

الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث 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 Abbès



Graduation's Thesis

To obtain the diploma of **Engineering Degree**

Field of Study: **Computer Science**

Specialization: **Artificial Intelligence and Data Science (AIDS)**

Theme

Design and Implementation of Fahim: An AI-First Adaptive Learning Platform for Arabic Learners

Presented by
Hossem Eddine Yakoub CHARRAK
Tarik Abdelhadi BENAOUA

Defended on: **July 2026**
In front of the jury composed of

Dr. BELALIA Amina
Dr. BOUSMAHA Rabab
Dr. Belkacem KHALDI
Dr. ABDELHAK Soumia

President of the Jury
Examiner
Thesis Supervisor
Representative of the incubator

Academic Year: 2025/2026

Abstract

Traditional educational technology in the MENA region heavily lacks localized, Arabic-first personalization, while emerging LLM-based tutors face critical challenges regarding factual hallucinations and structural unreliability. This engineering thesis presents the design and implementation of Fahim (فهم — Arabic for “one who well understands”), an AI-first adaptive interactive learning platform engineered specifically for the Algerian and MENA Arabic-learners market. Developed as a scalable EdTech startup framework, the system bridges the gap between fluid AI tutoring and strict pedagogical guardrails.

The frontend delivers a native right-to-left (RTL) single-page application featuring interactive lesson blocks, a real-time AI tutor panel, and a dynamic per-topic skill map. On the backend, a lightweight REST API manages a subject-agnostic content model with stateless JWT authentication. To ensure educational safety, the AI tutor is orchestrated via an eight-layer agent pipeline powered by advanced large language models and regulated by a custom deterministic verifier gate. This verifier executes five simultaneous structural checks (schema, grounding, scope, mode consistency, and verdict agreement) on every LLM generation, utilizing a retry-then-fallback mechanism that completely isolates the learner from unverified AI output. Furthermore, student personalization is driven by an adaptive diagnostic engine built on a composite-state machine that dynamically routes learners through content paths based on server-side scoring.

The platform’s architectural integrity is validated through a comprehensive system catalog of functional requirements and use-case definitions. Finally, the thesis establishes Fahim’s market viability using a Business Model Canvas and a ten-axis future roadmap outlining technical scaling and startup growth trajectories.

Keywords — adaptive learning platform, AI-first architecture, agentic tutor, deterministic verifier, structured output, large language models, Arabic-first RTL, adaptive diagnostic, EdTech startup, mathematics education

الملخص

فهيم، هو منصة تعلّم تفاعلية تكيّفية مبنية من الصفر للمتعلّمين الناطقين بالعربية، مصمّمة كمشروع تعليمي ناشئ يخاطب سوق المتعلّمين العرب في الجزائر ومنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. توثّق هذه المذكرة الهندسية التصميم والتطبيق الكاملين للمنصة عبر ستة أجزاء. تطبيق الويب أحادي الصفحة (SPA) يقدّم واجهة عربية من اليمين إلى اليسار (RTL) تتضمن وحدات دروس تفاعلية، ولوحة المدرّس الذكي في الزمن الحقيقي، وخريطة مهارات ديناميكية لكل موضوع. واجهة برمجة التطبيقات الخلفية تعتمد على بنية REST خفيفة مع نموذج محتوى عام غير مرتبط بمادة محددة، وتستخدم مصادقة عديمة الحالة عبر رموز JWT. المدرّس الذكي مُصمّم كبنية متعددة الوكلاء مكوّنة من ثماني طبقات، تبدأ من تفاعل المستخدم، مروراً بمنسّق النظام، ووصولاً إلى نماذج اللغة الكبيرة، وتنتهي بطبقات التحقق والقياس. يطبّق المدقّق الحتمي خمس فحوص بنيوية متزامنة تشمل المطابقة الهيكلية، التأريض المعرفي، نطاق المحتوى، اتساق النمط، وتوافق النتيجة، مع آلية إعادة المحاولة ثم التراجع التي تضمن حجب أي مخرجات غير موثوقة عن المستخدم النهائي. يعتمد تخصيص التعلّم على محرّك تشخيص تكيّفي مبني على آلة حالات مرّكة، يقوم بتوجيه المتعلّمين ديناميكياً عبر مسارات تعليمية مختلفة بناءً على تقييمات تُنفّذ على مستوى الحادوم. تم التحقق من سلامة البنية المعمارية عبر تعريف شامل للمتطلبات الوظيفية وغير الوظيفية، حالات الاستخدام، ونموذج المعطيات. كما تبرز المذكرة الجدوى السوقية للمنصة من خلال تضمينها ضمن إطار لوحة نموذج الأعمال، بالإضافة إلى خارطة طريق مستقبلية متعددة المحاور تشمل مسارات التوسع التقني والنمو الريادي لشركة ناشئة في تكنولوجيا التعليم.

الكلمات المفتاحية: منصة تعلّم تكيّفي، معمارية مدفوعة بالذكاء الاصطناعي، مدرّس ذكي عملي، مدقّق حتمي، مخرجات مهيكلّة، نماذج لغوية كبيرة، عربية أولاً من اليمين لليسار، تشخيص تكيّفي، شركة تكنولوجيا تعليمية ناشئة، تعليم الرياضيات

Résumé

Les technologies éducatives traditionnelles dans la région Moyen-Orient et Afrique du Nord (MENA) souffrent d'un manque significatif de personnalisation locale centrée sur la langue arabe, tandis que les tuteurs basés sur les grands modèles de langage (LLMs) émergents font face à des défis critiques liés aux hallucinations factuelles et à une fiabilité structurelle limitée. Cette thèse d'ingénierie présente la conception et la mise en œuvre de Fahim (« » — signifiant « celui qui comprend bien »), une plateforme d'apprentissage interactive et adaptative, axée sur l'intelligence artificielle, spécialement conçue pour le marché des apprenants arabophones en Algérie et dans la région MENA. Développé comme un cadre évolutif pour une startup EdTech, le système comble le fossé entre la flexibilité du tutorat par IA et la rigueur des contraintes pédagogiques.

L'interface frontend propose une application monopage (SPA) native en écriture de droite à gauche (RTL), intégrant des modules de cours interactifs, un panneau de tuteur IA en temps réel, ainsi qu'une carte dynamique des compétences par thématique. Côté backend, une API REST légère gère un modèle de contenu agnostique aux disciplines, avec une authentification sans état basée sur les JSON Web Tokens (JWT). Afin de garantir la fiabilité pédagogique, le tuteur IA est orchestré via un pipeline d'agents en huit couches, alimenté par des modèles de langage avancés et contrôlé par un mécanisme de vérification déterministe personnalisé. Ce vérificateur exécute simultanément cinq contrôles structurels (schéma, ancrage factuel, portée, cohérence du mode et concordance du verdict) sur chaque génération du modèle, en s'appuyant sur un mécanisme de reprise avec repli (retry-then-fallback) qui isole totalement l'apprenant de toute sortie non validée. Par ailleurs, la personnalisation de l'apprentissage repose sur un moteur diagnostique adaptatif fondé sur une machine à états composites, orientant dynamiquement les apprenants à travers des parcours pédagogiques en fonction d'un scoring effectué côté serveur.

L'intégrité architecturale de la plateforme est validée à travers un catalogue complet des exigences fonctionnelles et des cas d'utilisation. Enfin, la thèse établit la viabilité du projet Fahim à l'aide du Business Model Canvas, ainsi qu'une feuille de route prospective en dix axes décrivant les trajectoires d'évolution technique et de croissance de la startup.

Mots-clés : plateforme d'apprentissage adaptatif, architecture orientée IA, tuteur agentique, vérificateur déterministe, sortie structurée, grands modèles de langage, arabe droite-à-gauche, diagnostique adaptatif, startup EdTech, enseignement des mathématiques