الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
المدرسة العليا للإعلام الآلي 8 ماي 1945 - سيدي بلعباس
Higher School of Computer Science - 8 Mai 1945 - Sidi Bel Abbes

Master's Thesis

To obtain the diploma of **Master's Degree in Engineering**
Field of Study: **Computer Science**
Specialization: **Information Systems Engineering (ISI)**

Theme

Leveraging GitOps for Scalable and Maintainable CI/CD Pipelines in Cloud-Native Microservice Architectures

A Systematic Literature Review and Comparative Analysis

Presented by

BENHAMOUCHE Kousaila

Defended on: **September 2025**

In front of the jury composed of

Prof. Sidi Mohammed Benslimane	Thesis Supervisor
Dr. MALKI Abdelhamid	President of the Jury
Dr. BEDJAOUI Mohammed	Examiner

Academic Year: **2024/2025**

Abstract

The rapid adoption of cloud-native architectures and microservices has revolutionized software delivery, but it has also introduced unprecedented complexity in deployment, configuration management, and operational scalability. Traditional CI/CD methodologies often fall short in addressing these modern challenges, leading to operational inefficiencies, security risks, and configuration drift. GitOps has emerged as a promising paradigm that leverages Git as the single source of truth for declarative infrastructure and application management, aligning closely with Kubernetes-based environments.

This thesis investigates the effectiveness and scalability of GitOps methodologies in comparison to traditional CI/CD approaches within cloud-native microservice architectures. A systematic literature review covering the period from 2022 to 2025 was conducted, focusing on empirical studies, implementation patterns, and performance metrics. The research develops a comprehensive comparison framework that evaluates deployment frequency, automation levels, change failure rates, and recovery times across various organizational contexts.

The findings demonstrate that GitOps offers significant advantages in terms of automation, operational resilience, auditability, and security posture—particularly when implemented using pull-based reconciliation models. However, the study also identifies key limitations related to tooling maturity, learning curves, and contextual suitability in different organizational environments.

This work contributes to both academic understanding and practical guidance by proposing a structured decision-making framework for GitOps adoption. It also outlines a future research agenda to address methodological gaps, benchmarking challenges, and long-term adoption outcomes in evolving DevOps ecosystems.

Keywords: GitOps, CI/CD pipelines, cloud-native architectures, microservices, Kubernetes, Infrastructure as Code, declarative deployment, DevOps, systematic literature review, deployment automation

Résumé

L'adoption rapide des architectures cloud-native et des microservices a profondément transformé le cycle de vie du développement logiciel, tout en introduisant une complexité accrue en matière de déploiement, de gestion des configurations et de montée en charge. Les méthodologies CI/CD traditionnelles montrent leurs limites face à ces nouveaux défis, notamment en termes de fiabilité opérationnelle, de sécurité et d'efficacité. Dans ce contexte, GitOps émerge comme un paradigme prometteur, reposant sur l'utilisation de Git comme source de vérité unique pour la gestion déclarative de l'infrastructure et des applications, en adéquation avec l'écosystème Kubernetes.

Ce mémoire propose une étude approfondie de l'efficacité et de la scalabilité des approches GitOps, en les comparant aux méthodes CI/CD classiques dans des environnements cloud-native à base de microservices. Une revue systématique de la littérature publiée entre 2022 et 2025 a été conduite, en mettant l'accent sur les études empiriques, les modèles d'implémentation et les indicateurs de performance. Un cadre de comparaison a été développé pour évaluer la fréquence des déploiements, le niveau d'automatisation, les taux d'échec des changements et les temps de récupération.

Les résultats montrent que GitOps présente des avantages significatifs en matière d'automatisation, de résilience opérationnelle, de traçabilité et de sécurité, notamment lorsqu'il est mis en œuvre via des modèles de synchronisation pull. Toutefois, certaines limites sont identifiées, telles que la maturité des outils, la courbe d'apprentissage et l'adaptation aux contextes organisationnels variés.

Cette recherche apporte une contribution théorique et pratique, en fournissant un cadre d'aide à la décision pour l'adoption de GitOps, ainsi qu'un agenda de recherche future pour combler les lacunes méthodologiques et accompagner l'évolution de ces pratiques dans les environnements DevOps modernes.

Mots-clés : GitOps, pipelines CI/CD, architectures cloud-native, microservices, Kubernetes, Infrastructure as Code, déploiement déclaratif, DevOps, revue systématique de littérature, automatisation des déploiements

ملخص

لقد أحدث الاعتماد السريع لهياكل الحوسبة السحابية الأصلية والخدمات المصغرة ثورة في تسليم البرمجيات، ولكنه أدخل أيضًا تعقيدًا غير مسبوق في النشر وإدارة التكوين وقابلية التوسع التشغيلي. غالبًا ما تفشل منهجيات التكامل المستمر والنشر المستمر التقليدية في معالجة هذه التحديات الحديثة، مما يؤدي إلى عدم الكفاءة التشغيلية والمخاطر الأمنية وانحراف التكوين. ظهر نموذج GitOps كنهج واعد يستفيد من Git كمصدر وحيد للحقيقة لإدارة البنية التحتية والتطبيقات التصريحية، بما يتماشى بشكل وثيق مع بيئات Kubernetes.

تبحث هذه الرسالة في فعالية وقابلية توسع منهجيات GitOps مقارنة بأساليب التكامل المستمر والنشر المستمر التقليدية ضمن هياكل الخدمات المصغرة السحابية الأصلية. تم إجراء مراجعة منهجية للأدبيات تغطي الفترة من 2022 إلى 2025، مع التركيز على الدراسات التجريبية وأنماط التنفيذ ومقاييس الأداء. يطور البحث إطار مقارنة شامل يقيم تكرار النشر ومستويات الأتمتة ومعدلات فشل التغيير وأوقات الاستعادة عبر سياقات تنظيمية مختلفة.

تظهر النتائج أن GitOps يوفر مزايا كبيرة من حيث الأتمتة والمرونة التشغيلية وقابلية المراجعة والوضعية الأمنية - خاصة عند تنفيذه باستخدام نماذج المطابقة القائمة على السحب. ومع ذلك، تحدد الدراسة أيضًا القيود الرئيسية المتعلقة بنضج الأدوات ومنحنيات التعلم والملاءمة السياقية في بيئات تنظيمية مختلفة.

يساهم هذا العمل في كل من الفهم الأكاديمي والتوجيه العملي من خلال اقتراح إطار عمل منظم لاتخاذ القرارات لاعتماد GitOps. كما يحدد أجندة بحثية مستقبلية لمعالجة الثغرات المنهجية وتحديات المعايرة ونتائج الاعتماد طويلة المدى في النظم البيئية المتطورة لـ DevOps.

الكلمات المفتاحية: GitOps، التكامل المستمر والنشر المستمر، البنية التحتية كرمز، Kubernetes، الخدمات المصغرة، الحوسبة السحابية الأصلية، المراجعة المنهجية للأدبيات