

الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة العليا للإعلام الآلي 8 ماي 1945 - سيدي بلعباس
Ecole Supérieure en Informatique
8 Mai 1945 - Sidi Bel Abbès



MEMOIRE

En Vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Filière: **Informatique**

Spécialité: **Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI)**

Thème

**Maintenance des systèmes logiciels distribués à l'aide
de jumeaux numérique**

Présenté par:

• **Mme Zebboudj Samah**

Soutenu le: **17/09/2025**

Devant le jury composé de

Mr. Bensenane Hamdane

Président

Mr. RAHMOUN Abdellatif

Encadrant

Mr. Jannik LAVAL

Encadrant

Mr. KHALDI Miloud

Examineur

Année Universitaire: 2024/2025

Abstract

The increasing complexity of distributed software systems requires innovative approaches to ensure their reliability, adaptability, and efficient maintenance. Digital Twins (DTs), as virtual counterparts of physical or logical entities, provide a promising paradigm to monitor, analyze, and optimize such systems in real time. This work explores the integration of Digital Twins into the maintenance of distributed software systems, focusing on predictive diagnostics, fault detection, and automated recovery. By creating a synchronized digital representation, it becomes possible to anticipate anomalies, simulate corrective strategies, and improve decision-making for system administrators. The proposed approach not only enhances system resilience and performance but also reduces downtime and operational costs. This research highlights the potential of Digital Twins as a powerful tool to support the lifecycle management of complex distributed environments.

Keywords : Digital Twins; Distributed Systems; Software Maintenance; Fault Detection; Predictive Analytics; System Resilience.

Résumé

La complexité croissante des systèmes logiciels distribués nécessite des approches innovantes pour garantir leur fiabilité, leur adaptabilité et l'efficacité de leur maintenance. Les jumeaux numériques, en tant que représentations virtuelles d'entités physiques ou logiques, offrent un paradigme prometteur pour surveiller, analyser et optimiser ces systèmes en temps réel. Ce travail explore l'intégration des jumeaux numériques dans la maintenance des systèmes distribués, en mettant l'accent sur le diagnostic prédictif, la détection des pannes et la récupération automatique. Grâce à la création d'une représentation numérique synchronisée, il devient possible d'anticiper les anomalies, de simuler des stratégies correctives et d'améliorer la prise de décision des administrateurs. L'approche proposée renforce non seulement la résilience et les performances du système, mais elle réduit également les temps d'arrêt et les coûts opérationnels. Cette recherche met en évidence le potentiel des jumeaux numériques comme outil puissant pour soutenir la gestion du cycle de vie des environnements distribués complexes.

Mots-clés : Jumeaux numériques ; Systèmes distribués ; Maintenance logicielle ; Détection des pannes ; Analyse prédictive ; Résilience des systèmes.

ملخص

تزايد تعقيد الأنظمة البرمجية الموزعة يستلزم اعتماد مقاربات مبتكرة لضمان موثوقيتها وقابليتها للتكيف وكفاءتها في الصيانة. تُعد التوائم الرقمية نموذجاً افتراضياً لنظائر مادية أو منطقية، وهي تمثل نموذجاً واعدًا لمراقبة هذه الأنظمة وتحليلها وتحسينها في الزمن الحقيقي. يستكشف هذا العمل دمج التوائم الرقمية في صيانة الأنظمة البرمجية الموزعة، مع التركيز على التشخيص التنبؤي، والكشف عن الأعطال، والاستعادة الآلية. ومن خلال إنشاء تمثيل رقمي متزامن، يصبح من الممكن توقع الشذوذات، ومحاكاة الاستراتيجيات التصحيحية، وتحسين عملية اتخاذ القرار للمدبري الأنظمة. المنهجية المقترحة تعزز من مرونة النظام وأدائه، وتقلل من التوقف غير المخطط له وتكاليف التشغيل. يبرز هذا البحث إمكانات التوائم الرقمية كأداة قوية لدعم إدارة دورة حياة البيئات الموزعة المعقدة.

الكلمات المفتاحية : التوائم الرقمية؛ الأنظمة الموزعة؛ صيانة البرمجيات؛ الكشف عن الأعطال؛ التحليلات التنبؤية؛ مرونة النظام.
