

# HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES HDR

NANTES UNIVERSITE

Spécialité : Informatique

Par

**Kandaraj PIAMRAT**

## **From network management towards network analytics**

A decade journey of research study

Travaux présentés et soutenus par visioconférence, le 12 février 2025

Unité de recherche : LS2N (UMR 6004)

### **Rapporteurs avant soutenance :**

Rami LANGAR  
Yacine GHAMRI-DOUDANE  
Stefano SECCI

École de technologie supérieure à Montréal (Canada)  
Professeur, La Rochelle Université  
Professeur, CNAM Paris

### **Composition du Jury :**

Président : *(à préciser après la soutenance)*  
Examineurs : Carla Fabiana CHIASSERINI  
Claude JARD  
Yusheng JI  
Adlen KSENTINI

Professeur, Politecnico di Torino, Italie  
Professeur émérite, Nantes Université  
Professeur, National Institute of Informatics, Japon  
Professeur, EURECOM, France (référent)

---

**Titre :** De la gestion des réseaux à l'analyse des réseaux : un voyage d'une décennie de recherche

**Mots clés :** Gestion de ressources, Analyse de trafic, Expérience utilisateur, Apprentissage

**Résumé :** Ce manuscrit explore l'évolution de la gestion et de l'analyse des réseaux, mettant en avant des concepts, des technologies et des défis cruciaux dans ces domaines. Pour la gestion des réseaux, il y a eu un changement majeur vers la priorisation de l'expérience utilisateur ou *Quality of Experience* (QoE), incitant des adaptations significatives. Nous avons examiné et proposé des approches à la fois centralisées et décentralisées pour l'allocation de ressources conscientes de la QoE à travers des divers types de réseaux sans fil (maillés, domestique, capteurs). De plus, nous avons couvert des conceptions inter-couches qui intègrent le routage (couche réseau), la priorisation de trames vidéo (couche applicative) et la file d'attente (couche MAC), pour l'optimisation de la diffusion vidéo.

Pour l'analyse des réseaux, nous avons exploré une gamme de techniques d'apprentissage automatique. Celles-ci incluent des méthodes d'apprentissage non supervisé pour des tâches

telles que la définition de tranche de réseaux et l'analyse du réseau véhiculaire, des approches supervisées pour la classification du trafic utilisant des modèles d'ensemble et l'apprentissage fédéré, et des stratégies semi-supervisées, particulièrement pour adresser les problèmes de rareté de labels, en utilisant des autoencodeurs empilés et l'apprentissage fédéré.

De plus, nous avons présenté un paradigme destiné à l'apprentissage à travers le continuum Cloud-Edge-IoT, qui intègre l'apprentissage fédéré hiérarchique avec des réseaux neuronaux impulsionsnels, offrant des solutions aux défis de scalabilité, de confidentialité et d'efficacité énergétique.

Collectivement, ces efforts visent à faire progresser l'état de l'art dans la gestion et l'analyse des réseaux, offrant diverses méthodologies pour améliorer les performances du réseau, la sécurité, l'expérience utilisateur et fournir des informations sur les réseaux de communication de génération actuelle et future.

---

**Title :** From network management towards network analytics: a decade journey of research study

**Keywords :** Network Management, Network Analytics, Quality of Experience, Machine Learning, Federated Learning,

**Abstract :** This manuscript explores the evolution of network management and analytics, highlighting crucial concepts, technologies, and challenges within these domains. In the realm of network management, there has been a major shift towards prioritizing user-centric Quality of Experience or QoE, encouraging significant adaptations. We have explored both centralized and decentralized approaches to QoE-aware routing and resource allocation across wireless mesh networks, home networks, and sensor networks. Additionally, we have covered cross-layer designs that integrate routing, application layer prioritization, and MAC queuing, particularly for optimizing video streaming. For network analytics, we have delved into a range of machine-learning techniques. These include unsupervised learning methods for tasks like

analysis, supervised learning methods for traffic classification utilizing ensemble models and federated learning, as well as semi-supervised learning strategies, for addressing label scarcity issues, employing stacked autoencoders and federated learning. Furthermore, we have outlined a framework geared towards learning across the Cloud-Edge-IoT continuum. This framework integrates hierarchical federated learning with spiking neural networks, offering solutions to scalability, privacy, and energy efficiency concerns. Collectively, these efforts aim to advance the state-of-the-art in network management and analytics, offering a deck of comprehensive methodologies to improve network performance, security, user experience, and insights into contemporary and future communication networks.

