

Titre de la thèse : Développement d'une méthodologie de conception des jumeaux numériques adaptables aux contextes des systèmes Humains Cyber-Physiques de Production (HCPPS) à l'ère de l'industrie 5.0.

Etablissement : INSA Hauts-de-France

Laboratoire : LAMIH UMR CNRS 8201 (Valenciennes, France)

Département : Automatique

Direction de thèse : Sondes CHAABANE (directrice de thèse, INSA HdF) et Vincent CHEUTET (Co-directeur, INSA Lyon)

Date souhaitée de début de thèse : 01 octobre 2026 (au plus tard, pour une durée de 36 mois)

Date limite : poste ouvert jusqu'à ce qu'un candidat soit trouvé

Salaire : 2300 € bruts par mois (Financement INSA Hauts-de-France)

Description du sujet

La croissance des technologies dans l'ère de l'industrie 4.0 a vu naître de nouvelles pratiques industrielles adoptant ces technologies pour traiter et exploiter les données en temps réel. Une des évolutions technologiques a été marquée par le développement des jumeaux numériques profitant des usines, de plus en plus numériques, des données de plus en plus accessibles et des capacités décisionnelles de plus en plus intelligentes. Elles ont permis la surveillance en temps réel, la maintenance prédictive et l'optimisation des systèmes de production de biens et de services. Mais la transition vers les principes de l'industrie 5.0 qui mettent l'accent sur l'humain, la durabilité et la résilience, a étendu le besoin des industriels de développer des jumeaux numériques intégrant des indicateurs de performance clés en matière de durabilité basée sur des modèles intelligents intégrant l'humain. Ces jumeaux numériques devront ainsi créer des systèmes de production capables de s'adapter plus rapidement, de réagir plus efficacement et d'améliorer l'intégration de l'humain dans la boucle décisionnelle et organisationnelle tout en assurant le bien-être et la responsabilité environnementale.

Face à ces nouveaux besoins, les industriels sont confrontés à des nouveaux défis pour concevoir et développer des jumeaux numériques plus performant intégrant l'humain, la durabilité et la résilience. Malgré les avancées technologiques actuels (IA, IOT, ...) et le nombre de jumeaux numériques développés, aucun cadre conceptuel n'existe pour aider les industriels et les systèmes sociotechniques à mettre en place une stratégie de développement des jumeaux numériques évolutifs et adaptatifs aux enjeux et contexte industriels. La norme ISO 23247 a été considérée comme une réponse à cette question mais malheureusement elle reste assez générale et ne prend pas en compte le contexte des systèmes et des évolutions possibles.

D'autres part, les jumeaux numériques ont été pensés selon une vision opérationnelle profitant des technologies basées sur la collecte et l'exploitation des données. Cette vision ne prend pas en compte les évolutions stratégiques des systèmes, de leur contexte et de leurs besoins et ne répond qu'à l'aspect réactif de la résilience. Il est donc nécessaire de développer des approches multi-niveaux (stratégique, tactique et opérationnelle) dans une architecture plus globale permettant de prendre en compte les décisions et d'anticiper les évolutions.

La thèse vise donc à développer une approche méthodologique permettant aux systèmes industriels et sociotechniques, et plus précisément leurs systèmes Humains Cyber-Physiques de Production, de concevoir et de développer des jumeaux numériques capables de s'adapter au contexte et aux objectifs de ces systèmes. Les jumeaux numériques seront développés dans une approche centrée sur l'humain répondant aux exigences des systèmes sociotechniques modernes tout en intégrant les enjeux liés aux questions éthiques, de résilience et de durabilité. Ceci impliquera de répondre aux verrous scientifiques et techniques suivants :

- Quelles sont les exigences stratégiques, tactiques et opérationnelles face aux enjeux environnementaux, éthiques et humains de l'industrie 5.0 dans le cadre de développement d'un jumeau numérique ?
- Quelle méthodologie à mettre en place pour standardiser la conception et le développement des jumeaux numériques adaptables aux contextes des industries et des systèmes sociotechniques ?
- Quelles approches de pilotage bi-directionnelles (top-down et Bottom -up) à mettre en place prenant en compte le contexte industriel du système sociotechnique permettant de réagir efficacement et rapidement aux perturbations tout en assurant la résilience, la durabilité et en intégrant l'humain ?
- Comment adapter le jumeau numérique au contexte de système de production et à son évolution pour répondre aux enjeux actuels et futurs dans une démarche basée sur l'apprentissage et l'anticipation ?

La méthodologie intégrera une bibliothèque d'approches de pilotage intelligentes qui seront sollicitées par le jumeau numérique avec une adaptation au contexte dynamique du système de production intégrant les phases clés de la résilience : anticipation, réactivité et apprentissage.

Deux cas applicatifs seront développés pour tester et valider d'un côté la méthodologie et d'un autre côté les approches de pilotage développées répondant aux exigences en termes de durabilité, résilience tout en intégrant l'humain dans la boucle. Le premier cas applicatif serait industriel : la cellule flexible du pôle S. Mart de Valenciennes. Le deuxième cas d'étude serait un système sociotechnique : service des urgences hospitalières.

Compétences et profil du candidat

Le candidat doit détenir, ou être sur le point de terminer un diplôme de master ou ingénieur au moment de sa candidature. L'inscription en thèse sera conditionnée à l'obtention de ce diplôme.

Le profil idéal est celui **d'un ingénieur ou d'un master dans les domaines du génie industriel**, mais cela n'est pas rédhibitoire. Le candidat retenu devra avoir **de solides compétences techniques dans les domaines du génie industriel** et des outils utilisés. Des compétences techniques dans les domaines du numérique, en simulation et en informatique industrielle pourront être mobilisées durant la thèse. De bonnes capacités de communication et de travail en équipe sont requises ainsi qu'une bonne maîtrise rédactionnelle en français et en anglais.

Candidature

Le candidat intéressé est invité à soumettre sa candidature par email à : sondes.chaabane@uphf.fr et vincent.cheutet@insa-lyon.fr.

Elle contiendra :

1. **CV détaillé** comprenant expérience et connaissances professionnelles pertinentes ;
2. **Lettre de motivation et d'intérêt pour la recherche** (avec les noms et adresses e-mail d'au moins deux personnes de référence), en expliquant les raisons du souhait de poursuite en doctorat, en exposant les centres d'intérêts académiques, leur lien avec les études menées et les objectifs futurs ;
3. **Notes de Master (M1 M2) ou d'école ingénieur (L3, M1, M2)** et tout document jugé utile (lettres de recommandation, références des responsables de cours, appréciations obtenues lors des sages réalisés, etc.).

A l'issue d'une première sélection sur dossier, les candidats sélectionnés seront auditionnés par les directeurs de la thèse. Des auditions par voie de visioconférence peuvent être organisées.