

3MD3021 - Principes Théoriques de l'Apprentissage Profond

Responsables : **Sarah LEMLER** , **Fragkiskos MALLIAROS** , **Hédi HADIJI**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **40**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **24**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Les algorithmes d'apprentissage automatique impliquant des réseaux neuronaux profonds ont accumulé les succès empiriques à un rythme spectaculaire au cours des dernières années. Nombre de ces réussites ne peuvent être expliquées par l'intuition issue de la théorie de l'apprentissage standard. En outre, à mesure que la popularité de l'apprentissage profond augmente, le fossé entre la théorie et la pratique ne cesse de se creuser. Construire les bases d'une théorie satisfaisante de l'apprentissage profond, avec l'objectif de guider les praticiens, est un défi majeur de la recherche moderne.

Dans ce cours, nous discuterons des progrès théoriques récents réalisés pour décrire les performances empiriques des méthodes de deep learning. Nous nous concentrerons principalement sur l'étude de la capacité de *généralisation* étonnamment bonne des réseaux profonds. Considérons une tâche de classification, dans laquelle, étant donné un ensemble de features et de labels d'entraînement, nous souhaitons prédire l'étiquette inconnue d'une nouvelle caractéristique de test. Une connaissance superficielle de théorie classique de l'apprentissage laisserait penser que des modèles très complexes doivent overfitter sur les données d'apprentissage, mais la pratique a prouvé à maintes reprises que les réseaux neuronaux donnent de bons résultats malgré un surparamétrage massif. Nous décrirons quelques idées qui ont été proposées pour expliquer ce phénomène ; les sujets que nous pourrions aborder sont les suivants : théories de la généralisation (capacité, marge, stabilité, compression, ...), régularisation implicite par SGD et paysage d'optimisation, bornes PAC-bayes, approximation théorique des grands réseaux (NTK).

Prérequis :

- probabilités, statistiques, algèbre linéaire élémentaires
- optimisation: convexité, descente de gradient
- apprentissage statistique: PAC-learning, dimension VC
- connaissances des principes de base du deep learning

Plan détaillé du cours (contenu) :

- Rappels d'apprentissage statistique et optimisation
- Bornes PAC pour les réseaux de neurones

- Bornes PAC-Bayes et bornes de compression
- Limites du framework PAC et 'biais inductifs' liés à l'optimisation
- NTK et dynamique d'apprentissage

Déroulement, organisation du cours :

Cours magistraux et TP.

Organisation de l'évaluation :

Présentation d'articles, parmi une liste proposée:

- présentation du contexte et des résultats principaux,
- esquisse de preuve des résultats théoriques,
- illustration numérique.

Moyens :

Enseignant: Hédi HADIJI

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

- une compréhension approfondie des aspects spécifiques à l'apprentissage profond qui le différencient d'autres techniques de machine learning.
- une connaissance de différents critères d'évaluation théoriques pour les méthodes de machine learning
- une connaissance des principales hypothèses avancées par la communauté scientifique pour expliquer des succès du deep learning, ainsi que des limites de ces hypothèses.

Description des compétences acquises à l'issue du cours

:

The main skills developed during this course will be

C1.1 - 'Analyze the global behavior of a complex system' The central theme of the course is the general analysis of the behavior of methods containing neural networks.

C1.3 - 'Estimate parameter values and evaluate approximation quality'. Students will learn to anticipate the impact of various parameters guiding the training, and a fortiori the performance, of deep neural networks.

C1.4 - 'Prototyping, realizing and validating complex systems': the theoretical knowledge acquired will enable students to develop an intuition that will guide them in the development of deep learning methods. These insights will be illustrated by practical exercises

The course content will be based on research results, and students will be encouraged to read recent research articles. TD/TP sessions and the final presentation will enable students to "Integrate and consolidate newly acquired skills within a body of knowledge (C2.2)".

As the subject of the course is deep learning, practical sessions will be offered to illustrate some of the ideas discussed in class. Students will be asked to 'Numerically solve a problem (C.6.1)' and 'Design software (C6.2)'. They will also look at the nature of training data, and its impact on the trained model - 'C6.3 - Processing data'.