



PhD Thesis Proposal Digital Twin for Short Term Planning in Surface Treatment Industries



Global Information

This PhD takes place in IMT Mines Albi CGI team (France)

- **Location:** Albi, CGI <https://cgi.imt-mines-albi.fr/>
- **Expected start date:** September or October 2026 depending on applicant availability
- **Funding:** CORAC PME Infinity
- **Keywords :** Digital Twin engineering, coupling Simulation-optimisation-AI, surface treatment industry.
- **application site :** <https://institutminestelecom.recruitee.com/o/phd-thesis-proposal-digital-twin-for-short-term-planning-in-surface-treatment-industries>

Context

In the context of Industry 4.0 and beyond, industrial stakeholders are deploying digitization strategies where operational systems are connected to increasingly intelligent cyber systems. In this context, the organizational digital twin refers to the system that enables bidirectional interaction between a physical organization (people and systems) and its virtual replica, with the goal of globally managing flows.

Recent reviews and typologies (e.g., Kritzinger et al., 2018; Onaji et al., 2022; Soori et al., 2023; Kober et al., 2024; Traoré, 2024; Namaki Araghi et al., 2025) on digital twins in manufacturing show that the digital twin manages workshop data and interoperates with various systems (MES, ERP, traceability, quality). It uses physics-based or data-driven simulation models focused on flow management, and orchestrates services oriented toward data processing or simulation models for decision support. The digital twin has various objectives (assessing the impact of changes and performance, optimization) and interacts with users as needed to support decisions at different time horizons (tactical and operational) and potentially of different natures (planning, maintenance, quality). Implementing such a system represents a major organizational and technical challenge that must be adapted to the specificities and evolving needs of industry.

The INFINITY project aims to design and test a digital twin system to support industrial planning in the context of the surface treatment industry. It is in partnership with a leading industrial player in this field for the aeronautics industry, Mecaprotec, and the project is funded by CORAC. Since large-scale industrial digital twin projects are rare, one of the project's challenges is to study the scalability of the proposed system and the impact of the digital twin on the organization. As part of the project also focuses on designing new treatment processes, another aspect involves evaluating the impact of these new processes on the production system's digital twin.

Several PhD are being conducted simultaneously within this project, each with complementary focuses:

- (i) data collection and the construction of necessary informations for the digital twin;

- (ii) the digital twin for short- and medium-term planning (this PhD)

- (iii) the digital twin for strategic planning.

Problem Statement

This PhD thesis focuses on the digital twin for short- and medium-term production management in the surface treatment industry. This industry has several unique characteristics (such as make-to-order production on customer-

supplied parts, very short lead times, a highly diverse customer base, and significant product variety) which shift the challenges of planning toward capacity agility to regulate work-in-progress between workshops.

The central objective of the thesis is to propose a digital twin system centered on finite-capacity simulation models to support short- and medium-term planning. It will involve designing complementary services to assist in this planning, including:

- Optimization of key decisions,
- Skills development and Management of multi-skilled operators,
- Order grouping to form batch sizes,
- Detecting changes on critical parameters for the models (e.g., process routes, macro-routes, product mix, skills availability, etc.).

The digital twin will be designed using a systems engineering approach that:

- Formalizes requirements,
- Anticipates the impacts of scalability and process evolution to propose an architecture adapted to these changes,
- Evaluates the added value of the digital twin.

Research Problem Addressed in this Thesis

Several scientific challenges have been identified in this research topic:

- Coupling discrete-event simulation and equivalent models (reinforcement learning) for finite-capacity simulation: While this topic has been widely studied in recent years (refs), the challenge lies in proposing an efficient, effective, and frugal coupling tailored to the decisions to be supported and the specificities of surface treatment processes (some highly automated, others highly manual).
- Coupling finite-capacity simulation and optimization in a distributed control context: The coupling of simulation and optimization has long been studied for production systems (refs). Similarly, bi-level planning (short/medium-term) is well-established (refs). However, the models and resolution methods need to be adapted to the underlying industrial context. Here, as the production system consists of workshops with a degree of autonomy, the challenge is to propose local optimization approaches for each workshop across at least two time horizons (a few days and a few weeks), taking into account their specificities (skill management, order grouping), while maintaining global control of priorities and inter-workshop collaboration via the digital twin.
- A systems engineering approach applied to the digital twin, accounting for the impacts of scalability and technological evolution on the digital twin's architecture.

Action Plan

The main steps of the PhD include:



PhD Thesis Proposal

Digital Twin for Short Term Planning in Surface Treatment Industries



- Analysis of requirements and architecture of the digital twin,
- Definition of simulation models,
- Definition of optimization and coordination services,
- Application to a few examples from the industrial case study,
- Evaluation of the digital twin.

References

- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *Ifac-PapersOnline*, 51(11), 1016-1022.
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Digital twin for smart manufacturing, A review. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 2, 100017.
- Kober, C., Medina, F. G., Benfer, M., Wulfsberg, J. P., Martinez, V., & Lanza, G. (2024). Digital twin stakeholder communication: characteristics, challenges, and best practices. *Computers in Industry*, 161, 104135.
- Traore, M. K., Gorecki, S., & Ducq, Y. (2024). A Formal Framework for Digital Twin Modeling, Verification, and Validation. In *Digital Twins, Simulation, and the Metaverse: Driving Efficiency and Effectiveness in the Physical World through Simulation in the Virtual Worlds* (pp. 119-143). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Araghi, S. N., Liu, Z., Sarkar, A., Louge, T., & Karray, M. H. (2025). Digital twin's anatomy: A cross-sector framework with healthcare validation. *IEEE Access*, 13, 21306-21334.
- Mbolamananamalala, R., Chaniour, S. R., & Chapurlat, V. (2025). Proposal of a Model-and Pattern-Based Method for the Engineering of a Digital Twin System. *INSIGHT*, 28(6), 29-32.

IMT Mines Albi and CGI Laboratory

IMT Mines Albi, a school under the authority of the French Ministry of Industry, is part of the Institut Mines-Télécom, France's leading group of engineering and management schools. At the forefront of industrial and academic challenges on the international stage, it acts as a scientific and economic driver for its region by combining its four missions—training engineers with a focus on sustainable development, conducting scientific research, contributing to economic development, and promoting the culture of science, technology, and innovation—into a virtuous and innovation-driven cycle.

Its position in education and research establishes IMT Mines Albi as a reference school in three of the IMT's four thematic areas: future sustainable industries, energy - circular economy and society and, health and well-being engineering.

Through its Centre Génie Industriel (CGI), IMT Mines Albi conducts research at the intersection of artificial intelligence and industrial engineering, in collaboration with national and international public and industrial partners.

The Centre Génie Industriel (CGI) (cgi.imt-mines-albi.fr) comprises approximately 70 people, including 25 PhD students. The center focuses on supporting the transition of ecosystems by enabling responsible and sustainable decision-making in unstable or disrupted environments. This is achieved through the representation, modeling, and analysis of organizational data to formalize knowledge that leads to decision-making in heterogeneous, collaborative, uncertain, and/or disrupted contexts.

The CGI is structured around applied research axes and scientific programs. The applied research axes are:

- FLOWS: Flexible Logistics and Operations for Sustainable Worlds (**this PhD is affiliated with this axis**).



PhD Thesis Proposal
Digital Twin for Short Term Planning in Surface Treatment Industries



- DiSCS: Digital Systems for Crisis Management and Security;
- TRACE: Territorial Resilience, Agility, and Circular Economy;
- WHOPS: Well-being and Health through Organizational Processes and Services.

The two core scientific programs underpinning these research axes are:

- HOPOPOP: Hybridization for Operations & Planning, Organizations & Performance, Optimization & Problem-solving (**this PhD is affiliated with the HOPOPOP program**).
- AIME-DM: Automated Information Modeling and Extraction for Decision-Makers.

Profile and application:

Education

- Master's or engineering degree in Industrial Engineering (or computer science with experience in industrial engineering) with research experience.

Core competencies

- Systems Engineering
- Simulation and Operations Research
- Software development skills (Java, Python)
- Strong proficiency in English (minimum level B2) **and** French (minimum level B2)

Transversal skills

- Autonomy and ability to work collaboratively within a research team.
- Motivation to contribute to industrial application of research.

Additional desirable skills (not mandatory)

- Knowledge in reinforcement learning and data mining.

Application materials: CV, cover letter, summary of Master's thesis or research work, transcripts, Recommendation letters (in particular in industry and research experience) and any other supporting documents.

Application deadline: June 7, 2026, 12:00 PM on the following link:
<https://institutminestelem.com/o/phd-thesis-proposal-digital-twin-for-short-term-planning-in-surface-treatment-industries>

Notification for interview: no later than June 15th, 2026.

Contacts:



PhD Thesis Proposal
Digital Twin for Short Term Planning in Surface
Treatment Industries



Jacques Lamothe, CGI IMT Mines Albi, jacques.lamothe@mines-albi.fr
Séverine Durieux, CGI IMT Mines Albi, severine.durieux@mines-albi.fr
Victor Romero, CGI IMT Mines Albi, victor.romero@mines-albi.fr



PhD Thesis Proposal Digital Twin for Short Term Planning in Surface Treatment Industries



Informations globale

Cette thèse aura lieu au Centre de Génie Industriel de IMT Mines Albi (France).

- **Localisation:** Albi, CGI <https://cgi.imt-mines-albi.fr/>
- **date de début:** September ou octobre 2026 selon disponibilité du candidat
- **financement** de la thèse: CORAC PME pour le projet Infinity
- **mots clés :** Digital Twin engineering, coupling Simulation-optimisation-AI, surface treatment industry.
- **lien pour candidater :** <https://institutminestelem.com/o/phd-thesis-proposal-digital-twin-for-short-term-planning-in-surface-treatment-industries>

Contexte

Dans le contexte de l'Industrie 4.0 et au delà, les acteurs industriels déploient des stratégies de numérisation où les systèmes opérationnels sont connectés à des systèmes cyber de plus en plus intelligents. Dans ce contexte, le jumeau numérique organisationnel désigne le système qui permet une interaction bidirectionnelle entre une organisation physique (personnes et systèmes) et sa réplique virtuelle dans un objectif de pilotage global des flux.

Les revues récentes et les typologies (par ex. Kritzinger et al., 2018 ; Onaji et al., 2022 ; Soori et al., 2023 ; Kober et al., 2024 ; Traoré, 2024 ; Namaki Araghi et al., 2025) sur les jumeaux numériques dans le cadre manufacturier montrent que le JN gère des données d'atelier et interopère avec divers systèmes (MES, ERP, traçabilité, qualité), dispose de modèles de simulation physiques ou basés sur les données axés sur la gestion des flux, et orchestre des services orientés vers le traitement des données ou des modèles de simulation. Le JN a divers objectifs (évaluation des impacts des changements et de la performance, optimisation), et des interactions avec les utilisateurs lorsque nécessaire pour soutenir des décisions à différents horizons (tactique et opérationnel) et potentiellement de différentes natures (planification, maintenance, qualité). La mise en œuvre d'un tel système représente un défi organisationnel et technique majeur qui doit être adapté aux spécificités et évolutions industrielles.

Le projet INFINITY vise à concevoir et tester un système de jumeaux numériques pour soutenir la planification industrielle dans le contexte d'une industrie de traitement de surface. Il est en partenariat avec un industriel phare de ce domaine pour l'industrie aéronautique qui porte le projet sur un financement CORAC. Les projets de jumeau numériques de taille industrielle étant peu fréquents un des enjeux du projet est d'étudier la scalabilité du système proposé et l'impact sur jumeau numérique sur l'organisation. Une partie du projet visant à concevoir de nouveaux procédés de traitement, une partie du sujet porte aussi sur l'évaluation de l'impact de ces nouveaux procédés sur le pilotage du système de production.

Plusieurs thèses sont menées simultanément au sein de ce projet, chacune avec des orientations complémentaires : (i) la collecte de données et la construction des informations nécessaires à la planification ; (ii) le jumeau numérique pour la planification à court et moyen terme ; et (iii) le jumeau numérique pour la planification stratégique.

Problématique

Ce sujet de thèse concerne le jumeau numérique pour le pilotage à court et moyen terme de la production dans une Digital Twin for Short Term Planning in Surface Treatment Industries

industrie de traitement de surface. Cette industrie à quelques spécificités (production à la commande sur la base de pièces fournies par les clients, délais promis très courts, très grande diversité de clients, très grandes diversité) qui déplacent les enjeux de la planification : une agilité capacitaire pour réguler l'encours dans les ateliers.

L'enjeu central de la thèse est de proposer un système jumeau numérique centré sur un ou des modèles de simulation à capacité finie qui aident à la planification court et moyen terme, mais aussi sur des services à concevoir en appui à cette planification (optimisation de certaines décisions, gestion de la polyvalence des opérateurs, rassemblement des commandes pour constituer des tailles de lot, le suivi de paramètres vitaux pour le jumeau [gamme, macro-gamme, mix produit, polyvalence, ...]).

Le jumeau sera conçu en suivant une démarche d'ingénierie système qui formaliser les exigences, anticipe les impacts de la scalabilité et des évolutions de process pour proposer une architecture adaptée à ces évolutions, et évalue la valeur ajoutée du jumeau numérique.

Verrous scientifiques identifiés sur cette thèse :

Différents verrous scientifiques sont identifiés dans ce sujet :

– Couplage simulation à événements discrets et modèles équivalents (renforcement learnings) pour la simulation à capacité finie : Si ce sujet est très étudié depuis quelques années (refs), l'enjeu est de proposer un bon couplage (frugal, efficient et efficace) adaptés aux décisions à supporter et aux spécificités des process de traitement de surface (certains très automatisés et d'autres très manuels).

– couplage Simulation à capacité finie et optimisation dans un contexte de pilotage distribué : Le couplage Simulation/optimisation est étudié de longue date pour les systèmes de production (refs). De même, la planification bi-niveau (court / moyen terme) est bien formalisée (refs). Pour autant, les modèles et les méthodes de résolution demandent à être adaptées au contexte industriel sous-jacent. Ici, le système de production étant constitué d'ateliers ayant une certaine autonomie, l'enjeu est de proposer des approches d'optimisation locales à chaque atelier sur au moins 2 horizons de temps (quelques jours et quelques semaines) prenant en compte leurs spécificités (gestion des compétences, regroupement de commandes) tout en ayant un pilotage global des priorités et de collaboration inter-atelier via le jumeau numérique.

– une démarche d'ingénierie système appliquée au jumeau numérique qui prenne en compte les impacts de la scalabilité et des évolutions technologiques sur l'architecture du jumeau numérique.

Plan d'action

Le plan d'action visé sur cette thèse est le suivant :

- Analyse des exigences et architecture du jumeau numérique,
- Définition des modèles de simulation
- Définition des services d'optimisation et de coordination
- Application sur quelques exemples du cas industriel
- Evaluation du jumeau numérique.

References

- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *Ifac-PapersOnline*, 51(11), 1016-1022.
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Digital twin for smart manufacturing, A review. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 2, 100017.
- Kober, C., Medina, F. G., Benfer, M., Wulfsberg, J. P., Martinez, V., & Lanza, G. (2024). Digital twin stakeholder communication: characteristics, challenges, and best practices. *Computers in Industry*, 161, 104135.

- Traore, M. K., Gorecki, S., & Ducq, Y. (2024). A Formal Framework for Digital Twin Modeling, Verification, and Validation. In *Digital Twins, Simulation, and the Metaverse: Driving Efficiency and Effectiveness in the Physical World through Simulation in the Virtual Worlds* (pp. 119-143). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Araghi, S. N., Liu, Z., Sarkar, A., Louge, T., & Karray, M. H. (2025). Digital twin's anatomy: A cross-sector framework with healthcare validation. *IEEE Access*, 13, 21306-21334.
- Mbolamanamalala, R., Chaniour, S. R., & Chapurlat, V. (2025). Proposal of a Model-and Pattern-Based Method for the Engineering of a Digital Twin System. *INSIGHT*, 28(6), 29-32.

IMT Mines Albi et le Centre de Génie Industriel

École du ministère en charge de l'industrie, IMT Mines Albi est une école de l'Institut Mines- Télécom, 1er groupe d'écoles d'ingénieurs et de management de France. À l'avant-garde des enjeux industriels et académiques sur la scène internationale, elle agit comme un moteur scientifique et économique territorial en combinant ses 4 missions - former des ingénieurs en intégrant la dynamique du développement durable, faire de la recherche scientifique, contribuer au développement économique et diffuser la culture des sciences, des techniques et de l'innovation - en un cercle vertueux et porteur d'innovation.

Son positionnement en matière de formation et de recherche place IMT Mines Albi comme école de référence sur trois des quatre thématiques de l'IMT, à savoir l'industrie du futur responsable, l'énergie, économie circulaire et société ainsi que l'ingénierie, santé et bien-être.

IMT Mines Albi, au travers du Centre Génie Industriel (CGI), développe des recherches à la frontière entre l'intelligence artificielle et le génie industriel, en collaboration avec des partenaires publics et industriels nationaux et internationaux.

le Centre Génie Industriel (CGI) (<https://cgi.imt-mines-albi.fr/>) compte environ 70 personnes dont 25 doctorants. Le centre s'intéresse à l'accompagnement de la transition des écosystèmes en permettant de prendre des décisions responsables et durables, dans des environnements instables ou perturbés. Ceci est mis en pratique par la représentation, la modélisation et l'analyse des données de ces organisations afin de formaliser de la connaissance conduisant à la prise de décision dans des contextes hétérogènes, collaboratifs, incertains et/ou perturbés.

Il est structuré selon des axes de recherche appliquée et des programmes scientifiques. Les axes de recherche appliquée sont :

- Axe FLOWS : Flexible Logistics and Operations for sustainable WorldS **dans lequel cette thèse est rattaché.**
- Axe DiSCS : Digital Systems for Crisis management and Security ;
- Axe TRACE : Territorial Resilience, Agility, and Circular Economy ;
- Axe WHOPS : Well-being and Health through Organizational Processes and Services.

Les deux programmes scientifiques au cœur de ces axes de recherche sont :

- HOPOPOP : Hybridization for Operations & Planning, Organizations & Performance, Optimization & Problem-solving ; **Cette thèse est rattachée au programme HOPOPOP.**
- AIME-DM : Automated Information Modeling and Extraction for Decision-Makers.

Profil recherché :

Formation

- Master's degree in Computer Science or an Engineering degree in Industrial Engineering.

Compétences techniques

- Ingénierie Système
- Simulation à événements discrets et recherche opérationnelle
- Compétences en développement informatique (Java, Python)

Compétences transverses

- **Anglais** écrit et parlé (minimum level B2) ET **Français** (minimum level B2)
- Autonomie et capacité à travailler dans une équipe de recherche.
- Motivation pour contribuer à une application industrielle de la recherche.

Compétences complémentaires (pas indispensable)

- Connaissances en apprentissage par renforcement et analyse de données massives pour la simulation

Documents demandés pour candidater: CV, lettre de candidature, résumé de la thèse de master, copies de publications, relevés de notes, lettres de recommandation (expérience de recherche et industrielle) et tout autre document jugé utile pour appuyer votre candidature.

Site de candidature : Il est demandé de déposer les candidatures sur le lien suivant : recrutee.com

Application deadline: 7 Juin, 2026, 12:00 PM via le lien : <https://institutminestelecom.recrutee.com/o/phd-thesis-proposal-digital-twin-for-short-term-planning-in-surface-treatment-industries>

Convocation pour interview: vers le 15 Juin, 2026.

Contacts:

Jacques Lamothe, CGI IMT Mines Albi, jacques.lamothe@mines-albi.fr
Séverine Durieux, CGI IMT Mines Albi, severine.durieux@mines-albi.fr
Victor Romero, CGI IMT Mines Albi, victor.romero@mines-albi.fr