et décision politique sont explorés.

### 1.3 Cognitives Sciences

#### Cognitive Neurosciences

6 ECTS, 2022 | Laura Dugué, ENS Ulm

The course will be divided in 3 sections. First, we will present how sensory systems such as vision and audition can be used as models to investigate higher cognitive functions. Second, we will present and discuss methodological considerations to the study of cognition in humans and animals. Third, we will concentrate on four case studies (predictive brain, attention/perception, consciousness and language). We will present how one can study these cognitive functions using a multimodal approach including various models (vision/audition, animals/humans), and approaches (neuroimaging, psychophysics, modelling).

#### Cognitive Sciences in Real World

4 ECTS, 2022 | Alejandrina Cristia, ENS Ulm

Over the last century, the cognitive sciences have become better established. The same period has been called "the anthropocene", with increasingly complex problems of our own making facing humanity: To mention just a few, inequality and inequity, climate change, and a surprising rise in health issues due to human choices (diet, smoking, drinking). What can cognitive scientists do about these issues? As part of the CogMaster, a top research program in cognitive science in Europe, we aim to enable you to make the most of new opportunities to change the world for the better.

## Computational Neuroscience

4 ECTS, 2022 | Boris Gutkin, ENS Ulm

This course introduces mathematical and computational modelling approaches to brain information processing. The course is organized in three modules:

- Module 1. Quantitative Models of Behavior
  - The Rescorla-Wagner Rule
  - Exploration-Exploitation
  - Reinforcement Learning: Model-free approaches
  - Reinforcement Learning Continued: Model-based approaches
- Module 2. Neural Correlates of Behavior
  - Neural Decoding
  - Population Coding
  - Decision Making
  - Neural Encoding
- Module 3. Neural Mechanisms: Neurons and Networks
  - Binary Neurons and networks
  - Biophysics of Neurons
  - Hodgkin-Huxley
  - Firing rate models

### **Doing litterature reviews like a pro**

2 ECTS, 2022 | Alejandrina Cristia, ENS Ulm

Reading, understanding, and critiquing scientific literature is a determinant skill for nearly any endeavor you will undertake in the future. If you stay in academia, this will form the foundation of your own research. If you go on to a career in R&D, your ability to critically appraise fundamental research could make or break your job standing. And in any case, you may find yourself trying to make evidence-based decisions on aspects of your life for years to come: Should you go on this diet or that one? Should you accept this treatment your doctor is suggesting? Should you send your children to a Montessori preschool even if it costs double? Should you start yoga when you retire, or before? In this course, we give you the basics of how to read scientific literature, as well as a chance to put these ideas into practice in the domain of your choice.

### **Introduction to Cognitive Neurosciences**

4 ECTS, 2021 | Quentin Gaucher, ENS Ulm

The aim of this course is to give basic knowledge in neurosciences to students in cognitive sciences that do not have a background in biology. The course is divided into 3 themes: descriptive and functional human neuroanatomy, cellular neuroscience, and cognitive functions of the brain. During the lectures, students will become familiar with the neuroanatomical nomenclature, as well as current knowledge about the neural mechanisms underlying cognitive functions such as perception, memory or executive functions, spanning different scales from the neuron to the network. As this course is directed towards students from very diverse backgrounds, discussions are strongly encouraged during the lectures.

### **Introduction to Evolutionary Anthropology**

4 ECTS, 2021 | Jean-Baptiste André et Nicolas Baumard, ENS Ulm

This course aims to present the main concepts and tools needed to study human behavior and human societies in evolutionary terms. Students will understand the major mechanisms of evolution and become familiar with the methods of evolutionary biology. A wide variety of examples from the animal world will be used to understand the general logic of evolutionary thinking and be able to apply it to the human species. The course will focus on the social domain, but also will address issues such

as sex, learning or cultural differences.

1. Introduction to evolutionary and cognitive social sciences
2. Introduction to evolution by natural selection and the adaptive stance
3. Individual vs. group selection, ESS and trade-offs, and the proximate/ultimate distinction
4. Inclusive fitness and the evolution of altruism between genetically related individuals
5. Sexual selection and reproductive conflicts
6. Human life history
7. Reciprocal altruism and the evolution of cooperation between genetically unrelated individuals
8. Opportunity costs and the evolution of human morality
9. Cognitive Biases and Irrational Beliefs
10. Phenotypic plasticity and cultural variability
11. The gene's eye view of culture

### Methods in Neuroimaging

4 ECTS, 2021 | Laura Dugué, ENS Ulm

- MRI: Principles & Acquisition, Analysis Tools, SPM and Retinotopic Analyses
- Time Series: EEG-MEG, Principles & Acquisition, Analysis Tools, TDs
- Intracranial Methods
- Cerebral Invasive and Non-invasive Stimulation
- Modeling of Cerebral Data

### Methods in Psychological Sciences

4 ECTS, 2021 | Christian Lorenzi, ENS Ulm

The goal of this class is to expose students to research methods in psychology with a practical approach. Concepts taught in class will be illustrated by practical examples (constructing a valid questionnaire, applying psychophysical methods, performing a meta-analysis, etc). The goal is to provide a tool-box to students interested in pursuing research in psychology, or any other cognitive science that uses behavior as a measure. Another goal is to allow students to develop critical thinking skills about methods in psychology, and the appropriateness of a given method to a particular scientific question.

## Modeling Brain, Mind and Behavior

4 ECTS, 2021 | Alex Cayco-Gajic, ENS Ulm

### 1. Origins of cognitive modelling

- Modelling the mind. What is a (computational) model? McCulloch-Pitts model, perceptron, connectionism vs. GO-FAI.
- Modelling the brain. Neural excitability, action potential, Hodgkin-Huxley model, integrate-and-fire model.

### 2. Perception and representation

- Neural coding. Tuning curves, efficient coding, population coding, dimensionality reduction, neural manifolds.
- Visual perception. Hierarchical feature selection, object recognition, backpropagation, deep neural networks.
- Memory. Hopfield networks, attractor dynamics, energy landscape, working memory, bump attractor model.

### 3. Decision and action

- Perceptual decision making. Signal detection theory, sequential probability ratio test, drift-diffusion model, evidence accumulation.
- Acting under uncertainty. Bayesian inference, Bayesian Brain hypothesis, Bayesian decision theory.
- Reinforcement learning. Markov chain, Markov decision process, TD learning, model-free vs. model-based RL, exploitation-exploration.

### 4. Social decision-making

- Evolution of social behaviour. Evolutionary game theory, Nash equilibrium, evolutionary stable strategy, adaptive dynamics.
- Collective behaviour. Complex systems, agent-based modelling, consensus decision-making.
- Inferring the mental states of others. Theory of mind, inverse RL, Bayesian belief updating.

## Psychology and Public Policy

4 ECTS, 2022 | Mathieu Perona et Coralie Chevallier, ENS Ulm

During the last decade, governments around the world have set up behavioural science units in order to improve the conception and delivery of policies: Obama's Social and Behavioral Sciences Team, the Behavioural Insight's Team in Downing Street, the EU Policy Lab, etc. This course introduces you to the why and how of applying behavioural sciences to public policy. We present the basic theories and experimental findings which are most commonly leveraged to design behaviourally aware policies and policy delivery. We simultaneously provide a hands-on experience through the analysis of actual behaviourally informed policy experiments and through the design of prospective ones.

## Science: Curiosity, Communication, and Trust

4 ECTS, 2022 | Hugo Mercier, ENS Ulm

1. The puzzle of science: The achievements of science. The importance of science for economic growth. The mystery of science: how is it possible for a primate species to understand the universe, and itself? Fundamentals of evolutionary psychology and of cultural evolution.

2. Curiosity: What's curiosity? Why are we curious about some types of information more than others? How does curiosity vary across individuals? How does curiosity relate to the modular organization of the mind? How does curiosity relate to culture?

Readings: Sperber et Hirschfeld 2004, The cognitive foundations of cultural stability and diversity

3. Explanations and the sharing of information: Why do we want to know why things happen? What's the motivating role of the Aha! experience when we understand a good explanation? Why are we motivated in sharing information with others, in particular non-instrumental information?

Readings: Gopnik 1998 Explanation as orgasm

4. Philosophy and argumentation: Why do humans reason? Why do (some of us) like debating? What's a good argument? Are there universals in how philosophy works, as a discipline? Why does ideology matter?

Readings: Mercier, H. The Argumentative Theory: Predictions and empirical evidence. Trends in Cognitive Sciences.

5. Mathematics: Why are some people fascinated by mathematics? How do social rewards influence mathematics? Why has mathematics become so much more complex?  
 Readings: Dehaene, The Number Sense, Chapter 9
6. Displays of cleverness: Are displays of cleverness particularly important in science? How does that hold science back? How does that propel science forward? How do they hold science back?  
 Readings: Nasar (2011) A beautiful mind. (Chapters 4 School of genius and 5 Genius)
7. Knowledge for knowledge's sake: Why are some people keen on accumulating knowledge? What was the role of data prior to the scientific revolution?
8. The iron rule: What does science do differently from philosophy? What's the advantage of arguments based on observations? Why weren't they more prevalent before the scientific revolution? How is trust built within science?  
 Readings: Strevens, The Knowledge Machine, Chapter 4
9. Data gathering: What gave rise to the blooming of empirical and experimental work during the scientific revolution?
10. Scientific consensus and prestige: How is a scientific consensus formed? How does it help science become prestigious?
11. Science as a coalition: How does science police itself? How does science compete against other ways of accruing intellectual prestige?
12. Science in society: Why do many members of the public trust science? What are the determinants of interest in science in the public? Who doesn't trust science? Why are people interested in science? Why are there so many conspiracy theories? What drives some people to accept so many of these theories? Are there commonalities between conspiracy theorists and scientists? Why do people spend so much energy developing crackpot theories?  
 Readings: Marwick et Partin 2022 Constructing alternative facts- Populist expertise and the QAnon conspiracy

### Social Cognition: Brain and Psychology

6 ECTS, 2022 | Victor Chung et Nicolas Baumard, ENS Ulm

- Introduction to social cognition: What is social cognition?

- Theory of mind: Understanding others' mental states and its development.  
Compulsory reading: Jara-Ettinger, J. (2019). Theory of mind as inverse reinforcement learning. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 29, 105-110.
- Perspective Taking: Involvement in others' viewpoints and its requirements.  
Compulsory reading: O'Grady, C., Scott-Phillips, T., Lavelle, S., & Smith, K. (2020). Perspective-taking is spontaneous but not automatic. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(10), 1605–1628.
- Face perception: Mechanisms underlying facial perception and their specificity.  
Compulsory reading: Young AW, Burton AM. (2018). Are We Face Experts? *Trends Cogn Sci*; 22(2):100-110. Tsao DY. Face values. *Sci Am*. 2019;320(2):22-29.
- Stereotypes and first impressions: Explanations for stereotypes, their influence on behavior, and judgments based on appearance.  
Compulsory readings: Foo, Y. Z., Sutherland, C. A. M., Burton, N. S., Nakagawa, S., & Rhodes, G. (2022). Accuracy in facial trustworthiness impressions: Kernel of truth or modern physiognomy? A meta-analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 48(11), 1580-1596.  
Dotsch, R., Hassin, R. R., & Todorov, A. (2016). Statistical learning shapes face evaluation. *Nature Human Behaviour*, 1(1), 0001.
- Natural pedagogy and learning: Human learning, cultural transmission, and the role of education.  
Compulsory reading: Csibra, G., & Gergely, G. (2011). Natural pedagogy as evolutionary adaptation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1567), 1149-1157.
- Action perception: Motor system involvement in understanding others' actions and its specificities.  
Compulsory reading: Jacob, P., & Jeannerod, M. (2005). The motor theory of social cognition: a critique. *Trends in cognitive sciences*, 9(1), 21-25.
- Emotions: Understanding emotions, their universality, and interpretation from behavioral and physiological responses.  
Compulsory reading: Adolphs, R. (2017). How should neuroscience study emotions? By distinguishing emotion states, concepts, and experiences. *Social cognitive and affective neuroscience*, 12(1), 24-31.

- Evolutionary psychology of group-related cognition: Categorization of individuals into social groups and its effects on cooperative behaviors.  
Compulsory readings: Cosmides, L., Tooby, J., & Kurzban, R. (2003). Perceptions of race. *Trends in cognitive sciences*, 7(4), 173-179.
- De Dreu, C. K., Fariña, A., Gross, J., & Romano, A. (2022). Prosociality as a foundation for intergroup conflict. *Current opinion in psychology*, 44, 112-116.
- Collective decision-making and responsibility: Benefits, implications, and consequences of collective decisions.  
Compulsory reading: El Zein, Bahrami, Hertwig (2019). Shared responsibility in collective decisions. *Nature Human Behaviour*.
- Human reactions to danger: Social responses to danger and the adoption of pro-social or anti-social behavior.  
Compulsory reading: Dezecache, G., Martin, J. R., Tessier, C., Safra, L., Pitron, V., Nuss, P., & Grèzes, J. (2021). Nature and determinants of social actions during a mass shooting. *PloS one*, 16(12), e0260392.
- Human reasoning: The efficacy of group deliberation and its implications for decision-making and public policy.  
Compulsory reading: Mercier, H. (2016). The argumentative theory: Predictions and empirical evidence. *Trends in cognitive sciences*, 20(9), 689-700.

## Visual Perception

6 ECTS, 2022 | Pascal Mamassian, ENS Ulm

The objective of this course is to give you the keys to understand the fundamental concepts in visual perception, following a multi-disciplinary approach in neuroscience, psychology and modeling. In neuroscience, the visual system is presented from the processing of the retinal image to the cortex. In the healthy adult human, we present how the visual scene is analyzed in its motion, form, color, and depth, and how attention modulates perception. From a computational point of view, the principles of neuronal coding and decoding are exposed, as well as those underlying inferential perception. Various experimental techniques are exposed, including those using signal processing and those analyzing eye movements such as pupillometry. Finally, the course presents a comparative approach of interspecies vision, from fly to human, as well as a debate on the revolution of deep learning for vision.

## 1.4 Law and Management

### Ecological accounting

2 ECTS, 2024 | Alexandre Rambaud, AgroParisTech

### Economical study of environmental issues & environmental strategy

2.5 ECTS, 2023 | Harold Levrel & Jean-Baptiste Narcy, AgroParisTech

Introduction générale d'une part à l'approche économique des problèmes environnementaux (volet A) et d'autre part aux stratégies de gestion environnementale (volet B).

- Volet A :

- Initiation aux concepts centraux de l'économie de l'environnement mobilisés dans le domaine des problèmes environnementaux, à travers des exemples
- Introduction aux instruments publics visant à gérer les problèmes environnementaux (normes, redevances, etc.)

- Volet B :

- Introduction à la gestion stratégique de l'environnement
- Outils d'analyse stratégique de l'action et de la décision environnementale
- Illustration à partir d'exemple de terrain sur la biodiversité et les milieux naturels

### Environmental management and enterprises

< 1 ECTS, 2024 | Helen Micheaux, AgroParisTech

L'objectif est d'aborder la gestion de l'environnement comme lieu d'une ingénierie d'outils d'aide à la décision et d'action stratégique. Les questions de gestion de l'environnement deviennent des principes essentiels pour la plupart des entreprises et font partie de leurs processus de gestion. Cette prise de conscience a donné lieu à de nouveaux concepts, méthodes et outils. On abordera les points suivants :

- Evaluation interne et analyse des coûts environnementaux : Analyse par les coûts, analyse du cycle de vie, coût global, coût du cycle de vie, reporting RSE

- Evaluations externes : Indices boursiers et Sustainability Index, le marché des fonds verts, ISR (Investissement Socialement Responsable), indice de réparabilité
- Du constat à l'action : Optimisation de l'utilisation des ressources, gestion de l'économie circulaire en entreprise (Définition, Réglementation, Indicateurs, Business models), Stratégies d'investissement (Actifs et passifs environnementaux, Mécanismes de projets, etc.)

### Financial analysis

< 1 ECTS, 2024 | Alexandre Rambaud, AgroParisTech

- Rappels comptables
- Rentabilité
- Solvabilité
- Financement
- Démarche d'analyse financière et stratégie d'entreprise

### Food banks

9 ECTS, 2024 | Doudja Saidi-Kabeche et Bérangère Véron, AgroParis-Tech

L'UE vise à une meilleure compréhension des organisations d'aide alimentaire en explorant leur fonctionnement interne. Les projets, renouvelés chaque année, répondent à une commande réelle d'une organisation en lien avec l'aide alimentaire (exemples des années précédentes : Samu-social de Paris, Secours catholique, Revivre, Restos du cœur, Banque alimentaire, Excellents excédents...). Différentes dimensions sont abordées:

- Analyse socio-économique de l'environnement des organisations d'aide alimentaire, notamment par l'étude de la coordination entre les acteurs de la filière, depuis la production jusqu'à la distribution
- Gestion interne des organisations d'aide alimentaire : problématiques stratégiques et opérationnelles
- Analyse des pratiques des bénéficiaires

Ces apports multidisciplinaires sont pris en charge par différents enseignants :

1. Les enseignements de gestion traitent les organisations d'aide alimentaire comme des entreprises rencontrant potentiellement des difficultés dans leur fonctionnement opérationnel : logistique, achats/approvisionnement, contrôle, comptabilité, financement, marketing, impacts de la RSE
2. Les enseignements de sociologie apportent des éléments de méthode (entretien semi-directif, enquête ethnographique...)

Des enseignants d'autres disciplines intervennent de manière ponctuelle, ainsi que des acteurs professionnels ou bénévoles d'organisations en lien avec l'aide alimentaire.

### **Investment choices (investor's point of view)**

< 1 ECTS, 2024 | Michel Nakhla, AgroParisTech

Décider d'investir, de lancer un projet, d'immobiliser des capitaux à long terme est une décision importante. En raison des sommes mises en jeu et des répercussions futures que ces décisions entraînent, l'entreprise se trouve confrontée à au moins deux points d'interrogation :

- Comment se décide un investissement ?
- Comment évaluer la rentabilité d'un investissement ?

L'unité aborde les 4 points suivants :

- Principes généraux de choix d'investissement
- Choix d'investissement et conventions comptables
- Prise en compte du risque et introduction à l'évaluation économique des projets industriels
- Décisions séquentielles

### **Project evaluation (impact on society)**

< 1 ECTS, 2024 | Olivier Ducourtieux, AgroParisTech

Acquérir les connaissances nécessaires à l'évaluation des effets économiques d'un projet du point de vue d'une collectivité, locale ou nationale, prenant en compte les effets pour les agents directement concernés par le projet (investisseur ou opérateur) et indirectement concernés (filières amont et aval du projet, secteur concurrentiel). Pouvoir construire et comparer le scénario "avec projet" et le contrefactuel ("sans projet") pour mesurer la contribution spécifique d'un investissement à la création de valeur ajoutée dans une société. Cette connaissance permettra de mieux mesurer l'impact d'un investissement pour une société, approche-clef pour piloter l'intervention publique (Etat, collectivités locales, etc.) ou pour sélectionner les projets/options qui maximisent les avantages pour la collectivité ou minimisent les inconvénients.

- Les agents d'un projet et les contraintes macro-économiques des politiques de développement
- Les différences entre l'analyse financière et l'évaluation économique
- La démarche générale de l'évaluation économique
- La méthode des prix de référence

### **The engineer in the city between Science and Action - Law**

< 1 ECTS, 2024 | Ines Bouchema et Marta Muñoz-Gomez, AgroParis-Tech

Le cours (9h) porte sur les enjeux juridiques du risque (la responsabilité des acteurs : civile, pénale, environnementale et administrative), le droit des contrats, le droit du travail et l'organisation judiciaire.

## **2 Exact sciences, natural sciences and engineering sciences**

### **2.1 Computer Science and Modeling**

#### **Computational Neurosciences Methods**

4 ECTS, 2022 | Srdjan Ostojic, ENS Ulm

The aim of this practical course is to learn to implement computational models of neural systems, and to perform basic analyses of neural data. The students will use Python to work on several projects that include:

1. Simulating a spiking neuron,
2. Simulating a network of neurons,
3. Estimating a receptive field from neural data,
4. Estimating the information contained in neural responses,
5. Simulating an animal's behaviour during reinforcement learning.

#### **Data Sciences**

2 ECTS, 2021 | Alex Cayco Gajic, ENS Ulm

The course will rely on the platform datacamp.com, which provides online classes and exercises to learn data science. One of the drawback of online learning, however, is that students may feel demotivated, they may procrastinate or have issues selecting the material that suits their needs. Recent research has indeed note that completion rate is very low for moocs. The course will aim to help students overcome these obstacles: students will complete their weekly assignments in the classroom with the help of the tutor and their peers. By the end of this class, students will be asked to apply these new acquired skills on their own dataset.

## Machine Learning for Cognitive Sciences

6 ECTS, 2022 | Simona Cocco, ENS Ulm

- Introduction to Bayesian Inference, Conditional Probability and Bayes Theorem
- Asymptotic inference, Entropy of a distribution, Cross entropy, Posterior Distribution, Kullback Leibler Divergence, Irrelevance of prior distribution, Entropy of a Poisson Process
- Information and Shannon's Entropy, Mutual Information, The Maximal Entropy Principle
- Principal Component Analysis, Most Informative directions and top components; Retarded learning phase transition
- Clustering, Online PCA
- Priors regularisation and Sparsity, Priors for least squared regressions, Cross validation for optimal prior strength
- Graphical Inference: Network reconstruction for multivariate Gaussian variables, Ising model and Inverse Ising model, Pseudo Likelihood, Boltzmann Machine Learning, mean field inference, Inference of couplings from neuronal data
- Unsupervised learning: Autoencoders, Restricted Boltzmann Machines, Linear and Nonlinear Activation functions, Representations
- Classification with neural network and perceptron learning algorithm, Multilayer neural networks
- Markov models and Hidden Markov Models

## Mathematical and numerical methods for mechanics

6 ECTS + 6 ECTS, 2019 | Diana Baltean-Carlès et Catherine Weisman, Sorbonne Université (Paris VI)

L'objectif de cette unité est de présenter les méthodes analytiques et numériques de résolution des équations différentielles ordinaires pour l'étude et la résolution de problèmes simples en sciences de l'ingénieur. En associant analyse mathématique et numérique, ce cours vise à donner aux étudiants un large panel de méthodes possibles et les sensibiliser à la qualité des solutions approchées/exactes. Le projet numérique permet de mettre en œuvre ces méthodes sur un problème mécanique et de

poursuivre la pratique du langage de programmation.

- Résolution des Équations Différentielles Ordinaires (EDO) du 1<sup>er</sup> ordre linéaires et non linéaires
- Méthodes numériques d'interpolation (Polynôme interpolé de Lagrange, Moindres Carrés, MiniMax)
- Méthodes numériques d'intégration (Trapèzes, Simpson, méthodes composites, quadrature de Gauss)
- Dérivation numérique (schéma progressifs, régressifs et centrés)
- Résolution numérique des EDO du premier ordre (notions de consistance et convergence, méthodes d'Euler, Runge-Kutta)
- Résolution des EDO du 2<sup>nd</sup> ordre linéaires, EDO d'ordre n
- Valeurs propres, vecteurs propres. Systèmes différentiels.
- Séries entières, Résolution des EDO par décomposition en série entière

### Management and processing of environmental data

1.5 ECTS, 2024 | Liliane Bel & Jean-Marc Gilliot, AgroParisTech

- Méthodes mathématiques et modélisation :
  - Méthodes de classification : elles consistent en la recherche de sous-groupes homogènes dans des populations. Ces sous-groupes formés, il est alors possible de les caractériser en vue d'une analyse spécifique et/ou de leur attribuer un traitement adéquat. Exemples d'applications : types de climats, types de sols, espèces animales ou végétales, ...
  - Modèle linéaire généralisé : Ce modèle étend le modèle linéaire classique à des variables plus complexes, en particulier non continues : binaires, comptages, ou catégorielles. Exemples d'application : modélisation de probabilité de dépassement de seuil d'un polluant, de comptages de végétaux en fonction de pratiques agricoles, ...
- Traitement des données géographiques sous SIG :
  - Requêtes sur les données géographiques : requêtes séquentielles et requêtes géographiques
  - Opérations arithmétiques logiques et statistiques sur les tables de données

- Opérations de calculs géographiques (surface, périmètre ...)
- Jointures entre données : jointure sémantique et jointure spatiale
- Géoréférencement et rectification géographique des données : référentiels géographiques, intégration de cartes scannées, photo aériennes.
- Intégration de données GPS
- Création de données géographiques par numérisation sur fond de plan
- Croisement de couches vecteurs : combinaison d'information et statistiques spatiales

### Modeling project

2 ECTS, 2024 | Julien Lefèvre, AgroParisTech

### Programming for Cognitive and Brain Sciences

2 ECTS, 2022 | Christophe Pallier, ENS Ulm

Students are taught to create visual and auditory stimuli, program real-time experiments that record participants responses, perform basic data processing to analyse the results, etc., using Python (and a bit of R, Javascript,...). This lecture is of interest even for students who are not going to need to program experiments as it teaches how to use revision control software such as git, clean code methods that promote scientific reproducibility, ...

During the first half of the semester, the course consists of short lectures followed by hands-on exercises, in the second half of the semester, students have to code an experiment of their choice.

### Programming for scientific computing

6 ECTS, 2019 | Ivan Delbende, Sorbonne Université (Paris VI)

Le Fortran et le langage C sont des langages compilés très répandus dans le domaine du calcul scientifique et se doivent d'être maîtrisés par toute personne confrontée à la simulation numérique sur ordinateur. L'objectif de cette UE est l'acquisition des principes de base de la programmation impérative via la connaissance d'un de ces langages. Ceci s'accompagne d'une mise en œuvre pratique dans un environnement Linux et de la réalisation d'un projet numérique.

- Connaissances de base sur Unix (selon année)
- Connaissances de base en programmation impérative (édition, compilation, structure d'un programme, variables, types, opérateurs).
- Tests, boucles.
- Tableaux statiques et dynamiques.
- Pointeurs (langage C seulement).
- Entrées-sorties.
- Procédures (fonctions...).
- Types dérivés/structures.
- Modularité et gestion de projet.
- Algorithmique élémentaire (recherche de maximum, tri...).

## 2.2 Mathematics

### Analysis and Algebra II

9 ECTS, 2018 | Antoine Ducros et Charles Arnal, Sorbonne Université (Paris VI)

Après une introduction au raisonnement et à l'écriture mathématiques, le cours se scinde en 2 parties : Analyse et Algèbre linéaire.

- Analyse :

- Comportement asymptotique des suites réelles, complexes et vectorielles
- Etude des fonctions continues
- Suites numériques récurrentes
- Intégration des fonctions continues, sommes de Riemann, exemple de comparaison série-intégrale

- Algèbre :

- Espaces vectoriels sur les réels ou les complexes et leurs sous-espaces vectoriels
- Espaces vectoriels de dimension finie, bases
- Matrices d'applications linéaires dans une base, changement de base
- Diagonalisation et applications

### Calculus

6 ECTS, 2017 | Claire David, Sorbonne Université (Paris VI)

Notions fondamentales d'analyse et d'algèbre (équations différentielles, application linéaire, suites et développements limités, écriture matricielle, etc.)

## Data science: statistical learning

1.5 ECTS, 2024 | Céline Lévy-Leduc, AgroParisTech

La première partie est consacrée à des méthodes d'apprentissage non supervisé afin d'aider à la manipulation et à la visualisation de données. Une méthode classique de statistiques exploratoires — l'analyse en composantes principales — et des méthodes de classification non supervisée telles que les k-means et la classification ascendante hiérarchique sont présentées dans cette première partie.

La seconde et majeure partie est consacrée à des méthodes d'apprentissage supervisé afin de fournir des outils de modélisation et d'interprétation de données. Le modèle linéaire — qui regroupe la régression linéaire, l'analyse de la variance à un et deux facteurs et l'analyse de la covariance —, la régression logistique et la méthode des k plus proches voisins sont présentés dans cette partie.

## Partial differential equation I

3 ECTS, 2019 | Diana Baltean-Carlès, Sorbonne Université (Paris VI)

Cette unité d'enseignement vise à introduire quelques notions fondamentales de résolution numérique et analytique des problèmes de la mécanique modélisés par des équations aux dérivées partielles. L'unité d'enseignement est divisée en Cours, Travaux Dirigés, Travaux Pratiques (utilisant les langages de programmation C et Fortran) et un projet numérique à réaliser en autonomie.

- Chapitre 1 : Différences finies 1D stationnaire et instationnaire
- Chapitre 2 : Résolution des systèmes linéaires par des méthodes directes
- Chapitre 3 : Résolution des systèmes linéaires par des méthodes itératives
- Chapitre 4 : Résolution des EDP d'ordre 1 (caractéristiques, équation de transport)
- Chapitre 5 : Forme canonique pour EDP d'ordre 2 hyperbolique, elliptique, parabolique
- Chapitre 6 : Equation des ondes (solution d'Alembert homogène et non-homogène)
- Chapitre 7 : Equation de la chaleur ou diffusion (solution fondamentale, fonction de Green, homogène et non-homogène)

## Partial differential equation II

3 ECTS, 2020 | Diana Baltean-Carlès, Sorbonne Université (Paris VI)

Acquérir les notions et méthodes mathématiques et numériques nécessaires à la résolution d'équations aux dérivées partielles (EDP) d'ordre 2 de la mécanique.

- Chapitre 1 : Méthodes numériques pour le calcul des valeurs et vecteurs propres pour des matrices carrées: localisation des valeurs propres, méthode de la puissance itérée, puissance itérée inverse, déflation, méthode de Jacobi
- Chapitre 2 : Différences finies 2D, Application à la résolution de l'équation de Poisson, Méthodes Numériques pour les matrices creuses (SOP par points et par blocs)
- Chapitre 3 : Séries de Fourier, Séparation des variables, Application à la résolution des EDP: équation de la chaleur, équation de Laplace, équation des ondes
- Chapitre 4 : Transformées de Fourier, introduction aux convolutions et distributions. Application à la résolution des équations aux dérivées partielles
- Chapitre 5 : Transformées de Laplace et application à la résolution des équations aux dérivées partielles

## Vector analysis and multiple integrals

6 ECTS, 2018 | Jose-Maria Fullana, Sorbonne Université (Paris VI)

Cette UE a pour objectif de donner les bases mathématiques suffisantes aux étudiants pour aborder ensuite différents domaines lors de leur cursus (thermodynamique avec les fonctions de plusieurs variables), calculs en mécanique des solides ou des fluides avec le calcul vectoriel et les différents opérateurs, tout comme les calculs en électrostatique par exemple avec des calculs de flux voire des intégrales de contour.

- Formalisme des formes différentielles.
- Champs de vecteurs, gradient, rotationnel et divergence.
- Diverses manières de définir une courbe ou une surface,
- Courbes et surfaces paramétrées, plan tangent, vecteur normal.
- Intégrales multiples, théorème de Fubini et changement de variables.

- Circulation d'un vecteur et théorèmes de Green-Riemann et de Stokes Généralisé.
- Notion de flux et théorème de la divergence.

## 2.3 Environmental Sciences, Ecology and Evolutionary Biology

### Agroforestry

6 ECTS, 2022 | Corinne Robert et Lou Gauthier, ENS Ulm

1. Se repérer dans les discours autour de l'agroforesterie
2. Découvrir une diversité de systèmes agroforestiers
3. Envisager l'agroforesterie via la diversité de ses approches et des acteurs
4. S'approprier un petit sujet et l'aborder de manière interdisciplinaire

### Colloquium on the Biology of Populations

EEB522, 2025 | Shane C. Campbell-Staton & Bridgett M. vonHoldt, Princeton University

This course features a series of invited speakers who present contemporary research on central problems in ecology, evolution, behavior, conservation, and related fields.; and are an important part of the intellectual life of EEB. They offer opportunities to exchange ideas with leading researchers; to stay abreast of recent developments, current trends, and cutting-edge methods; and to expand one's scientific horizons by learning about work in areas ancillary to one's own research. Class with the speaker immediately following the seminar is required for 1st and 2nd year EEB grad students, and is open only to those students.

### **Ecology: Species Interactions, Biodiversity and Society**

EEB321, 2025 | Robert M. Pringle, Princeton University

How do wild organisms interact with each other, their physical environments, and human societies? Lectures will examine a series of fundamental topics in ecology—herbivory, predation, competition, mutualism, species invasions, extinction, climate change, and conservation, among others—through the lens of case studies drawn from all over the world. Readings will provide background information necessary to contextualize these case studies and clarify the linkages between them. Laboratories and fieldwork will explore the process of translating observations and data into an understanding of how the natural world works.

### **Fundamental Concepts in Ecology, Evolution, and Behavior II**

EEB504, 2025 | Shane C. Campbell-Staton, Gerald G. Carter, Lars O. Hedin, Bernard Y. Kim, Simon A. Levin, Robert M. Pringle, Mary C. Stoddard, Corina E. Tarnita, & Bridgett M. vonHoldt, Princeton University

An advanced foundation in ecology, focusing on the 50 fundamental papers, is given. Topics include dynamics and structure of populations, communities and ecosystems, and conservation biology.

### **Introduction to Ecology and Biodiversity Sciences**

2 ECTS, 2022 | Benoît Pérez-Lamarque, ENS Ulm

L'objectif du cours sera de présenter les concepts de base de l'écologie et des sciences de la biodiversité dont l'étude est essentielle pour avoir comprendre les enjeux de la crise écologique actuelle. Les notions abordées porteront notamment sur le concept de populations, les interactions entre espèces et leur environnement et comment l'ensemble façonne la stabilité et le fonctionnement des écosystèmes. Cette introduction sera également l'occasion d'étudier les différentes perturbations d'origine anthropique qui pèsent actuellement sur les écosystèmes et menacent la biodiversité.

## Permaculture

6 ECTS, 2020 | Corinne Robert et Lou Gauthier, ENS Ulm

Alors que menace de s'effondrer une branche de l'emblématique mûrier planté par Pasteur dans la cour qui porte aujourd'hui son nom, l'atelier "permapasteur" vise à appliquer tout autour de l'arbre les concepts de la permaculture en y introduisant arbustes et plantes aromatiques, le ceignant d'une barrière naturelle protégeant les élèves du risque de chute.

## Scientific and technical basis of ecological engineering écologique

4.5 ECTS, 2023 | Carmen Bessa Gomes, Bruno Lemaire, David Montagne & Caroline Petitjean, AgroParisTech

Il s'agit de :

### 1. Atelier "Sol"

- savoir décrire un sol : organisation en horizons, description des horizons en termes de structure et de composition
- savoir déduire de l'organisation observée des sols les grands principes de son fonctionnement et donc l'impact du sol sur les autres composantes d'un écosystème (écoulements et qualité des eaux, impact potentiel sur la qualité de l'air, milieux plus ou moins favorables à la biodiversité, etc.)
- savoir caractériser le rôle des principales composantes d'un écosystème : climat, matériel parental, relief, biosphère (y compris actions anthropiques en lien ou non avec la production agricole et forestière) sur l'organisation observée du sol
- savoir proposer des modes d'utilisation adaptés, par rapport à la biodiversité, la qualité de l'eau, les potentialités de production à travers le calcul et l'interprétation d'indices de qualité des sols

### 2. Atelier "Eau"

- connaître les processus hydrologiques élémentaires à l'origine des transferts d'eau dans l'environnement (infiltration, ruissellement, recharge des nappes, écoulement des rivières, des eaux souterraines)
- savoir caractériser le fonctionnement hydrologique d'un site donné
- avoir une vision intégrée des relations entre les eaux de surface, les eaux souterraines et la zone non saturée

- savoir anticiper les effets des modifications de l'occupation des sols et des aménagements sur les flux d'eau

### 3. Atelier "Air"

- connaître les grands processus d'émission, de transport et de dépôts de polluants atmosphériques
- comprendre les processus et les mécanismes en jeu dans un épisode de pollution atmosphérique
- identifier les paramètres importants de dispersion et de dépôt de polluants et être capable de les renseigner dans une situation donnée

### 4. Atelier "Biodiversité"

- savoir construire et adapter une stratégie d'échantillonnage afin de mener des inventaires naturalistes
- décrire et comprendre des successions écologiques et connaître les différents modèles s'y rattachant, donc de reconnaître les changements dans la composition des communautés
- écrire et connaître les principales règles d'assemblages des espèces, donc de mesurer la teneur des interactions entre espèces
- calculer des indices de diversité et de vulnérabilité
- évaluer l'état de conservation d'un habitat et d'une espèce

### 5. Atelier "Écologie du paysage"

- caractériser les capacités de dispersion des espèces et identifier l'échelle spatiale critique pour différents espèces d'intérêt
- caractériser le pool spécifique à l'échelle du paysage et de mesurer la contribution de certains patchs ("réservoir de biodiversité") à la diversité
- connaître les principaux vecteurs de dispersion et leurs influences sur la dynamique des populations et identifier les principaux corridors de dispersion (modèle animal et végétal)
- décrire et analyser une dynamique paysagère (analyse diachronique)

## The major challenges of the ecological transition

1 ECTS, 2024 | Professors from all departments, ENS Ulm

Pour répondre aux défis environnementaux, les modules d'enseignements traiteront des transformations de notre société vers un nouveau modèle économique et social en croisant les regards des départements de Sciences et de Lettres sur les changements globaux en cours.

1. Changement climatique et énergie
2. Biodiversité et sociétés
3. Perception et représentation du paysage, entre arts et cultures
4. Que peut-on faire ? Du cerveau à la société
5. Causes, conséquences, et solutions : dialogue entre chimie et physique du climat
6. Contraintes techniques et économiques pour les différents scénarios de transition énergétique. Vers une transition socio-écologique du Droit international économique ?
7. Penser et écrire la nature : écopoétique, zoopoétique et philosophie environnementale
8. Métabolisme de l'océan, métabolisme urbain et la dimension durable
9. Le climat : passé et avenir
10. Prendre soin, valoriser : principes philosophiques et économiques pour l'environnement

## 2.4 Physics and Mechanics

### Analytical Mechanics

9 ECTS, 2020 | Andrea Gauzzi et Jean-Pierre Marco, Sorbonne Université (Paris VI)

- Mécanique lagrangienne:
  - Introduction aux principes variationnels et au calcul des variations. La courbe brachistochrone. Le problème de l'obstacle. Solutions dans le domaine des fonctions et des distributions.
  - Le principe variationnel en mécanique. Fonction de Lagrange (ou Lagrangien) et principe de moindre action. Équations de Lagrange. Champ d'application.
  - Le Lagrangien d'un point matériel, d'un système de points matériels et d'un solide rigide. Exemples et applications.
  - Lois de conservation. Principe d'inertie. Théorème du viriel.
  - Intégration des équations du mouvement. Systèmes linéaires et non-linéaires. Exemples : toupie symétrique, oscillations harmoniques à N degrés de liberté, vibrations de molécules, diffusion de Rutherford.
- Mécanique hamiltonienne:
  - Les transformations de Lagrange. Signification géométrique et applications. Variables conjuguées. La fonction de Hamilton et sa signification physique.
  - Équations de Hamilton. Crochets de Poisson et algèbre de Poisson. Applications.
  - Principe de Maupertuis. Applications. Principe de Fermat et géodésiques.
  - Transformations canoniques. Coordonnées et impulsions généralisées. Applications.
  - Théorème de Liouville. Signification géométrique. Applications.
  - Équations de Hamilton-Jacobi. Intégration des équations du mouvement par séparation des variables. Applications.

## Autonomous project

6 ECTS, 2020 | Vincent Dupuis et Sébastien Payan, Sorbonne Université (Paris VI)

Cette UE est centrée sur la formation "par la recherche" permettant aux étudiants d'acquérir la compétence "conduite de projet" en mobilisant leurs connaissances (expérimentale, numérique, théorique) acquises tout au long de leur formation en Licence. De par la diversité des sujets proposés par les étudiants, elle leur permet également de se projeter vers des thématiques non abordées directement dans les unités fondamentales d'enseignement.

- Savoir mettre au point un dispositif expérimental, une simulation numérique pour répondre à une question de physique de façon autonome.
- Savoir travailler en équipe en mode projet.
- Savoir documenter un projet au jour le jour sur un wiki.
- Savoir restituer un travail long dans un rapport et une soutenance orale.

## Concepts and Methods in Physics

6 ECTS, 2017 | Frédéric Daigne, Sorbonne Université (Paris VI)

- La démarche du Physicien
  - La Physique dans le champ scientifique. La démarche du Physicien.
  - Le champ d'investigation de la Physique : du microscopique au macroscopique/de l'élémentaire au complexe.
  - Le monde élémentaire : constituants et interactions fondamentales.
  - Le monde macroscopique et la complexité. Cohésion et états de la matière à l'échelle macroscopique.
- Grandeur physiques, dimensions et unités
  - Grandeur physiques, lois, dimensions, systèmes d'unités.
  - Homogénéité d'une relation. Analyse dimensionnelle.
  - Lois d'échelle.
- Des systèmes qui évoluent dans le temps

- Systèmes et évolution temporelle : définition d'un système et de son environnement, état et évolution temporelle d'un système physique.
- Quelques exemples fondamentaux d'évolution temporelle : évolutions temporelles linéaire, exponentielle et périodique. Equations d'évolution. Echelles de temps caractéristiques.
- Modélisation de situations physiques : radioactivité, dynamique de populations, croissance cellulaire.
- Des systèmes qui évoluent dans le temps et dans l'espace (le mouvement)
  - La cinématique : décrire le mouvement.
    - \* Modèle du solide rigide.
    - \* Relativité du mouvement. Référentiels. Repère, position, vitesse, accélération.
    - \* Référentiels en translation : cas classique ou relativiste.
  - La dynamique : comprendre les causes du mouvement.
    - \* Les lois du mouvement et de l'équilibre. Principes fondamentaux. Forces.
    - \* Application du principe fondamental de la dynamique à des exemples de mouvements à 1 dimension (chute libre ou avec frottement, distance d'arrêt sur un support horizontal, oscillateur harmonique).
    - \* Etude de l'équilibre d'un système à 2 dimensions (exemple du palet sur un plan incliné – angle critique).
    - \* Conservation de la quantité de mouvement. Etude des collisions à 1 dimension.
  - La dynamique : le point de vue énergétique.
    - \* Puissance, travail, théorème de l'énergie cinétique. Retour sur les exemples de la partie précédente.
    - \* Force conservative, énergie potentielle.
    - \* Conservation de l'énergie mécanique. Paysages énergétiques. Stabilité des positions d'équilibre.
- Des systèmes complexes
  - Etats de la matière : description macroscopique.
  - Etats de la matière : interprétation microscopique.
  - Quelques exemples de phénomènes collectifs : propagation d'une onde, diffusion de matière.

## Continuum Mechanics

1.5 ECTS, 2024 | Denis Flick, AgroParisTech

- Approche eulérienne des écoulements et transferts dans les fluides monophasiques newtoniens
- Approche filaire
- Introduction à des phénomènes plus complexes (sans introduction d'un formalisme général): matériaux multiphasiques et/ou anisotropes, approche multi-échelle, turbulence
- Analyse et résolution de problèmes d'écoulement, de déformation et/ou de transfert par simulation numérique (approche filaire et approche 2D) sur des études de cas

## Elastic structures

6 ECTS, 2020 | Amâncio Fernandes, Sorbonne Université (Paris VI)

- Élasticité tridimensionnelle:
  - Formulation et méthodes de résolution de problèmes d'élasticité linéarisée tridimensionnels.
  - Contrainte et déformation planes. Problèmes classiques traction, flexion, torsion.
- Statique des Poutres:
  - Modèle géométrique, modélisation des efforts extérieurs et intérieurs, équations locales d'équilibre.
- Cinématique des poutres et Lois de comportement:
  - Cinématique, déformation, Théorie naturelle (Timoshenko)
  - Hypothèse de Bernoulli, Relations de comportement, contraintes.
- Méthodes d'énergétique - Structures hyperstatiques:
  - Énergie de déformation élastique, théorème de Castigliano et application au calcul de déplacements, Théorème de Ménabréa et applications aux structures hyperstatiques.
- Travaux pratiques expérimentaux:
  - Étude d'un tube cylindrique sous pression, Essais de flexion trois points, Mesure de photoélasticité, Analyse des résultats et confrontation aux solutions théoriques tridimensionnelles et poutres.

## Electromagnetism and electrokinetics

9 ECTS, 2019 | Laurent Coolen, Sorbonne Université (Paris VI)

Cette UE présente les bases de l'électromagnétisme et ses nombreuses applications dans la vie courante.

- Electrostatique: charge, courant, force, champ électrique, symétries et invariances, lignes de champ, dipôle électrostatique, conducteurs à l'équilibre. Théorème de Gauss. Potentiel et énergie électriques.
- Magnétostatique: aimants, champ magnétique, symétries et in-

variances, théorème d'Ampère, force de Laplace, moment. Application : champ magnétique terrestre, le LHC, ITER.

- Induction: force électromotrice d'induction, loi de Faraday, loi de Lenz, champs induits, moteurs et générateurs, auto-induction, induction mutuelle. Applications : courants de Foucault, transformateur.
- Electrocinétique: composants (résistance, capacités, inductances), circuits. Application : filtrage, résonance.
- Electromagnétisme. Équations de Maxwell. Ondes électromagnétiques, équation de propagation et ses solutions dans le vide.

### Elements of analytical mechanics

6 ECTS, 2020 | Jean-François Allemand, ENS Ulm

- Formulation variationnelle de la mécanique : principe de moindre action
- Formalisme lagrangien et applications : principes variationnels
- Méthode des multiplicateurs de Lagrange
- Transformations de Legendre : applications en thermodynamique
- Formulation hamiltonienne de la mécanique
- Espace des phases, théorème de Liouville, crochets de Poisson
- Méthode de Hamilton-Jacobi

### Energy and Entropy

9 ECTS, 2018 | Marie D'angelo et Nicolas Menguy, Sorbonne Université (Paris VI)

- Mécanique des fluides
  - Hydrostatique macroscopique, poussée d'Archimède
  - Hydrodynamique : bilans macroscopiques de matière, d'énergie – théorème de Bernoulli
  - Introduction aux fluides visqueux, écoulements complexes, nombre de Reynolds
- Théorie cinétique et phénomènes de transport

- Modèle microscopique du gaz parfait – distribution des vitesses – température cinétique et équation d'état – ouverture sur les gaz réels
- Diffusion moléculaire, description macroscopique, bilan de matière
- Température, chaleur, diffusion thermique – notion sur la convection et le rayonnement
- Thermodynamique
  - Travail, chaleur, énergie interne et énoncé du 1er principe de la thermodynamique ; mise en œuvre du premier principe : loi de Laplace, cycle thermodynamique
  - Introduction à l'entropie statistique sans facteur de Boltzmann – la détente de Joule, loi Gaussienne, l'information et l'entropie, macro-état/micro-état
  - Second principe de la thermodynamique, réversibilité/irréversibilité, identité fondamentale, bilans entropiques
  - Machines thermiques, moteur et réfrigérateur, cycle de Carnot
  - Transitions de phase des corps purs : phénoménologie, chaleur latente, introduction aux lois d'évolution des systèmes : potentiels thermodynamiques G et F, relation de Clapeyron
  - Étude de l'équilibre liquide/vapeur

## Experimental physics I

6 ECTS, 2018 | Tristan Briant, Sorbonne Université (Paris VI)

Cette UE est centrée autour de l'instrumentation, l'électronique, les capteurs et de leurs applications. Le fonctionnement des appareils de mesure et de génération de signaux, leur utilisation, et le pilotage par ordinateur sont abordés. Une place importante est consacrée à l'étude et l'utilisation de capteurs (accéléromètre, capteur de position, photo détecteurs, webcam...). L'UE aborde également un certain nombre de techniques de prototypage tant en électronique (utilisation de carte de développement type Arduino) qu'en fabrication (impression 3D et découpe laser). Ces savoir-faire expérimentaux sont mis en pratique pendant les séances TP et lors d'une compétition de robots en fin de semestre.

## Experimental physics II

6 ECTS, 2019 | Christophe Prigent-Le Gall, Sorbonne Université (Paris VI)

Cette UE de Travaux Pratiques est centrée sur les techniques modernes de pointe en physique qui font de notre discipline un outil essentiel d'analyse pour les autres disciplines expérimentales. Le devoir final prendra la forme d'un article scientifique.

- Thème 1 : Propriétés magnétiques de la matière.
- Thème 2 : Propriétés électriques de la matière.
- Thème 3 : Thermique.
- Thème 4 : Acoustique.
- Thème 5 : Laser.
- Thème 6 : Plasma.
- Thème 7 : Matière molle.
- Thème 8 : Physique nucléaire.
- Thème 9 : Nanosciences.

## Fluid Statics and Dynamics

6 ECTS, 2019 | Cédric Croizet, Sorbonne Université (Paris VI)

- Statique des fluides : notions de pression, loi fondamentale de la statique des fluides, théorème d'Archimède.
- Cinématique d'un milieu déformable: description Lagrangienne et Eulérienne du mouvement, dérivée particulaire, trajectoires, lignes de courant.
- Dynamique des fluides parfaits: équation d'Euler, théorème de Bernoulli et applications (tube de Venturi, Formule de Torricelli, tube de Pitot), phénomène de circulation et de portance.
- Dynamique du fluide visqueux et incompressible : notion de viscosité, loi de Newton pour la viscosité, application à des écoulements simples (entraînement par une paroi mobile), nombre de Reynolds.
- TP 1 : Impact d'un jet sur une plaque et une hémisphère (mesure de la vitesse au point d'impact, calcul de débit, prédiction de la force exercée sur l'obstacle).
- TP 2 : Tube de Venturi (mesure de débit, perte de charge).

## From Microscopic to Macroscopic

6 ECTS, 2019 | Matthieu Micoulaut, Sorbonne Université (Paris VI)

- Description statistique d'un système de particules. État macroscopique et micro-états classiques et quantiques.
- Système isolé : états accessibles ; principe d'équiprobabilité des micro-états ; entropie ; évolution vers l'équilibre et fluctuations ; second principe.
- Systèmes en interaction thermique : condition d'équilibre ; température statistique ; entropie et chaleur dans les processus réversibles et irréversibles.
- Source de chaleur idéale : le thermostat. Facteur de Boltzmann. Théorème d'équipartition.
- Systèmes fermés en interaction généralisés : conditions d'équilibre ; les potentiels thermodynamiques et l'évolution vers l'équilibre.
- Systèmes ouverts : le potentiel chimique. Application aux transitions de phases.
- Introduction à la théorie cinétique des phénomènes de transport. Libre parcours moyen. Diffusion de matière, de chaleur, de quantité de mouvement, de charges. Équation de diffusion.

## Fundamentals of Continuum Mechanics

6 ECTS, 2019 | Djimédo Kondo, Sorbonne Université (Paris VI)

- Introduction au calcul tensoriel ; utilisation du calcul indiciel.
- Représentation des milieux continus : échelles, descriptions lagrangienne et eulérienne.
- Tenseurs des déformations, des taux de déformation.
- Équations de conservation : conservation de la masse, conservation de la quantité de mouvement et introduction du tenseur des contraintes.
- Élasticité linéaire : loi de comportement, équation de Navier et résolution de problèmes élémentaires.
- Fluides newtoniens : loi de comportement, équation de Navier-Stokes, applications à des exemples d'écoulements incompressibles

parallèles.

- Travaux pratiques expérimentaux fluide : Viscosimètre à écoulement, Viscosimètre à bille et Rhéométrie.
- Travaux pratiques expérimentaux solide : Caractérisation ultrasonore des constantes d'élasticité. Mesure de modules d'élasticité par essais de traction et de torsion. Essais de flexion trois points.

### Heat Transfers

6 ECTS, 2018 | Sophie Mergui, Sorbonne Université (Paris VI)

- Notions générales sur les différents types de transfert de chaleur. Conduction, convection, rayonnement.
- Notion de température et de flux de chaleur.
- Bilan d'énergie. Etablissement de l'équation de la chaleur. Conditions aux limites et conditions initiales.
- Conduction thermique : généralités. Loi de Fourier.
- Convection thermique : généralités. Coefficient d'échange, Loi de Newton.
- Conduction stationnaire 1D : Milieux plans, cylindriques et sphériques, résistances thermiques, résistances de contact.
- Introduction à la conduction instationnaire : bloc isotherme.
- Modélisation d'ailettes de refroidissement.
- Introduction aux échanges de chaleur par rayonnement.

## Introduction to astrophysics

6 ECTS, 2021 | Nicholas Kaiser, ENS Ulm

- L'observation astronomique : sources astrophysiques, détecteurs et télescopes, astrophysique multi-messagers
- Le transfert de rayonnement : grandeurs photométriques, équation du transfert, équilibre thermodynamique, processus d'émission continue, raies spectrales
- Les étoiles : caractérisation, structure interne, nucléosynthèse stellaire, évolution
- Les stades ultimes de l'évolution stellaire : naines blanches, étoiles à neutrons, trous noirs
- Le milieu interstellaire : gaz et poussières interstellaires, rayonnement, champ magnétique et turbulence
- La formation des étoiles : observations, modèles de l'effondrement gravitationnel, structure des objets protostellaires
- La cosmologie : expansion de l'Univers, modèles FLRW, Big Bang et inflation

## Introduction to Mechanics

6 ECTS, 2017 | Jean-Loïc Le Carrou, Sorbonne Université (Paris VI)

- Mécanique du vol : Notions d'aérodynamique et d'aéronautique. Portance et traînée. Les différentes phases de vol. Les performances.
- Énergétique : Conversion et transfert de l'énergie. Thermodynamique (application au turbopropulseur).
- Acoustique et vibrations : Notions de physio-acoustique, de fréquences et d'analyse de sons. Concept de résonance acoustique. Propagation sonore et de vibrations (applications aux instruments de musique, au véhicule, en acoustique des salles).

## Mechanical and electronic systems: concepts and illustrations

9 ECTS, 2018 | Annick Dégardin et Stoyan Poukkin, Sorbonne Université (Paris VI)

- Systèmes mécaniques (solide rigide, fluide, thermique)
  - Équilibre d'un système mécanique
  - Actions mécaniques : description et modélisation (contact avec et sans frottement, traction-compression, etc.)
  - Fluide au repos (équilibre hydrostatique, fluide incompressible vs. gaz parfait, poussée d'Archimède, etc.)
  - Fluide en écoulement (Conservation de la masse, équation de Bernoulli, viscosité, pression dynamique)
  - Solides déformables (Élasticité linéaire, module de Young, etc.)
  - Thermique (Modes de transferts, résistance thermique, etc.)
- Systèmes électroniques
  - Bases de l'électrocinétique
  - Circuits électriques (dipôles, théorèmes de Thévenin, de Norton, de Millman)
  - Régimes transitoires (Charge/décharge du condensateur dans un circuit RC, oscillations libres d'un circuit LC)
  - Régime sinusoïdal forcé d'un circuit RLC. Résonance
  - Notion de filtrage linéaire
  - Systèmes électroniques analogiques et numériques

## Optics and Electromagnetism

6 ECTS, 2020 | Jean-Hugues Fillion, Sorbonne Université (Paris VI)

- Propagation d'ondes électromagnétiques dans le vide. Ondes planes monochromatiques. États de polarisation.
- Action d'un polariseur. Approche phénoménologique des lames à retard.
- Émission dipolaire et diffusion des ondes électromagnétiques. Polarisation par diffusion.
- Electrostatique et magnétostatique des milieux. Propagation dans les milieux linéaires homogènes et isotropes (LHI) Conducteurs non chargés et Diélectriques. Équation de dispersion. Relations de passage pour les champs électriques et magnétiques à l'interface de deux milieux.

- Réflexion et transmission. Relations de Fresnel.
- Interférences des ondes lumineuses. Cohérence temporelle et spatiale. Interférométrie à deux ondes (Michelson) et à N ondes (Fabry-Perot). Interférences en lumière blanche.
- Diffraction des ondes électromagnétiques. Approximation de Fraunhofer.
- Milieux anisotropes. Équation de dispersion. Définition des milieux biaxes et uniaxes. Propagation dans un milieu uniaxe. Lames biréfringentes.

### Quanta and Relativity

6 ECTS, 2019 | Charles Antoine, Sorbonne Université (Paris VI)

- 1ère partie : Introduction à la mécanique quantique
  - Ordres de grandeurs quantiques/classiques
  - Le photon : énergie, polarisation, probabilité de mesure
  - Dualité onde/corpuscule. Longueur d'onde de de Broglie
  - État quantique. Équation de Schrödinger. Systèmes à 2 états
  - Effet tunnel. Puits quantique. Niveaux d'énergie
  - Paquet d'ondes. Inégalités de Heisenberg
- 2ème partie : Relativité restreinte
  - Changement de référentiels Galiléens, Expérience de Michelson-Morley, Postulat de la relativité restreinte et Transformations de Lorentz
  - Dilatation des durées et contraction des longueurs – Simultanéité, causalité et intervalles spatio-temporels
  - Cinématique relativiste, Composition de vitesses, Effet Doppler-Fizeau
  - Quantité de mouvement et Énergie relativistes, énergie de masse, réactions nucléaires
  - Dynamique relativiste et Collisions. Effet Compton. Accélérateurs de particules

## Quantum Mechanics

6 ECTS, 2019 | Thibaud Jacqmin, Sorbonne Université (Paris VI)

- Fonction d'onde et équation de Schrödinger, paquets d'onde, particule soumise à un potentiel (effet tunnel), quantification de l'énergie, puits simple et double (cas de la molécule d'ammoniac), oscillateur harmonique.
- Espace de Hilbert et notations de Dirac, vecteur d'état, opérateurs, projecteurs et relations de fermeture, théorème spectral, principes de la mécanique quantique, mesure des grandeurs physiques : résultats possibles et probabilités, réduction du paquet d'onde, système à deux états.
- Théorème d'Ehrenfest, base commune à deux observables qui commutent ; Ensemble complet d'observables qui commutent (E.C.O.C.), Commutation et relation d'inégalité d'Heisenberg généralisée.
- Bases continues : représentation position et impulsion.
- Oscillateur harmonique avec le formalisme de Dirac.
- Moment magnétique orbital de l'électron, expérience de Stern et Gerlach, appareils de Stern et Gerlach successifs, mesures de spin, probabilités, valeurs moyennes.
- Opérateur rotation, Résonance Magnétique Nucléaire.
- Quantification du moment cinétique : moment cinétique orbital, énergie de rotation d'une molécule diatomique, harmoniques sphériques.
- Information quantique, portes quantiques et notions sur la cryptographie quantique.
- État d'une particule dans un potentiel central : l'atome d'hydrogène.

## Statics and Dynamics of Undeformable Solids

6 ECTS, 2018 | Yves Berthaud, Sorbonne Université (Paris VI)

- Cinématique du solide rigide : notion de torseur cinématique.
- Statique des systèmes de solides : Torseurs d'action.
- Cinétique du solide rigide : moment d'inertie, torseur cinétique.
- Dynamique du solide rigide : torseur dynamique, principe fondamental de la dynamique d'un système matériel en repère galiléen et non galiléen.
- Théorème de l'énergie cinétique pour un système de solides rigides, puissance des efforts de liaison.
- Équations de mouvements et linéarisation. Analyse des solutions.

## Thermodynamics and Heat

6 ECTS, 2020 | Patrick Da Costa, Sorbonne Université (Paris VI)

- Changement de phase - caractérisation d'un mélange. Équilibre d'un corps sous deux phases.
- Énergie et conversion de l'énergie, analyse de systèmes de conversion d'énergie, Machine de conversion d'énergie.
- Études des principaux cycles thermodynamiques (Rankine, Hirn, Brayton, Otto, Stirling, Diesel, Atkinson, machine frigorifique et de climatisation, etc.).
- Thermodynamique chimique, équation de Gibbs généralisée, loi de déplacement d'équilibre.

## Waves

6 ECTS, 2018 | Michel Fioc, Sorbonne Université (Paris VI)

- Propagation des ondes dans le vide et les milieux
- Superposition des ondes progressives. Interférences à deux ondes. Application : interférométrie astronomique.
- Introduction à la diffraction.
- Propagation des ondes mécaniques : corde vibrante et ondes sonores, ondes dans les solides. Applications: acoustique d'une salle de concert, haut-parleur.
- Réflexion et transmission, ondes stationnaires, modes propres. Application : instruments de musique.

## 2.5 Chemistry

### Chemistry: Structure and reactivity

6 ECTS, 2017 | Benoît Tremblay, Sorbonne Université (Paris VI)

- Atomistique : Atome et Classification Périodique
  - Connaissance de la structure de l'atome, modèle quantique.
  - Établir une structure électronique et en déduire certaines propriétés physicochimiques de l'atome et de ses ions.
- Molécules : Structure des Molécules
  - Comprendre un diagramme d'Orbitales Moléculaires dans une molécule diatomique simple.
  - Établir la représentation de Lewis d'une molécule polyatomique, en déduire la structure géométrique et déterminer son caractère polaire éventuel.
  - Etablir la polarisation d'une molécule en déduire les forces intermoléculaires mise en jeu.
  - Détermination de la chiralité d'une molécule et en trouver les stéréoisomères.
- Réactivité : Réactivité des molécules
  - Identifier un édifice moléculaire nucléophiles et électrophiles.
  - Connaître les interactions entre groupements moléculaires dans le cadre de la théorie HSAB et en déduire les propriétés physicochimiques et la réactivité de groupement moléculaires dans des cas simple.
  - Comprendre des mécanismes réactionnels simples à partir des notions vues en 1 et 2.

### Introduction to technologies of Wastewater Treatment

1.5 ECTS, 2023 | Claire Sophie Haudin, AgroParisTech

- Chimie et physico-chimie du traitement des eaux (potabilisation) : ce qu'on appelle le "génie chimique et physico-chimique du traitement des eaux" correspond à un ensemble de réactions chimiques et de procédés physico-chimiques qui sera brièvement présenté, en privilégiant les réactions de solutés dissous et colloïdaux, et/ou en présence de solides. Après avoir présenté un panorama de ces

réactions, différents exemples pris dans le domaine de l'eau seront traités.

- Traitement biologiques des eaux usées : ce cours aura pour objectif d'illustrer par quelques exemples la diversité des traitements biologiques en œuvre dans les collectivités de petites et de grandes tailles et de présenter les processus microbiologiques en jeu.
- TD (Travaux Dirigés)
  1. Étude d'une filière de traitement des eaux usées
  2. Étude de traitements de potabilisation
  3. Synthèse sur les filières de traitement des eaux usées

### 3 Humanities

#### 3.1 Philosophy

##### History and Philosophy of Science

6 ECTS, 2018 | Nathalie Delprat, Sorbonne Université (Paris VI)

L'objectif de cette UE est de donner aux étudiants quelques bases et notions générales en histoire et philosophie des sciences afin d'acquérir une culture scientifique autre que technique et leur permettant d'engager une réflexion sur la science contemporaine, sa pratique et ses enjeux. En abordant quelques épisodes majeurs de l'histoire des sciences mathématiques et physiques, les enseignants mettront l'accent sur divers aspects de l'activité scientifique de l'Antiquité à la période contemporaine. En particulier seront évoqués les questions liées à l'épistémologie et à la manière dont on conçoit les concepts fondamentaux en mathématiques et en physique ; le rôle des modèles en astronomie, en mécanique et en physique ; et l'inscription des sciences dans des structures institutionnelles.

##### Introduction to philosophy of Cognitive Sciences

4 ECTS, 2021 | Denis Buehler, ENS Ulm

1. Basic concepts and background
  - (a) What is philosophy of cognitive science?
  - (b) The dark ages: Behaviorism, reductive physicalism, and the deductive-nomological model.  
Readings: Skinner 1953. *Science and behavior*. (Excerpts); Hempel 1949. "The logical analysis of behavior." Both in Block 1981
  - (c) The cognitive revolution: Rats, Chomsky, computers, and functionalism.  
Readings: Chomsky 1959. "Review of Skinner" (Excerpts) in Block 1981; Putnam 1967. "Psychological predicates."
2. Representational states and processes
  - (a) The computational theory of mind: Folk psychology, computation, syntax, and levels of explanation.  
Readings: Fodor 1987. *Psychosemantics*. (Chapter 1)
  - (b) Whither content? Naturalizing the content of mental states.  
Reading: Dretske 1986. "Misrepresentation"

- (c) Anti-individualism: Marr's vision and computing contents.  
Reading: Burge 1986. "Individualism and psychology"
- (d) Connectionism: Taking the brain seriously.  
Reading: Rumelhardt 1989. "The architecture of mind: a connectivist approach"
- (e) Against connectionism: systematicity, productivity, and levels of explanation.  
Reading: Fodor & Pylyshyn 1988. "Connectivism and cognitive architecture"

### 3. Organization of mind

- (a) Modularity: The periphery and the center – are there any modules?  
Reading: Fodor 1983. The modularity of mind. (Excerpts)
- (b) Massive modularity: Cheater-detection – are there only modules?  
Reading: Cosmides & Tooby 1994. "Origins of domain-specificity: the evolution of functional organization."
- (c) Mapping the mind/brain: The attention-network – promise and pitfalls.  
Reading: Hatfield 2000. "The brain's 'new' science."

### 4. Explanation

- (a) Putting it all together: How does cognitive science explain? Mental mechanisms.  
Reading: Craver 2007. Explaining the brain. (Excerpts)

### 3.2 Foreign Languages

#### English Intermediate

3 ECTS, 2019 | Cyprien Zitoun, Sorbonne Université (Paris VI)

#### Hieroglyphic Egyptian

*Auditeur libre*, 2020 | Marion Claude, ENS Ulm

Ce cours d'initiation permet d'acquérir les bases nécessaires à la lecture de l'écriture hiéroglyphique. On abordera en parallèle les fondements de la grammaire de l'égyptien classique (langue du Moyen Empire dont l'usage s'est maintenu au-delà), dans une présentation synthétique permettant d'appliquer rapidement ces connaissances à de courts exemples.

#### Persian for Beginners

*Auditeur libre*, 2022 | Azin Mohammadi, ENS Ulm

Langue officielle de l'Iran, de l'Afghanistan (dari) et du Tadjikistan (tadzhiki), le persan appartient à la famille indo-européenne. Il est donc proche des structures grammaticales que nous connaissons et il a, en Iran, la particularité de s'écrire avec l'alphabet arabo-persan.

Le vieux perse, langue de la plupart des inscriptions achéménides, a beaucoup évolué dans sa morphologie, pour laisser place au persan d'aujourd'hui qui n'a plus la conjugaison et la déclinaison complexes des origines. L'apprentissage du persan, langue des poètes tels que Khayyam, Rumi ou Hafez, est une première porte d'entrée indispensable à la connaissance de la civilisation persane.

Ce cours vise à l'acquisition des connaissances grammaticales et lexicales de base. Il prend appui sur les différentes méthodes existantes mais aussi sur des documents originaux comme les chansons, les extraits de films, les documents de médias persanophones.

#### Portugais

3 ECTS, 2023 | Virginia Bazzetti Boechat, AgroParisTech

Apprentissage du portugais du Brésil pour les niveaux intermédiaires; connaissances et utilisation des structures grammaticales, acquisition et consolidation du vocabulaire, entraînement régulier de l'expression et de la compréhension orale et écrite, compréhension d'un large éventail de textes, rédaction de différents types de textes

### **Portuguese for Beginners (A2)**

6 ECTS, 2021 | Lara Neves Soares, ENS Ulm

Ce cours s'adresse aux étudiants n'ayant jamais étudié formellement le portugais auparavant. Les différentes normes du portugais (brésilien, portugais et africain) seront présentées à travers des activités qui privilient l'interaction orale et/ou écrite. Nous partons des besoins sociolinguistiques et pragmatiques pour arriver aux compétences linguistiques. Les cours doivent être suivis sur toute l'année universitaire. Les étudiants seront amenés à travailler régulièrement en binôme et/ou en petits groupes. La participation active ainsi que les activités faites à la maison ont un poids important lors de l'appréciation finale de l'enseignant.

### **Power, gender, sexuality: an introduction to comparative cultural studies**

*Auditeur libre*, 2020 | Sinan John-Richards, ENS Ulm

### **Russian for beginners**

3 ECTS, 2019 | Tatiana Pravova, Sorbonne Université (Paris VI)

### **Spanish Intermediate**

3 ECTS, 2018 | Gloria Nieblas, Sorbonne Université (Paris VI)