

# Rapport des organisateurs de l'Ecole de Recherche CIMPA "Approches algorithmiques et statistiques de l'Apprentissage" – Antananarivo 2019

Rasendrahasina Vonjy (rasendrahasina[at]gmail.com)  
Ravelomanana Vlady (vlad[at]liafa.irif.fr)

Juillet 2019

## 1 Généralités

L'école "Approches algorithmiques et statistiques de l'Apprentissage" a eu lieu du 16 au 25 juillet 2019 à l'Université d'Antananarivo. Elle a permis de renforcer les échanges scientifiques entre les étudiants et les enseignant-chercheurs venant des provinces de Madagascar, de l'Afrique du Sud, du Senegal, du Ghana, du Cameroun, du Benin, des îles Comores et de la France métropolitaine sur les thèmes abordés lors de ces journées scientifiques.

Durant une dizaine de jours, à raison de 6 heures par jour, les intervenants ont donné des cours, des travaux dirigés ainsi que des exercices de programmation sur machine aux participants.

Des séances ont été également consacrées aux interventions des doctorants et jeunes docteurs. L'objectif de ces interventions courtes se focalisaient non seulement sur la présentation de leurs résultats et thèmes de recherche mais aussi sur le partage d'expérience aux participants. En tout, cinq jeunes chercheurs ont pris part ces mini-présentations.

## 2 Contenu scientifique

Les thèmes visés par l'Ecole tournent autour de l'Apprentissage automatique et optimisation à grande échelle, de l'Algorithmique avancée : algorithmes randomisés et distribués, de la Recherche et extraction d'informations, de l'Indexation et interprétation des informations, de l'Apprentissage profond, et de l'Analyse des réseaux.

Les cours qui ont été donnés sont résumés ci-dessous.

### 2.1 Introduction aux principales méthodes d'apprentissage statistique

GASSO GILLES – LITIS EA 4108 – INSA – UNIVERSITÉ DE ROUEN

Les succès actuels en Intelligence Artificielle (IA) sont portés par la disponibilité de grandes quantités de données, des capacités de calcul croissantes et abordables, et des avancées en apprentissage statistique. L'apprentissage automatique s'appuie sur des outils théoriques et algorithmiques en statistiques, probabilités, théorie de la décision, et en informatique pour résoudre des problèmes du monde réel. L'objectif de ce cours a été de fournir aux participants un aperçu des applications bénéficiant des techniques développées en apprentissage machine. Le cours a présenté un ensemble d'algorithmes efficaces pour résoudre deux types de problèmes importants, les problèmes de régression et de classification. L'extension de ces algorithmes à l'apprentissage à grande échelle sera également présentée. Programme : Introduction à l'apprentissage statistique, Méthodes linéaires, Apprentissage et méthodes à noyaux, Apprentissage à grande échelle, Apprentissage approfondi (deep learning).

## 2.2 L'approche markovienne

RAHERINIRINA ANGELO – UNIVERSITÉ DE FIANARANTSOA

La chaîne de Markov fait partie des exemples les plus simples d'un processus stochastiques. Ce cours a visé à initier les participants à la modélisation stochastique à travers ce cas particulier tout en insistant sur sa simplicité et son efficacité. Plan: Généralités sur les processus stochastiques, Chaîne de Markov à temps discrets, Inférence d'un modèle markovien, Quelques extension du modèle markovien, Etudes de cas.

## 2.3 Eléments de théorie pour l'apprentissage automatique

RALAIVOLA LIVA – LIF – UMR 7279. AIX – MARSEILLE UNIVERSITÉ

L'apprentissage automatique, Machine Learning, a aujourd'hui une place incontournable dans les disciplines de l'informatique. Elle est l'objet d'une attention phénoménale aussi bien de la part de la communauté de la recherche universitaire que de la part de grands acteurs industriels (Google, Facebook, Amazon, Apple, Microsoft...) qui la mettent au coeur de leurs actions en recherche et développement —pour proposer des systèmes d'intelligence artificielle de plus en plus performants.

Les fondements théoriques de cette discipline se trouvent dans les travaux de Vapnik, à la fin des années 70, qui venaient notamment caractériser les propriétés dites de généralisation de modèles appris à partir d'échantillons de données finis. Ces fondements reposent sur des outils de statistique non paramétrique, de combinatoire et d'algorithmique (pour l'optimisation, en particulier). Depuis ces premiers travaux, de nombreuses avancées sont venues enrichir la théorie de l'apprentissage. L'objet de ce cours a été de visiter certaines de ces avancées. Nous avons discuté comment ces éléments de théorie s'articulent avec les modèles d'apprentissage populaires que sont les méthodes à noyaux, les réseaux de neurones ou encore les algorithmes de bandits

## 2.4 Apprentissage parcimonieux pour l'apprentissage statistique

RAKOTOMAMONJY ALAIN – LITIS EA 4108 – INSA – UNIVERSITÉ DE ROUEN

Dans de nombreux domaines d'application tels que la biologie computationnelle, la finance ou le text mining, les données à partir desquelles les modèles de prédiction sont appris, sont systématiquement de grande dimension et de grande quantité. Une façon de traiter de tels types de données consiste à apprendre des modèles parcimonieux. Les modèles parcimonieux permettent non seulement de reconstruire des signaux de grande dimension, de découvrir les variables pertinentes d'un jeu de données. La parcimonie rend également l'apprentissage des modèles plus efficace. Un grand nombre de nouvelles applications ont émergé pour tirer parti de la parcimonie, conduisant à des solutions structurées à partir d'un nombre d'exemples limités et réalisant une sélection de variables intégrées. Ce cours a couvert la théorie, les algorithmes et les applications de l'optimisation parcimonieux en apprentissage automatique. Syllabus : Apprentissage statistique régularisé, Optimisation non-lisse, Algorithme de gradient proximal, Application à l'apprentissage de dictionnaire et factorisation de matrices, Apprentissage à partir de pénalités non-convex.

## 2.5 Graphes aléatoires et algorithmes

RASENDRAHASINA VONJY – UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

Les (hyper)graphes sont des objets combinatoires ubiquitaires pour modéliser des structures complexes comme les réseaux ou encore les interactions humaines et biologiques. Ce cours constitue une introduction aux techniques mathématiques et algorithmiques nécessaires à l'étude de ces structures de données souvent reflétant des réseaux réels (télécommunications, réseaux sociaux, ...). Dans une première partie, nous avons présenté les principaux modèles de graphes aléatoires et leurs propriétés. Nous avons montré alors comment utiliser les outils de combinatoire énumérative/analytique et les méthodes probabilistes pour étudier nos objets.

Dans une seconde partie, nous avons étudié les algorithmes destinés à résoudre certains problèmes sur ces graphes. Nous avons illustré différentes propriétés des algorithmes randomisés au moyen d'exemples.

En particulier, nous avons vu comment des problèmes algorithmiques très difficiles dans le pire cas peuvent se résoudre efficacement sur des instances typiques de graphes aléatoires

## 2.6 Algorithmique Avancée

RAVELOMANANA VLADY – IRIF – UMR 8243 – UNIVERSITÉ DENIS DIDEROT PARIS 7

Dans un premier temps, ce cours a proposé de voir plusieurs concepts algorithmiques avancés comme l'exploration exhaustive, le backtracking, les algorithmes gloutons et la programmation dynamique. Ensuite, on a étudié les algorithmes fondamentaux issus de problèmes de l'informatique fondamentale classiques mais aussi ceux intimement liés avec les autres cours de l'Ecole: algorithmes de graphes (coloration, clique, stable, coupe, ...)- algorithmes randomisés (Monte-Carlo, Las Vegas, analyse en moyenne), algorithmes distribués dans les systèmes complexes (collecte de données, diffusion, ...), algorithmes d'approximation (schéma d'approximation, inapproximabilité), algorithmes online.

## 2.7 Probabilités

RAVELOMANANTSOA FY – UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

Le cours a proposé de (re)voir les fondements de la théorie des probabilités avec une forte orientation vers les variables aléatoires discrètes qui sont au cœur de l'École.

## 2.8 Intelligence artificielle: apprentissage profond et Monte Carlo tree search

TEYTAUX OLIVIER – FACEBOOK RESEARCH AI

On a présenté les grandes lignes de l'apprentissage profond: Réseaux convolutionnels; Réseaux récurrents; Relu; Régularisation; Dropout; Réseaux résiduels; Construction automatique de réseaux profonds; Optimisation d'hyper-paramètres. On développera aussi le Monte Carlo Tree Search (fouille d'arbres Monte-Carlo): Méthode de Monte-Carlo; Adjonction d'une fouille d'arbre; Combinaison avec l'apprentissage profond. Sans oublier les forêts aléatoires: Échantillonnage de colonnes; Bagging; Boosting; Gradient boosted trees; Random forest et extreme random forest.

## 3 L'emploi du temps

Le tableau ci-dessous résume l'emploi du temps effectif de l'Ecole du 16 au 25 juillet 2019.

Programme Ecole de Recherche CIMPA Antananarivo 2019										
Horaire	16 juillet 2019	17 juillet 2019	18 juillet 2019	19 juillet 2019	20 juillet 2019	21 juillet 2019	22 juillet 2019	23 juillet 2019	24 juillet 2019	25 juillet 2019
8:45 – 9:45		Introduction au langage python et à l'apprentissage statistique	Probabilité discrètes	Intelligence artificielle apprentissage profond et Monte Carlo tree search	Excursion	Quartier libre	Elements de théorie pour l'apprentissage automatique	Elements de théorie pour l'apprentissage automatique	Intelligence artificielle apprentissage profond et Monte Carlo tree search	Graphes aléatoires
9:45 – 10:45		Probabilité discrètes	Introduction au langage python et à l'apprentissage statistique	Graphes aléatoires			Elements de théorie pour l'apprentissage automatique	Apprentissage parcimonieux pour l'apprentissage statistique	Apprentissage parcimonieux pour l'apprentissage statistique	Elements de théorie pour l'apprentissage automatique
10:45 – 11:00		Pause-café	Pause-café	Pause-café			Pause-café	Pause-café	Pause-café	Pause-café
11:00 – 12:00		Graphes aléatoires	Algorithmique avancée	Algorithmique avancée			Intelligence artificielle apprentissage profond et Monte Carlo tree search	Apprentissage parcimonieux pour l'apprentissage statistique	Elements de théorie pour l'apprentissage automatique	Intelligence artificielle apprentissage profond et Monte Carlo tree search
12:00 – 13:30		Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner			Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner
13:30 – 14:30	Inscription	Introduction au langage python et à l'apprentissage statistique	Graphes aléatoires	Intelligence artificielle apprentissage profond et Monte Carlo tree search			Intelligence artificielle apprentissage profond et Monte Carlo tree search	L'approche markovienne	L'approche markovienne	Ramasse des affectations
14:30 – 15:30	Ouverture	Probabilité discrètes	Probabilité discrètes	Graphes aléatoires			Apprentissage parcimonieux pour l'apprentissage statistique	L'approche markovienne	L'approche markovienne	
15:30 – 15:45	Collation	Pause-café	Pause-café	Pause-café			Pause-café	Pause-café	Pause-café	Pause-café
15:45 – 16:45		Algorithmique avancée	Introduction au langage python et à l'apprentissage statistique	Algorithmique avancée			Apprentissage parcimonieux pour l'apprentissage statistique	Exposé des étudiants	Exposé des étudiants	