

## Appel à candidatures

pour le recrutement d'un enseignant responsable de module

### Statistiques en grande dimension

#### Direction de l'enseignement

Département IMI

Formation d'ingénieur, deuxième année

L'École des Ponts ParisTech recrute un enseignant responsable du module « Statistiques en grande dimension ». Ce cours relève du département Ingénierie Mathématique et Informatique (IMI). Le présent appel à candidatures est lancé dans le cadre de la procédure normale de renouvellement des responsables de modules à l'École des Ponts.

Il s'agit d'une fonction assurée à titre d'emploi secondaire, rétribuée sur vacances.

### Contexte

Le département IMI a pour mission de former des élèves ingénieurs capables de mobiliser et d'adapter leurs connaissances dans des secteurs d'activité variés. Une des difficultés de l'ingénieur du XXI<sup>ème</sup> siècle est de vaincre "le fléau" de la grande dimension. Que ce soit en biologie, en imagerie haute résolution, en finance, en marketing, en science du climat et de l'environnement, on se trouve confronté à un grand nombre de variables observées, qui est parfois bien plus grand que le nombre de données constituant l'échantillon.

L'augmentation de la taille tend à rendre les données plus éparpillées donc à fausser les méthodes traditionnelles d'analyse des données. En effet, l'hypothèse que le nombre de paramètres au sein du modèle reste fixée alors que la taille de l'échantillon augmente sans limite, n'est plus applicable. Pour y remédier, il est nécessaire d'utiliser un ensemble de techniques différent de celui présenté aux élèves dans les cours de statistiques traditionnels. Par ailleurs, il est clair que toutes les caractéristiques mesurées ne sont pas pertinentes et la plupart d'entre elles ne sont que du bruit.

### Le module « Statistiques en grande dimension »

#### Public

Ce cours s'adresse principalement aux étudiants de 2<sup>ème</sup> année de formation d'ingénieur, cursus « Ingénierie Mathématique et Informatique », parcours « Probabilités et Finance » pour lesquels il est obligatoire. Il peut néanmoins constituer un électif pour les étudiants d'autres cursus de la formation d'ingénieur notamment pour les étudiants du parcours « Vision apprentissage ». L'effectif attendu est compris entre 15 et 40 étudiants.

Les étudiants inscrits à ce cours posséderont tous des bases en probabilités (cours de première année et cours de processus stochastique de deuxième année) ainsi qu'en statistiques avec le cours de deuxième année. Certains étudiants suivront un cours de Machine Learning et de Deep Learning en parallèle.

#### Emploi du temps

35 heures et 45 minutes sont réservées à ce cours dans l'emploi du temps des étudiants, soit 13 créneaux de 2h45, au second semestre (février-mai), les lundis de 8h30 à 11h15. Ces créneaux peuvent être consacrés à l'enseignement (cours et travaux dirigés) mais aussi à d'autres types d'activités pédagogiques (travaux pratiques, discussion et correction de travaux effectués à la maison, travaux de groupes tutorés ou non, etc.) ; cf. indications pédagogiques ci-dessous. Les examens et soutenances doivent être organisés dans ces créneaux.

Le cours est crédité de 3 crédits ECTS (European credit transfer system)<sup>1</sup> ce qui correspond à un volume total de travail par étudiant (présence en cours et travaux personnels ou de groupe hors séances) situé entre 75 et 90 heures. Le travail à effectuer hors des créneaux inscrits à l'emploi du temps doit donc être calibré pour 50 heures environ.

## Objectifs

L'objectif de ce cours est de sensibiliser les étudiants aux phénomènes rendant les méthodes statistiques classiques inefficaces en grande dimension. D'un point de vue pédagogique, il sera recommandé que les premières séances constituent un tour d'horizon des problématiques liées à la grande dimension en statistique en alternant les concepts théoriques et leurs applications dans le cadre de simulations numériques.

À l'issue de ce module les étudiants devront :

- Connaître les problèmes posés par la grande dimension en statistique,
- Être capables de sélectionner un modèle statistique en grande dimension,
- Choisir de façon adéquate l'analyse statistique qui convient au problème considéré,
- Être capable d'implémenter les méthodes statistiques en grande dimension en utilisant par exemple des bibliothèques Python ou le logiciel R.

Ce module contribue au développement des compétences suivantes : analyser, modéliser, diagnostiquer ; mobiliser les outils de la recherche et du développement et de l'innovation.

## Contenus et éléments de programme

1. Vecteurs Gaussiens, quelques propriétés de concentration en haute dimension, quelques propriétés des matrices de Wishart.
2. Shrinkage et phénomène de Stein
3. Maximum de vraisemblance en régression, étude de la performance lorsque le nombre de paramètre est comparable au nombre d'observation
4. Estimateurs convexes en compressed sensing: systèmes linéaires avec plus d'inconnues que d'équations, Basis pursuit, minimisation de normes L1 et norme nucléaire, "sample complexity" pour la résolution de systèmes linéaires avec plus d'inconnues que d'équations.
5. Approche pénalisée en régression : Lasso et Elastic-Net, comparaison avec les estimateurs par seuillage en dimension 1, sélection de paramètre par validation croisée et autres critères
6. Clustering : mixture de Gaussiennes, coût de la dimension et transition de phase pour retrouver les communautés dans le cas de 2 communautés, exemples d'algorithmes de clustering.
7. Tests multiples pour tester un grand nombre d'hypothèse de manière simultanée, correction de Bonferroni, False Discovery Rate et procédure de Benjamini-Hochberg.

## Procédure de sélection

---

Le dossier de candidature comprendra :

- un CV (explicitant en particulier les expériences d'enseignement et incluant la liste des publications éventuelles)
- un projet de cours comprenant notamment :
  - la reformulation des objectifs
  - les contenus et le programme
  - la bibliographie (et webographie)
  - les modalités d'évaluation des acquis des étudiants
  - l'organisation (modalités pédagogiques, supports de cours envisagés, équipe enseignante pressentie, intervenants éventuels)

---

<sup>1</sup> Un crédit ECTS correspond à un temps de travail total d'un étudiant de 25 à 30 heures, comprenant la présence en cours et le travail personnel ou en groupe hors cours. Une année scolaire comporte typiquement 60 crédits ECTS pour environ 1650 heures de travail.

- la fiche descriptive du module (en français et en anglais) qui paraîtra dans notre catalogue des enseignements si votre candidature est retenue. Vous en trouverez le modèle au format Word à l'adresse <http://www.enpc.fr/recrutements-denseignants>.

Le dossier est à envoyer à Madame Marie Mathieu-Pruvost, Directrice de l'enseignement par courriel à [marie.mathieu-pruvost@enpc.fr](mailto:marie.mathieu-pruvost@enpc.fr), cc : [sofiane.martel@enpc.fr](mailto:sofiane.martel@enpc.fr)

La date limite de réception des dossiers de candidature est fixée au **4 novembre 2021**.

Les candidats dont les dossiers auront été retenus seront auditionnés **la semaine du 8 novembre 2021** par un jury réuni par le département Ingénierie Mathématique et Informatique (IMI). Le jury pourra comprendre des personnalités extérieures à l'École.

## Informations complémentaires

### Contacts

---

Éric Duceau Président du département IMI	<a href="mailto:eric.duceau@enpc.fr">eric.duceau@enpc.fr</a>
Sofiane Martel Responsable Académique du département IMI	<a href="mailto:sofiane.martel@enpc.fr">sofiane.martel@enpc.fr</a> 01.64.15.39.56

### Rôle du responsable de module

---

Le responsable de module est chargé de constituer et d'animer son équipe d'enseignants : intervenants ponctuels, chargés d'enseignement, chargés de TD. Des intervenants extérieurs peuvent donc être envisagés pour assurer certaines séances, prendre en charge des groupes de TD, assurer un tutorat en présence ou à distance. Le responsable de module doit cependant faire preuve d'une disponibilité suffisante pour la durée de l'enseignement. Il est le garant de l'unité du cours et de la qualité de l'ensemble du cours.

La responsabilité du module inclut l'envoi, à l'administration de l'École, de toutes les informations permettant de dimensionner et de réserver les moyens logistiques (salles, logiciels, visites, rémunérations des intervenants...).

Le responsable de module veille à l'exactitude du descriptif en ligne de son module (cf. <http://gede.enpc.fr>) ; il informe par écrit étudiants et responsables de formation de tout changement significatif en cours d'année, en particulier en cas de modification des modalités d'évaluation des acquis.

Il est soucieux de l'amélioration continue de son cours. Il participe à la commission d'évaluation qui met en dialogue, à la fin de chaque édition du cours, un délégué étudiant, le responsable de module (accompagné s'il le souhaite d'enseignants de son équipe), le responsable de formation et un conseiller pédagogique ; il informe son équipe des conclusions de la commission.

Il participe autant que possible aux rencontres d'enseignants qui lui seront proposées, conseils de département et journée des enseignants notamment, et s'intéresse aux différents aspects de la formation de ses étudiants (cursus auquel appartient le cours, autres cours du cursus, projets d'étudiants, stages...).

Tout responsable de module est appelé à accompagner des élèves en stage, en projet de fin d'études ou en thèse professionnelle, dans son domaine de compétence, en tant que tuteur école. Cet accompagnement fait l'objet d'une rémunération spécifique.

# Indications pédagogiques communes à l'École des Ponts

---

## Alignement des objectifs pédagogiques et de l'évaluation des acquis

Le plus important n'est pas ce qui a été enseigné mais ce que l'étudiant a appris. Les objectifs pédagogiques sont l'expression de ce que l'étudiant doit avoir acquis à la fin du module, de ce qu'il doit savoir et de ce qu'il doit savoir faire. Les objectifs pédagogiques sont la base du contrat pédagogique qui lie le responsable de formation, l'enseignant responsable de module et l'étudiant. C'est pourquoi il vous est demandé de reformuler ces objectifs dans votre proposition. Après validation, les objectifs vous serviront de base pour construire votre dispositif d'évaluation des acquis (comment vais-je m'assurer que les étudiants ont, plus ou moins, acquis ce qu'ils devaient acquérir ?) et ils nous serviront de base pour évaluer la qualité cours (ce cours atteint-il les objectifs qui lui sont assignés pour la grande majorité des étudiants ?).

Les étudiants expriment souvent leur besoin de comprendre le sens des activités qui leur sont demandées pour leur formation. Ce sens se trouve dans la bonne articulation des activités de formation (ce que font les étudiants dans le module), des objectifs pédagogiques (ce qu'ils doivent savoir et savoir-faire à la fin du module) et des objectifs de formation (les compétences professionnelles au développement desquelles contribue ce module).

## Implication et autonomie des étudiants

L'École est attentive à l'implication des étudiants dans leurs apprentissages et au développement de leur autonomie. Il est donc attendu des enseignants qu'ils favorisent le travail autonome des étudiants, travail personnel ou en groupe. Le travail attendu hors séances devra être explicité, accompagné le cas échéant, et évalué. Sont encouragées les pédagogies :

- qui incitent les étudiants à se mettre très tôt au travail et les placent en position d'acteurs de leurs apprentissages ;
- qui renvoient régulièrement des informations aux étudiants sur la qualité de leur travail ;
- qui sont fondées sur des situations réelles et permettent aux étudiants de faire le lien entre les connaissances ou savoir-faire acquis et leur futur exercice professionnel ;
- qui utilisent les outils numériques pour favoriser la continuité entre le travail en séance et hors séance ; on attend au minimum la mise à disposition des supports de cours au format numérique sur la plateforme educnet.enpc.fr.

**En formation d'ingénieur :** Pour un cours de 13 séances, au moins 2 séances<sup>2</sup> devront offrir des modalités pédagogiques qui renforcent ou provoquent le travail autonome des étudiants (classe inversée, accompagnement de projet, réponse aux questions postées sur un forum, évaluations formatives, tutorat à la demande, office hours, apprentissage par problème, etc.). Selon la modalité choisie, l'encadrement pourra être renforcé ou absent, en présence ou à distance, mais dans tous les cas le travail des étudiants devra être vérifié et évalué. Ces modalités sont à organiser en concertation avec les responsables de formation.

## Correction des travaux d'étudiants

Tout devoir doit donner lieu à une correction (quelle qu'en soit la forme : écrite ou orale, individualisée ou collective) qui permette aux étudiants de savoir où ils en sont de leurs apprentissages et de s'appuyer sur cette information pour progresser. A fortiori, les travaux notés doivent faire l'objet d'une correction qui permette aux étudiants de comprendre leur note. S'il s'agit d'un contrôle intermédiaire, la correction doit être donnée avant l'examen final. Une modalité de rattrapage devra être prévue pour les étudiants n'ayant pas validé le module. Les copies d'examen sont remises à l'École après correction.

## Enseignement en anglais

Les étudiants devront être capables de travailler aussi bien en français qu'en anglais. **En formation d'ingénieur :** Pour faciliter l'acquisition de l'anglais scientifique et professionnel, tout module doit comprendre au moins une activité en anglais : cours, conférence, lecture d'article... Pour les cours à

---

<sup>2</sup> 2 séances pour un cours de 13 séances ; 1,5 séance pour un cours de 10 séances ; 1 séance pour un cours de 6 ou 7 séances. Il est bien sûr possible d'offrir ce type de modalités pédagogiques sur l'ensemble d'un module. Les modalités de mise en œuvre et les légitimes variations d'un cours à l'autre peuvent être discutées avec le responsable académique du département d'enseignement.

gros effectifs, pour lesquels il y a plusieurs petites classes, on veillera à ce qu'une petite classe au moins soit enseignée en anglais, dans la mesure du possible par un enseignant anglophone.

Si vous êtes anglophone, un enseignement totalement en anglais peut être envisagé.

### Supports de cours

Les enseignants sont encouragés à produire un polycopié structuré et rédigé et à le distinguer des supports visuels de leurs présentations orales (diapositives). Contrairement aux diapositives qui n'ont pas habituellement vocation à être imprimées, le polycopié pourra être tiré par le service de reprographie. Il peut aussi être diffusé, en un ou plusieurs blocs, sur la plateforme d'enseignement de l'Ecole des Ponts, <https://educnet.enpc.fr>. Il est fortement recommandé de mettre à disposition des étudiants tous les supports de cours, en format numérique, sur la plateforme educnet.

Il est souvent utile de produire un syllabus qui reprend le descriptif normé du cours, tel qu'il se trouve en internet sur notre catalogue des enseignements <http://gede.enpc.fr>, et de le compléter avec des indications plus précises sur ce qui est attendu des étudiants. Par exemple : le détail des lectures ou travaux à effectuer avant chaque séance, la précision de ce qui constitue le cœur de l'apprentissage et de ce qui est donné à titre informatif ou culturel, le détail des modalités d'évaluation, les dates de rendus, etc.

D'autres formes de supports peuvent être créées avec le soutien du Service ingénierie et innovation pédagogique (S2iP). Par exemple : capsules vidéo (cours magistral, corrections d'exercices, expériences en laboratoire), quizz d'auto-positionnement ou d'auto-évaluation, wikis, forums. Le développement du elearning ouvre de nouvelles possibilités d'enrichissement des cours et de travail autonome des étudiants que les enseignants sont encouragés à explorer. Si cela vous semble pertinent, un enseignement partiellement ou totalement à distance peut être envisagé.

Il est aussi possible d'utiliser des supports préexistants : livres et manuels, sites internet... Le service documentaire est à votre disposition pour vous aider à trouver ces ressources.

## Soutien apporté par l'Ecole

---

Les départements d'enseignement et responsables de formation sont les premiers interlocuteurs des enseignants pour ce qui touche aux contenus d'enseignement et aux étudiants inscrits au cours.

Le Service ingénierie et innovation pédagogique (S2iP) accompagne les enseignants à la demande. Il peut accompagner la conception pédagogique (rédaction du descriptif de module et du syllabus, réflexion sur l'évaluation des acquis), faciliter la prise en main des outils numériques (plateforme educnet, boitiers de vote électronique, tableaux numériques) et coproduire des ressources de formation destinées à l'apprentissage autonome (vidéos, quizz). Contact : [contact-s2ip@enpc.fr](mailto:contact-s2ip@enpc.fr).

Un site internet dédié à la pédagogie, <https://pedagotheque.enpc.fr>, informe les enseignants sur les outils à leur disposition, met en valeur des initiatives pédagogiques intéressantes, propose des temps de rencontres entre enseignants (midi pédagogiques, ateliers thématiques, formations). Un guide de l'enseignant est à votre disposition : [ICI](#).