

## Automatisation du paramétrage et de la calibration de modèles de Jumeaux Numériques de systèmes de production

### Code

AM/PhD1

### Date limite

30-11-2025

### Ecole doctorale

Ecole doctorale SMI (Sciences des Métiers de l'Ingénieur)

### Description

Les jumeaux numériques constituent des répliques virtuelles de systèmes physiques permettant la simulation, la prédiction et l'optimisation de performances opérationnelles. Dans le contexte des systèmes de production manufacturiers, leur développement repose sur la construction de modèles de simulation, dont la fidélité dépend critiquelement de la qualité du paramétrage et de la calibration.

Le paramétrage consiste à identifier et formaliser les comportements du système (lois de service, politiques de routage, contraintes opérationnelles, ...) à partir de données observées et de connaissances expertes. La calibration vise ensuite à résoudre un problème d'optimisation inverse : déterminer les valeurs de paramètres qui minimisent l'écart entre les sorties du modèle et les observations réelles. Ces deux processus sont chronophages et nécessitent une expertise technique importante, constituant un frein majeur au déploiement des jumeaux numériques. L'Intelligence Artificielle offre un potentiel significatif pour automatiser ces processus en exploitant les données historiques de production afin d'identifier automatiquement les comportements du système et d'explorer efficacement l'espace de calibration. Cependant, leur automatisation par Intelligence Artificielle soulève plusieurs verrous scientifiques :

- L'identification automatique des comportements du système depuis des données de production pose un problème d'apprentissage statistique en présence de bruit, de données manquantes et d'observations partielles du système. → *Comment développer des méthodes d'apprentissage robustes pour identifier automatiquement les comportements système dans ces conditions ?*
- La calibration automatique de modèles de simulation se formule comme un problème d'optimisation sous incertitude difficile : fonction objectif coûteuse à évaluer, potentiellement multimodale, nécessitant des approches d'exploration efficace de l'espace des paramètres tout en minimisant le nombre de simulations. → *Quelles stratégies d'optimisation permettent d'explorer efficacement l'espace des paramètres tout en minimisant le coût de la calibration ?*

Dans cette perspective, le (la) doctorant(e) développera des méthodes d'Intelligence Artificielle pour automatiser le paramétrage et la calibration de modèles de simulation de systèmes de production. Les contributions scientifiques attendues incluent des algorithmes d'extraction automatique de paramètres comportementaux depuis des flux de données hétérogènes, ainsi que des méthodes de calibration automatique explorant efficacement l'espace des paramètres. À terme, ce travail permettra de réduire significativement le temps et l'effort de développement des modèles tout en améliorant leur fidélité, et d'ouvrir la voie vers des architectures autonomes et adaptatives.

### Qualifications académiques et compétences requises

Le (la) candidat(e) devra posséder une solide formation en Intelligence Artificielle, en science des données ou en recherche opérationnelle. La maîtrise de Python est indispensable, de même qu'une bonne capacité à

traiter et analyser des données hétérogènes. Des connaissances en modélisation et simulation de systèmes de production, en particulier avec des logiciels tels qu'AnyLogic, Simio ou similaires, constitueront un atout significatif.