الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث 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**

Field of Study: **Computer Science**

Specialization: **Computer Systems Engineering**

Theme

Cyber Ranges as Learning Tools in Cybersecurity Education: A Comparative Study of Deployment Approaches

---

Presented by
Malak BAZINE

Defended on: **September 17, 2025**
In front of the jury composed of

Dr. Hamdan BENSENANE	President of the Jury
Pr. Abdellatif RAHMOUN	Thesis Supervisor
Pr. Jean-François LALANDE	Co-Supervisor
Dr. Miloud KHALDI	Examiner

Academic Year: 2024/2025

Abstract

Cybersecurity education faces challenges in bridging theoretical knowledge with practical application, as traditional approaches inadequately prepare students for real-world cyber threats. Cyber ranges offer promising educational tools that provide safe, controlled environments for hands-on training through realistic simulations. However, educational institutions lack systematic guidance for evaluating different cyber range deployment approaches.

This thesis examines why cyber ranges function effectively as educational tools and conducts comparative analysis of deployment approaches across cloud-based, local virtual machine, and container-based models. The research analyzes representative platforms including commercial solutions (Immersive Labs, RangeForce), academic implementations (KYPO, EDURange), local systems (SecGen, CyRIS), and container frameworks (Labtainers, UNIWA Cyber Range). The comparative analysis reveals distinct limitations affecting educational implementation.

The research identifies a critical gap: the absence of deployment approaches optimized specifically for educational rather than enterprise use cases. The findings suggest that hybrid deployment strategies may address these limitations by combining institutional control with simplified management while maintaining cost-effectiveness.

This research provides educational institutions with evidence-based guidance for cyber range deployment decisions and establishes a framework for evaluating how deployment choices affect learning outcomes and institutional requirements.

Keywords— Cyber Ranges, Deployment Models, Cybersecurity Education, Virtualization, Hands-on Learning, Platform Evaluation, Educational Technology, Infrastructure as Code, Training Environments

Résumé

L'éducation en cybersécurité fait face à des défis pour faire le lien entre les connaissances théoriques et l'application pratique, car les approches traditionnelles préparent inadéquatement les étudiants aux menaces cybernétiques du monde réel. Les cyber ranges offrent des outils éducatifs prometteurs qui fournissent des environnements sûrs et contrôlés pour la formation pratique à travers des simulations réalistes. Cependant, les institutions éducatives manquent d'orientations systématiques pour évaluer les différentes approches de déploiement de cyber ranges.

Cette thèse examine pourquoi les cyber ranges fonctionnent efficacement comme outils éducatifs et mène une analyse comparative des approches de déploiement à travers les modèles basés sur le cloud, les machines virtuelles locales et les conteneurs. La recherche analyse des plateformes représentatives incluant des solutions commerciales (Immersive Labs, RangeForce), des implémentations académiques (KYPO, EDURange), des systèmes locaux (SecGen, CyRIS), et des frameworks de conteneurs (Labtainers, UNIWA Cyber Range). L'analyse comparative révèle des limitations distinctes affectant l'implémentation éducative.

La recherche identifie une lacune critique : l'absence d'approches de déploiement optimisées spécifiquement pour les cas d'usage éducatifs plutôt qu'entreprise. Les résultats suggèrent que les stratégies de déploiement hybrides peuvent adresser ces limitations en combinant le contrôle institutionnel avec une gestion simplifiée tout en maintenant la rentabilité.

Cette recherche fournit aux institutions éducatives des orientations basées sur des preuves pour les décisions de déploiement de cyber ranges et établit un cadre pour évaluer comment les choix de déploiement affectent les résultats d'apprentissage et les exigences institutionnelles.

Mots-clés— Cyber Ranges, Modèles de Déploiement, Éducation en Cybersécurité, Virtualisation, Apprentissage Pratique, Évaluation de Plateformes, Technologie Éducative, Infrastructure as Code, Environnements de Formation

الملخص

0واجه تعليم الأمن السيبراني تحديات في ربط المعرفة النظرية بالتطبيق العملي، حيث أن الأساليب التقليدية لا تُعد الطلاب بشكل كافٍ لمواجهة التهديدات السيبرانية في العالم الحقيقي. تقدم نطاقات الأمن السيبراني أدوات تعليمية واعدة توفر بيئات آمنة ومُسيطر عليها للتدريب العملي من خلال المحاكاة الواقعية. ومع ذلك، تفتقر المؤسسات التعليمية إلى التوجيه المنهجي لتقييم مناهج نشر نطاقات الأمن السيبراني المختلفة.

تبحث هذه الأطروحة في سبب فعالية نطاقات الأمن السيبراني كأدوات تعليمية وتجري تحليلاً مقارناً لمناهج النشر عبر النماذج القائمة على السحابة والآلات الافتراضية المحلية والحاويات. يحلل البحث منصات تمثيلية تشمل الحلول التجارية (sbaL evisremmI, ecroFegnaR)، والتطبيقات الأكاديمية (egnaRUDE ,OPYK)، والأنظمة المحلية (SIRyC ,neGceS)، وأطر الحاويات (egnaR rebyC AWINU ,sreniatbaL). يكشف التحليل المقارن عن قيود مميزة تؤثر على التطبيق التعليمي.

يحدد البحث فجوة حرجة: غياب مناهج النشر المُحسنة خصيصاً لحالات الاستخدام التعليمي بدلاً من المؤسسي. تشير النتائج إلى أن استراتيجيات النشر المختلطة قد تعالج هذه القيود من خلال الجمع بين السيطرة المؤسسية والإدارة المبسطة مع الحفاظ على فعالية التكلفة. يوفر هذا البحث للمؤسسات التعليمية توجيهاً مُستنداً إلى الأدلة لقرارات نشر نطاقات الأمن السيبراني ويضع إطار عمل لتقييم كيف تؤثر خيارات النشر على نتائج التعلم والمتطلبات المؤسسية.

الكلمات المفتاحية--- نطاقات الأمن السيبراني، نماذج النشر، تعليم الأمن السيبراني، المحاكاة الافتراضية، التعلم العملي، تقييم المنصات، التكنولوجيا التعليمية، البنية التحتية كرمز، بيئات التدريب