

# 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 : *Informatique*

Par

**Fatoumata DAMA**

**Analyse à grande échelle de séries temporelles multivariées et de traces d'événements interdépendantes, en contexte incertain**

Application à la modélisation et à la prédiction, pour la simulation numérique en anesthésie

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 15/12/2022

Unité de recherche : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N)

Thèse N° : « si pertinent »

## Rapporteurs avant soutenance :

Stéphane DERRODE    Professeur, École Centrale Lyon  
Germain FORESTIER    Professeur, Université de Haute Alsace, Mulhouse -  
École nationale supérieure d'ingénieurs Sud-Alsace (ENSISA)

## Composition du Jury :

	Prénom NOM	Fonction et établissement d'exercice ( <i>à préciser après la soutenance</i> )
Président :		
Examineurs :	Anne PHILIPPE	Professeur, Nantes Université
	Michele SEBAG	Directrice de Recherche CNRS, Université Paris-Saclay
	Christel VRAIN	Professeur, Université d'Orléans
Dir. de thèse :	Christine SINOQUET	Maître de conférence, Nantes Université

## Invité(s) :

Corinne LEJUS-BOURDEAU    Professeur des Universités - Praticien Hospitalier, LE SiMU - CHU de Nantes

---

**Titre :** Analyse à grande échelle de séries temporelles multivariées et de traces d'événements interdépendantes, en contexte incertain. Application à la modélisation et à la prédiction, pour la simulation numérique en anesthésie

**Mot clés :** Série temporelle, Trace d'événements, Chaîne de Markov, Modèle auto-régressif, Simulation en anesthésie

**Résumé :** La simulation en santé est un outil pédagogique permettant aux professionnels médicaux et paramédicaux (en formation initiale ou continue) de se former à la prise en charge de situations réalistes sur un patient "fictif" (représenté par un *mannequin haute-fidélité*). Les simulations sont basées sur des scénarios cadencés par les actions des apprenants. Les réactions du patient en réponse aux actions des apprenants, mesurées grâce aux paramètres physiologiques (e.g., fréquence cardiaque, pression artérielle, fréquence respiratoire et température), sont générées manuellement par les formateurs.

Afin d'augmenter la diversité et le réalisme des scénarios, nous proposons dans cette thèse d'automatiser la génération des réactions du patient. Ce problème revient à modéliser conjointement la série temporelle multivariée des paramètres physiologiques et la trace d'événements des actions médicales. Deux nouvelles classes de modèles de Markov cachés auto-régressifs ont été proposées à cet effet. L'application considérée est la simulation numérique dans le domaine de l'anesthésie-réanimation. Les données utilisées ont été fournies par le CHU de Nantes.

---

**Title:** Large-scale analysis of multivariate time series and event traces in an uncertain context. Application to modeling and prediction, for numerical simulation in anesthesia

**Keywords:** Time series, Event trace, Markov chain, Autoregressive model, Simulation in anesthesia

**Abstract:** Health simulation is a pedagogical tool that allows medical and paramedical professionals (in initial or continuing education) to train in the managing of realistic situations on a "fictional" patient (represented by a *high-fidelity dummy*). Simulations are based on scenarios rythmed by learners' actions. Patient reactions in response to learners' actions, measured through physiological parameters (e.g., heart rate, blood pressure, respiratory rate and temperature), are manually generated by the trainers.

In order to increase the variability and realism of the scenarios, we propose in this thesis to automate the generation of the patient's reactions. This problem amounts to jointly model the multivariate times series of physiological parameters and the event trace of medical actions. Two new classes of autoregressive hidden Markov models have been proposed for this purpose. The application considered is the numerical simulation in the field of anesthesia-resuscitation. The data used were provided by the CHU of Nantes.