



**Nom et Prénom : JEAN BOSCO NSEKUYE**

**Date de soutenance : 07/12/2024**

**Directeur de Thèse : ELOUADI ABDELMAJID**

**Sujet de thèse :**

**Extended Reality (XR) and Lean Six Sigma (LSS) : Driving Digital Transformation in Training and Industry for the 21st Century —  
Empowering the Next Generation of Training and Process Optimization with XR and DMAIC-v2**

**Résumé:**

Cette thèse explore les applications de la Réalité Étendue (RE) dans les environnements de formation et introduit le DMAIC-v2, un nouveau guide d'amélioration des processus adapté à l'ère numérique. La première partie de la thèse fournit une analyse approfondie des applications de la RE dans les contextes de formation. À travers une revue systématique de la littérature et des brevets de 1992 à 2024, nous identifions des défis critiques qui entravent l'adoption généralisée des technologies RE dans la formation, incluant une efficacité limitée dans certains contextes, des problèmes d'expérience utilisateur, et des contraintes d'accessibilité, principalement dues à des technologies de suivi inadéquates et à la complexité du développement de matériaux de formation en RE. En réponse, nous proposons un Framework qui adresse ces défis, ouvrant la voie au développement d'outils de formation en RE accessibles, efficaces et conviviaux, qui peuvent soutenir des configurations de formation en face à face, à distance, et hybrides. En éliminant ces barrières, ce Framework vise à faciliter l'adoption globale des technologies RE, améliorant les expériences d'apprentissage par l'inclusivité et l'interactivité. La seconde partie de la thèse présente le DMAIC-v2, une évolution du Framework DMAIC traditionnel, adapté aux besoins industriels modernes par l'intégration de la modélisation, de la simulation, de la programmation robotique, et du contrôle de qualité en temps réel via les technologies RE et jumeau numérique. Cette nouvelle méthodologie est démontrée par une étude de cas sur l'optimisation d'un système de torsion de câbles automobiles, qui met en évidence des réductions significatives de gaspillage de matériaux et de variabilité des produits. Le modèle DMAIC-v2 sert de feuille de route pratique pour améliorer la qualité des produits et l'efficacité industrielle, surmontant des défis tels que la variabilité des équipements, le manque de flexibilité et d'intelligence, les contraintes budgétaires et le gaspillage de ressources. Dans l'ensemble, la recherche souligne comment la RE et le DMAIC-v2 peuvent contribuer de manière significative aux avancées éducatives et à l'optimisation industrielle, mettant en lumière leur potentiel pour piloter la transformation digitale et l'excellence opérationnelle dans divers secteurs.

**Abstract:**

This thesis explores the applications of Extended Reality (XR) in training settings and introduces DMAIC-v2, a novel guide to process improvement within the digital era. The first component of the thesis provides a comprehensive analysis of XR applications in training environments. Through a systematic review of literature and patents spanning from 1992 to 2024, we identify critical challenges impeding the widespread adoption of XR technologies in training, including limited efficacy in certain contexts, user experience issues, and accessibility constraints—primarily stemming from inadequate tracking technologies and the complexity of developing XR training materials. In response, we propose a comprehensive and scalable framework that addresses these challenges, paving the way for the development of accessible, effective, and user-friendly XR training tools that can support face-to-face, remote, and hybrid training configurations. By removing these barriers, this framework this framework aims to facilitate the extensive adoption of XR technologies, enhancing learning experiences through inclusivity and interactivity. The second part of the thesis introduces DMAIC-v2, an evolution of the traditional DMAIC framework, tailored to modern industrial needs through the integration of modeling, simulation, robot programming, and real-time quality control through XR and digital twin technologies. This novel methodology is demonstrated through a case study on optimizing an automotive cable twisting system, which showcases significant reductions in material waste and product variability. The DMAIC-v2 model serves as a practical roadmap for enhancing product quality and industrial efficiency, overcoming challenges like equipment variability, lack of flexibility and smartness, budget constraints, and resource wastage. Overall, the research underscores how XR and DMAIC-v2 can significantly contribute to educational advancements and industrial optimization, highlighting their potential in driving digital transformation and operational excellence in various sectors.