

Appel à candidatures pour un stage M2 / PFE ingénieur

Étude de la continuité numérique des processus de fabrication/métrologie pour un jumeau numérique de pièces manufacturées

Encadrement :

Valéry WOLFF / Sébastien HENRY / Vincent CHEUTET

Etablissement : Lyon 1

Laboratoire : laboratoire DISP

Profil recherché :

Etudiant en dernière année d'école d'ingénieur ou équivalent M2 en Génie Industriel ou Génie Mécanique

Financement : 600 € / mois

Période de stage : février – juillet 2027

Compétences souhaitées :

Outils numériques dans les domaines de :
RV, RA, CAO, FAO et Métrologie

Mots-clés :

Jumeau Numérique, Génie Mécanique, Production industrielle, Métrologie, Industrie 4.0

Description du sujet :

Concept industriel récent, le Jumeau Numérique offre aujourd'hui aux entreprises de nouveaux usages pour optimiser leurs performances. Dans le dernier rapport de l'Alliance pour l'Industrie du Futur (AIF), un Jumeau Numérique est caractérisé comme étant un ensemble organisé de modèles numériques, mis à jour par rapport au réel et doté d'outils d'exploitation avancés. Parmi tous les cas d'usage exposés dans ce rapport, nous nous intéressons plus particulièrement au pilotage temps réel de la production par une correction automatique des paramètres d'un équipement de production en fonction d'opérations de contrôle réalisées dans le flux de production. En effet face à la complexité croissante du couple produit/procédé dans le contexte de l'industrie du futur, l'expertise humaine ne suffit plus pour interpréter les résultats de contrôle des formes complexes afin de définir/corriger les paramètres d'usinage. Dès lors, la richesse des informations de contrôle ne doit plus servir uniquement à évaluer la conformité des pièces dans le cadre d'une démarche qualité, mais l'analyse de ces informations doit amener à mieux comprendre et mieux maîtriser les usinages par une correction dynamique.

Le domaine d'application sera donc ici l'industrialisation des produits et plus particulièrement l'usinage de pièces manufacturées. Habituellement, l'usinage et le contrôle métrologique des pièces sont deux étapes successives du processus de fabrication. On parle ici de la métrologie liée à la cotation fonctionnelle de la pièce et non uniquement des mesures liées à la surveillance de la dérive de la production.

L'objectif est à la fois de détecter les dérives lors de la fabrication, mais également, en application avec les concepts de jumeau numérique, de corriger le moyen de fabrication en cours d'usinage (modification des jauges, correction des trajectoires, adaptation des conditions de coupe ...).

Des recherches préliminaires ont été menées, permettant d'identifier de nombreux obstacles à une communication efficace entre les différents outils industriels utilisés et entre les différents acteurs impliqués dans le processus de production. La nécessité d'une normalisation via des formats d'échange tels que STEP-NC constitue un aspect clé de la continuité numérique, permettant la synchronisation et la fidélité du jumeau numérique.

A ce stade, deux études ont été réalisées sur cette problématique avec des résultats qui serviront de base au travail futur :

- Le développement d'un démonstrateur de jumeau numérique appliqué aux outils de CAO, de FAO et de CNC. Cet outil permet de valider la cohérence des informations provenant des différentes étapes, des différents logiciels et des différents intervenants de la chaîne numérique.

Ce travail a également permis de structurer les données issues de plusieurs systèmes en utilisant un seul formalisme basé sur la norme STEP-NC.

- Des outils de communication et de synchronisation entre les différents systèmes ont été également développés. Ils seront à la base du processus de synchronisation nécessaire pour la mise en place d'un jumeau numérique.

L'objectif de ce stage est de poursuivre le travail initié sur les exigences en matière de modélisation des données et d'interfaçage entre les outils métiers afin de synchroniser efficacement le jumeau numérique et le système réel.

L'approche envisagée concerne la nécessité de déterminer la synchronisation optimale (une étape qui peut s'avérer coûteuse sur le plan industriel). Cela impliquera de quantifier les bénéfices qualitatifs qui pourraient être obtenus en supprimant les obstacles identifiés (afin de hiérarchiser les développements futurs).

Il s'agira donc de mettre en avant les concepts utilisables afin d'améliorer la correspondance et la synchronisation du jumeau numérique avec le processus réel de fabrication, en s'appuyant sur un cas d'application concret.

Le cas d'application a pour cadre l'atelier 4.0 de la i-factory. Les outils qui sont disponibles permettent de réaliser l'intégralité du processus : CAO, FAO, post-process, usinage sur machine outils de type CNC, contrôles sur systèmes de mesures intégrés ou externes, ainsi que le traitement statistique des résultats.

Ce stage est aussi une opportunité pour continuer en thèse à partir de septembre 2027 si les conditions sont réunies.

Programme de travail proposé :

- (i) Recherche bibliographique sur le jumeau numérique en production manufacturière
- (ii) Prise en main des moyens à disposition (fabrication/contrôle, virtualisation, développements précédents ...)
- (iii) Identification des paramètres nécessaire à la synchronisation du jumeau avec le procédé réel
Identification des paramètres modifiables en temps réel ou en réaction rapide sur le pilotage du procédé pour améliorer la qualité finale de la pièce produite.
- (iv) Proposition et mise en œuvre sur le cas d'application de l'atelier 4.0 de la I-Factory.

Environnement de travail :

Le laboratoire DISP (Systèmes d'Information et de Décision pour la Production, UR4570) regroupe des chercheurs et enseignants-chercheurs de l'Université de Lyon, ayant une double expertise en Génie Industriel et en Systèmes d'Information d'Entreprise. En réponse aux défis scientifiques posés par les mutations du monde socio-économique, elle mène des recherches sur la conception et le déploiement de méthodes d'aide à la décision et de systèmes d'information pour améliorer la performance, l'agilité et la résilience des systèmes de production de biens et services et des chaînes d'approvisionnement mondiales. Sa double expertise, s'appuyant sur des compétences en Modélisation, Recherche Opérationnelle, Simulation, Génie Logiciel, Intelligence Artificielle, Planification, Ordonnancement et Aide à la Décision, lui permet d'envisager simultanément ces systèmes complexes dans leurs dimensions techniques, structurelles, organisationnelles et humaines. Ses membres sont répartis dans 4 établissements de l'Université de Lyon : l'INSA Lyon, l'Université Lumière Lyon 2 et l'Université Claude Bernard Lyon 1, en tant qu'établissements mères, et l'Université Jean Monnet de Saint Etienne en tant qu'établissement partenaire.

Candidature :

- CV détaillé
- Lettre de motivation

Après une première sélection sur dossier, les candidats seront auditionnés par les responsables du stage proposé.

Les candidatures doivent être envoyées à

Sébastien HENRY,	sebastien.henry@univ-lyon1.fr
Valéry WOLFF,	valery.wolff@univ-lyon1.fr
Vincent CHEUTET,	vincent.cheutet@univ-lyon1.fr

Indiquez la référence d'en-tête de l'offre de stage en objet.

Bibliographie :

[LEGLISE, 2024] LEGLISE Timéo (2024), Étude de la continuité des chaînes de production pour un jumeau numérique de pièces manufacturées, Stage Master, DISP

[NAIMI, 2025] NAIMI Rahma (2025), Étude de la continuité numérique des processus de production pour un jumeau numérique de pièces manufacturées, Stage Master, DISP

[AHARRAN, 2026] AHARRAN Mohamed Said (2026), Continuité numérique des données d'outillage en usinage, Stage Master GI Insa-Lyon

[AIF, 2023] AIF (2023). Jumeau numérique levier majeur de la transformation digitale de l'industrie. Industrie du Futur.

[Bechtold, 2022] BECHTOLD, J. (2022). Développement d'un contrôleur natif step-nc de machine-outil à commande numérique interopérable et compact. PolyPublie.

[Zhao, 2011] ZHAO, Y. (2011). Dimensional metrology interoperability and standardization in manufacturing systems. Computer Standards Interfaces, 33:541–555.

[Laguionie, 2010] LAGUIONIE, R. (2010). Integration de la programmation basee entites pour la fabrication sur machines a commandes numeriques dans un contexte multiprocess. Ecole Centrale de Nantes.

[Lu, 2016] LU, Y. (2016). Current standards landscape for smart manufacturing systems. NISTIR 8107.

[ALFARO-VIQUEZ, 2025] ALFARO-VIQUEZ, David et al. (2025). "A comprehensive review of AI-based digital twin applications in manufacturing: integration across operator, product, and process dimensions". In : Electronics 14.4, p. 646. URL : <https://www.mdpi.com/2079-9292/14/4/646>

AP238.org - STEP-NC AP238 Standard (2026). URL : <https://ap238.org/>

[RENARD, 2025] RENARD, Dimitri et al. (2025). "Une approche iterative pour l'integration de Jumeaux Numeriques sur des systemes manufacturiers existants". In : 3eme Congres Annuel de la SAGIP. URL : <https://hal.science/hal-05133155/document>

[SCHLEICH, 2017] SCHLEICH, Benjamin et al. (2017). "Shaping the digital twin for design and production engineering".en. In : CIRP Annals 66.1, p. 141-144. ISSN : 00078506. DOI : 10.1016/j.cirp.2017.04.040. URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850617300409>

[ZHAO, 2019] ZHAO, Gang et al. (juill. 2019). "Digital Twin for NC Machining Using Complete Process Information Expressed by STEP-NC Standard". en. In : Proceedings of the 2019 4th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering. Shenzhen China : ACM, p. 1-6. ISBN : 978-1-4503-7186-5. DOI : 10.1145/3351917.3351979. URL : <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3351917.3351979>