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 5491 - 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 (ISI)**

Theme

BLOCKCHAIN-BASED VALIDATION OF ACADEMIC and E-LEARNING DIGITAL CERTIFICATIONS

Presented by
BOUZEBOUDJA Bahaa Eddine Moatassem Biallah

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

Mr. BEDJAOUI Mohammed	President of the Jury
Mr. Sidi Mohammed Benslimane	Thesis Supervisor
Mr. Mostafa Fechfouch	Co-Supervisor
Ms. BABA AHMED Manel	Examiner

Academic Year: 2024/2025

Abstract

In an era of rapid digital transformation and widespread adoption of e-learning platforms, ensuring the authenticity, integrity, and traceability of academic certifications has emerged as a critical challenge. Conventional centralized verification methods remain largely manual, time consuming, and prone to forgery or data manipulation, thereby eroding trust between institutions, employers, and learners.

This thesis proposes a decentralized blockchain-based framework for the validation of academic and e-learning certifications. Using the core properties of blockchain: immutability, transparency, and distributed consensus, the system produces verifiable, tamperproof records of credential issuance, revocation, and updates in real time. Role-based access controls differentiate issuers, revokers, and verifiers, ensuring fine-grained permissioning across stakeholders.

We present a smart contract driven architecture implemented on the Ethereum blockchain, with IPFS employed for off-chain storage of large metadata payloads. A functional prototype was developed and evaluated for multiple use cases: issuance of certificates, automated verifications, and handling revocations. The experimental results demonstrate strong security guarantees, low gas overhead on the chain, and sufficient scalability for institutional deployment.

Ultimately, this research lays the foundations for future digital credentialing infrastructures that are secure, interoperable, and aligned with the evolving demands of global digital education ecosystems.

Keywords— Blockchain, Digital Certification, E-learning, Smart Contracts, Credential Verification

الملخص

في عصر التحول الرقمي السريع والانتشار الواسع لمنصات التعلم الإلكتروني، أصبح ضمان صحة وسلامة وتتبع الشهادات الأكاديمية تحديًا بالغ الأهمية. تظل طرق التحقق المركزية التقليدية يدوية إلى حد كبير، وتستغرق وقتًا طويلاً، وعرضة للتزوير أو التلاعب بالبيانات، مما يقوض الثقة بين المؤسسات وأصحاب العمل والمتعلمين.

تقترح هذه الدراسة إطارًا لامركزيًا قائمًا على تقنية البلوكشين للتحقق من الشهادات الأكاديمية وشهادات التعلم الإلكتروني. باستخدام الخصائص الجوهرية للبلوكشين — الثبات والشفافية والإجماع الموزع — توفر المنظومة سجلات قابلة للتحقق وغير قابلة للتلاعب لإصدار الشهادات وسحبها وتحديثها في الوقت الفعلي. يميّز التحكم في الوصول القائم على الأدوار بين الجهات المصدرة والجهات المسحوبة والمتحققين، مما يضمن صلاحيات دقيقة لجميع الأطراف.

نقدم في هذه الرسالة بنية قائمة على العقود الذكية مُنفذة على بلوكشين الإيثيريوم، ويُستخدم بروتوكول IPFS للتخزين خارج السلسلة للبيانات الوصفية الكبيرة. تم تطوير نموذج أولي وظيفي وتقييمه في عدة سيناريوهات: إصدار الشهادات، والتحقق التلقائي، ومعالجة السحوبات. تظهر النتائج التجريبية ضمانات أمنية قوية، وتكلفة غاز منخفضة على السلسلة، وقابلية توسع كافية للنشر المؤسسي.

في النهاية، تضع هذه الدراسة أسس البنى التحتية المستقبلية للتوثيق الرقمي التي تتميز بالأمان وقابلية التشغيل البيني وتتوافق مع الاحتياجات المتطورة لنظم التعليم الرقمي العالمية.

الكلمات المفتاحية--- البلوكشين، التوثيق الرقمي، التعلم الإلكتروني، العقود الذكية، التحقق من الشهادات

Résumé

À l'ère de la transformation numérique rapide et de l'adoption généralisée des plateformes d'apprentissage en ligne, garantir l'authenticité, l'intégrité et la traçabilité des certifications académiques est devenu un défi majeur. Les méthodes de vérification centralisées traditionnelles restent en grande partie manuelles, longues et sujettes à la falsification ou à la manipulation des données, ce qui érode la confiance entre les institutions, les employeurs et les apprenants.

Cette thèse propose un cadre décentralisé basé sur la blockchain pour la validation des certifications académiques et de l'apprentissage en ligne. En exploitant les propriétés fondamentales de la blockchain — immutabilité, transparence et consensus distribué — le système génère des enregistrements vérifiables et inviolables des émissions, des révo- cations et des mises à jour des certificats en temps réel. Un contrôle d'accès basé sur les rôles distingue les émetteurs, les révocateurs et les vérificateurs, assurant une permission granulaire pour chaque partie prenante.

Nous présentons une architecture pilotée par des contrats intelligents, mise en œuvre sur la blockchain Ethereum, avec IPFS pour le stockage hors-chaîne des métadonnées volumineuses. Un prototype fonctionnel a été développé et évalué pour plusieurs cas d'utilisation : émission de certificats, vérifications automatisées et gestion des révocations. Les résultats expérimentaux démontrent de solides garanties de sécurité, un faible coût en gas sur la chaîne et une évolutivité suffisante pour un déploiement institutionnel.

En définitive, cette recherche jette les bases des infrastructures futures de certification numérique, sécurisées, interopérables et adaptées aux exigences évolutives des écosystèmes mondiaux d'éducation numérique.

Mots-clés— Blockchain, Certification numérique, E-learning, Contrats intelligents, Vérification des certificats