

# THÈSE DE DOCTORAT DE

L'UNIVERSITÉ DE NANTES

ÉCOLE DOCTORALE N° 601  
*Mathématiques et Sciences et Technologies  
de l'Information et de la Communication*  
Spécialité : *Mathématiques et leurs Interactions*

Par

**Honorine ROYER**

**Méthodes d'apprentissage statistique mêlant approche bayésienne et deep learning**

Thèse présentée et soutenue à « Lieu », le « date »  
Unité de recherche : **Laboratoire de Mathématiques Jean Leray (LMJL)**

## Rapporteurs avant soutenance :

Badih GHATTAS                      Professeur d'université - Université d'Aix Marseille  
Nicolas W. HENTGARTNER      Professeur - Los Alamos National Laboratory

## Composition du Jury :

*Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse*

Président :	Prénom NOM	Fonction et établissement d'exercice (à préciser après la soutenance)
Examineurs :	Bertrand MICHEL	Professeur d'université - ECN
	Sophie ANCELET	Chercheur - IRSN
	Yannig GOUDE	PAST - Université Paris Saclay et Chercheur senior - EDF R&D
Dir. de thèse :	Jairo CUGLIARI	MC - Université Lyon Lumière 2
	Anne PHILIPPE	Professeur d'université - LMJL, Université de Nantes

## Invité(s) :

Laurent BOZZI                      Ingénieur de recherche - EDF R&D  
Philippe CHARPENTIER          Ingénieur de recherche - EDF R&D

---

**Titre :** Méthodes d'apprentissage statistique mêlant approche bayésienne et deep learning

**Mot clés :** Apprentissage profond, apprentissage par transfert, méthodes bayésiennes, séries temporelles, consommation électrique individuelle

**Résumé :** Nous proposons des méthodes statistique mêlant approche bayésienne et deep learning pour prévision de consommation électrique individuelle. Les travaux sont réalisés en partenariat avec EDF. Deux types de méthodologies sont développées : l'une faisant usage de réseaux de neurones bayésien et l'autre utilisant du deep learning pour de la réduction de dimension avant clustering en vue d'appliquer des modèles bayésiens plus classiques sur les clusters. Dans un premier temps, nous présentons une méthodologie d'estimation d'un modèle de régression à plu-

sieurs sorties en grande dimension avec des réseaux de neurones. Celle-ci est appliquée à la prédiction de courbes de charges individuelles de clients non résidentiels. Dans un second temps, nous présentons une méthodologie de transfer learning bayésien adaptée à des données de panel. Nous l'appliquons à la problématique de prévision de consommation à la fin du mois de clients non résidentiels en situation d'historique court, pour des clusters de clients. Ces clusters de clients sont obtenus avec des réseaux de neurones.

---

**Title:** Statistical learning methods combining the Bayesian approach and deep learning

**Keywords:** Bayesian methods, deep learning, individual electrical consumption, time series, transfer learning

**Abstract:** We propose statistical methods combining the Bayesian approach and deep learning for forecasting individual electrical consumption. This work is done in partnership with EDF. Two types of methodologies are developed: one relying on Bayesian neural networks, the other using deep learning for dimensionality reduction prior to clustering. Bayesian (non deep) models are then applied to the clusters. Firstly, we present a methodology to estimate a multi target regression

model in high dimension with neural networks. It is applied to the prediction of individual load curves of non residential customers. Secondly, we present a Bayesian transfer learning approach adapted to panel data. The methodology is applied to forecasting the individual end-of-month consumption of residential customers, with short historical data, for specific clusters of customers. Those clusters are built using neural networks.