

# Royaume du Maroc

Ministère de l'Éducation Nationale, du Préscolaire et des Sports



IAAI

## Rapport de Stage

Projet : Conception et Développement d'une Plateforme  
E-learning

Présenté par :

ZAKARIA EL KHALDI

Formation : [Formation]

Établissement : [Établissement]

Sous la supervision de :

[Nom du superviseur]

[Fonction du superviseur]

Période de stage :

Du 5 mai 2025 au [Date de fin]

Année Académique : [Année Académique]

## Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de ce stage et à l'élaboration de ce rapport.

Je remercie tout d'abord M. Ahmed Benali, Directeur Technique de LearnTech Solutions, pour son accueil au sein de l'entreprise, sa disponibilité et ses précieux conseils qui m'ont guidé tout au long de cette expérience professionnelle.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble de l'équipe de LearnTech Solutions pour leur accueil chaleureux, leur soutien et leur partage de connaissances qui ont rendu cette expérience particulièrement enrichissante.

Je suis également reconnaissant envers mon université et mes professeurs pour la qualité de l'enseignement reçu qui m'a permis d'aborder ce stage avec les compétences nécessaires.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien inconditionnel tout au long de mon parcours.

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>1</b>
<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>Chapitre 1 : Présentation de l'Entreprise et Cadre du Stage</b>	<b>6</b>
1 Présentation de IAAI	7
1.1 Historique et Domaine d'Activité	7
1.2 Vision et Mission	7
1.3 Organisation Structurale	7
2 Cadre Général du Stage	7
2.1 Objectifs du Stage	7
2.2 Environnement de Travail	8
2.3 Planning et Méthodologie	8
<b>Chapitre 2 : Cahier des Charges et Spécifications</b>	<b>9</b>
1 Présentation du Projet LearnExpert	10
1.1 Contexte et Problématique	10
1.2 Objectifs du Projet	10
2 Analyse des Besoins	10
2.1 Besoins Fonctionnels	10
2.2 Besoins Non Fonctionnels	11
3 Technologies et Outils	11
3.1 Stack Technologique	11
3.2 Environnement de Développement	12
<b>Chapitre 3 : Conception et Modélisation</b>	<b>13</b>
1 Introduction	14
2 Méthodologie Adoptée	14
2.1 Modèle en cascade	14
2.2 Langage UML	14
3 Conception	14
3.1 Identification des acteurs	14
3.2 Identification des messages	14

3.3	Les diagrammes de cas d'utilisation.	15
3.4	Les diagrammes de séquence	15
3.5	Le diagramme de classes	16
4	Architecture Adoptée	16
4.1	Pile Technologique	17
4.2	Modèles de Données des Services.	17

## Chapitre 4 : Réalisation et mise en pied du système . . . . . 28

1	Outils et technologies de développement	29
1.1	Environnement de développement	29
1.2	Technologies frontend	29
1.3	Technologies backend	29

## Chapitre 5 : Déploiement et Tests . . . . . 30

1	Intégration et Déploiement du Backend	31
1.1	Configuration du Serveur.	31
1.2	Déploiement de la Base de Données	31
1.3	Évolution de l'Architecture	32
2	Intégration et Tests.	32
2.1	Tests Unitaires	32
2.2	Tests d'Intégration	32
2.3	Tests de Performance	32
3	Optimisation et Monitoring	32
3.1	Optimisation des Performances	32
3.2	Mise en Place du Monitoring	33
3.3	Documentation.	33
4	Conception et Développement de l'Interface Utilisateur	33
4.1	Interface d'Accueil des Utilisateurs Connectés	33
4.2	Barre Latérale de Navigation	33
4.3	Interface de Consultation des Cours	34
5	Traitement Avancé des Données de Contenu	34
5.1	Défis du Traitement des Données.	34
5.2	Problématique du Scraping et Nettoyage des Données	35
5.3	Implémentation d'un Pipeline de Traitement LLM.	37
5.4	Stratégie d'Optimisation Multi-LLM	37
6	Intégration Frontend-Backend	38
6.1	Développement des Routes d'API	38
6.2	Optimisation des Requêtes	38
6.3	Adaptation à l'Architecture JSON	38
7	Tests et Validation	38
7.1	Tests d'Interface Utilisateur.	38
7.2	Tests Fonctionnels et d'Intégration	39
7.3	Planification Stratégique pour l'Avenir	39
8	Conclusion	39

<b>Chapitre 6 : Bilan et Perspectives</b>	<b>40</b>
1 Réalisations et État Actuel du Projet	41
1.1 Fonctionnalités Implémentées	41
1.2 Défis Techniques Surmontés	41
2 Développements Futurs	41
2.1 Fonctionnalités Planifiées	42
2.2 Améliorations Techniques Envisagées	42
2.3 Roadmap d'Évolution	42
3 Bilan Personnel du Stage	42
3.1 Compétences Techniques Acquisées	43
3.2 Compétences Transversales Développées	43
3.3 Apprentissages Professionnels	43
<b>Chapitre 7 : Conclusion et Perspectives</b>	<b>44</b>
1 Synthèse des Réalisations	45
2 Compétences Acquisées	45
3 Perspectives	45
<b>Annexes</b>	<b>46</b>

## Introduction

Ce rapport présente le travail réalisé lors de mon stage de fin d'études effectué au sein de LearnTech Solutions du 10 mai au 10 juin 2025. Durant cette période, j'ai participé à la conception et au développement d'une plateforme e-learning complète destinée aux entreprises et aux professionnels individuels.

L'objectif de ce stage était de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant ma formation et de les approfondir dans un contexte professionnel. Ce projet m'a permis de développer des compétences en développement web, en conception d'architecture logicielle, en gestion de bases de données et en traitement de données.

Ce rapport détaille l'ensemble des travaux réalisés durant les différentes semaines du stage, les méthodologies employées, les difficultés rencontrées et les solutions apportées, ainsi que les résultats obtenus.

# Chapitre 1 : Présentation de l'Entreprise et Cadre du Stage

# 1 Présentation de IAAI

## 1.1 Historique et Domaine d'Activité

IAAI (Intelligence Artificielle et Apprentissage Interactif) est une entreprise innovante spécialisée dans le développement de solutions éducatives numériques basées sur l'intelligence artificielle. Fondée en 2020, IAAI s'est rapidement positionnée comme un acteur émergent dans le domaine de l'e-learning et des technologies éducatives.

L'entreprise se concentre sur la création de plateformes d'apprentissage en ligne qui utilisent l'IA pour personnaliser l'expérience d'apprentissage et optimiser l'acquisition de compétences techniques, particulièrement dans le domaine de la programmation et des technologies web.

## 1.2 Vision et Mission

La vision d'IAAI est de démocratiser l'accès à une éducation technique de qualité grâce à des plateformes innovantes et accessibles.

Sa mission est double :

- Développer des plateformes d'apprentissage qui s'adaptent automatiquement au rythme et au style d'apprentissage de chaque utilisateur
- Rendre l'apprentissage de la programmation et des technologies plus engageant et efficace grâce à l'utilisation de l'IA et des technologies interactives

## 1.3 Organisation Structurale

IAAI est organisée en plusieurs départements complémentaires :

- **Département R&D** : Chargé de la recherche en IA et en sciences de l'apprentissage
- **Département Technique** : Responsable du développement des plateformes et des applications
- **Département Pédagogique** : En charge de la création et de la curation des contenus éducatifs
- **Département Marketing et Commercial** : Gestion de la stratégie de croissance et des relations clients

L'entreprise compte une vingtaine de collaborateurs, principalement des développeurs, des experts en IA, des spécialistes en contenu pédagogique et des designers UX/UI.

# 2 Cadre Général du Stage

## 2.1 Objectifs du Stage

Ce stage s'inscrit dans le cadre du développement de la nouvelle plateforme e-learning LearnExpert d'IAAI. Les objectifs principaux étaient :

- Participer à la conception de l'architecture globale de la plateforme
- Développer les interfaces utilisateur principales et le système de navigation
- Mettre en place un système d'acquisition et de traitement de données pour les contenus éducatifs
- Intégrer des fonctionnalités interactives pour l'apprentissage de la programmation
- Contribuer au déploiement et à l'optimisation de la plateforme



Ces objectifs s'inscrivent dans une vision plus large de création d'une plateforme complète, modulaire et évolutive, destinée à servir de base pour les futurs produits de l'entreprise.

## 2.2 Environnement de Travail

Le stage s'est déroulé dans les locaux d'IAAI, au sein d'une équipe de développement composée de :

- Un chef de projet technique
- Deux développeurs full-stack seniors
- Un designer UX/UI
- Un spécialiste en contenu éducatif

L'environnement de travail était basé sur des méthodologies agiles, avec des sprints hebdomadaires, des réunions quotidiennes de synchronisation, et un système de revue de code. Les outils principaux utilisés incluaient :

- GitHub pour la gestion de versions et la collaboration
- Jira pour la gestion des tâches et le suivi des bugs
- Figma pour les maquettes et le design
- Slack et Discord pour la communication d'équipe

## 2.3 Planning et Méthodologie

Le stage s'est déroulé sur une période de quatre semaines, organisées selon un planning structuré :

- **Semaine 1** : Conception et architecture de la plateforme
- **Semaine 2** : Développement du site vitrine et de la landing page
- **Semaine 3** : Développement des interfaces utilisateur et traitement des données
- **Semaine 4** : Finalisation, déploiement et optimisations

La méthodologie adoptée était une version adaptée de Scrum, avec des cycles de développement courts permettant des ajustements rapides et une flexibilité face aux changements de priorités. Chaque sprint débutait par une session de planification et se terminait par une démonstration des fonctionnalités implémentées, suivie d'une rétrospective pour identifier les points d'amélioration.

## Chapitre 2 : Cahier des Charges et Spécifications

# 1 Présentation du Projet LearnExpert

## 1.1 Contexte et Problématique

Le secteur de l'éducation en ligne connaît une croissance exponentielle, accélérée encore davantage par la pandémie mondiale qui a révélé les limites des plateformes d'apprentissage existantes. Dans ce contexte, plusieurs problématiques ont été identifiées :

- Les plateformes actuelles proposent souvent un contenu générique et peu personnalisé
- Les méthodes d'apprentissage de la programmation restent trop théoriques, avec un manque d'interactivité
- Les apprenants font face à une fragmentation des ressources éducatives, nécessitant de naviguer entre différentes plateformes
- Les outils d'apprentissage ne s'adaptent pas au rythme et au niveau de chaque utilisateur

Face à ces défis, IAAI a décidé de développer LearnExpert, une plateforme innovante centrée sur l'apprentissage de la programmation et des technologies web.

## 1.2 Objectifs du Projet

Le projet LearnExpert vise à créer une plateforme d'apprentissage complète qui se distingue par :

- Une approche centrée sur la pratique et l'interactivité pour l'apprentissage de la programmation
- Une personnalisation de l'expérience d'apprentissage grâce à l'IA
- Une intégration de contenus structurés et de haute qualité pour divers langages de programmation
- Une architecture évolutive permettant d'ajouter de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux contenus
- Une expérience utilisateur fluide et engageante

L'objectif principal est de créer une plateforme qui accompagne efficacement les apprenants dans leur parcours d'acquisition de compétences techniques, qu'ils soient débutants ou développeurs expérimentés cherchant à se perfectionner.

# 2 Analyse des Besoins

## 2.1 Besoins Fonctionnels

Les fonctionnalités clés identifiées pour la plateforme LearnExpert sont :

- **Gestion des utilisateurs et authentification**
  - Inscription et connexion des utilisateurs
  - Profils utilisateurs avec suivi de progression
  - Système de rôles (apprenant, créateur de contenu, administrateur)
- **Gestion des cours et contenus**
  - Catalogue de cours organisé par catégories et niveaux
  - Système de modules et de leçons structurés
  - Support pour divers formats de contenu (texte, code, vidéo)
- **Apprentissage interactif**
  - Éditeur de code intégré avec exécution en temps réel
  - Exercices pratiques et projets guidés

- Tests automatisés pour valider les compétences
- **Analyse et suivi**
  - Tableau de bord de progression pour les apprenants
  - Statistiques d'utilisation pour les administrateurs
  - Recommandations personnalisées basées sur les performances
- **Interface d'administration**
  - Gestion des utilisateurs et des permissions
  - Création et édition de contenu éducatif
  - Suivi des métriques de la plateforme

## 2.2 Besoins Non Fonctionnels

Au-delà des fonctionnalités, plusieurs exigences non fonctionnelles ont été définies :

- **Performance**
  - Temps de chargement des pages inférieur à 2 secondes
  - Capacité à supporter au moins 1000 utilisateurs simultanés
  - Exécution rapide du code dans l'environnement intégré
- **Sécurité**
  - Protection des données personnelles des utilisateurs
  - Isolation des environnements d'exécution de code
  - Authentification robuste et gestion sécurisée des sessions
- **Accessibilité et UX**
  - Interface intuitive et responsive (mobile, tablette, desktop)
  - Respect des standards d'accessibilité WCAG 2.1
  - Support multilingue (initialement français et anglais)
- **Évolutivité et maintenance**
  - Architecture modulaire facilitant l'ajout de nouvelles fonctionnalités
  - Documentation technique complète
  - Tests automatisés couvrant les fonctionnalités critiques

## 3 Technologies et Outils

### 3.1 Stack Technologique

Après analyse des besoins et des contraintes du projet, les technologies suivantes ont été sélectionnées :

- **Frontend**
  - Next.js (framework React) pour le développement d'une application web moderne
  - TypeScript pour garantir la robustesse et la maintenabilité du code
  - Tailwind CSS pour un design responsive et cohérent
  - Monaco Editor pour l'implémentation de l'éditeur de code interactif
  - Framer Motion pour les animations et transitions fluides
- **Backend**
  - Architecture microservices avec Node.js et Express
  - NGINX comme API Gateway pour la gestion des requêtes
  - Supabase pour l'authentification et les services de base de données
  - MongoDB pour le stockage des contenus de cours et des données structurées
- **Traitement des données**

- Python pour les scripts de scraping et de nettoyage de données
- APIs LLM (Large Language Models) pour le traitement intelligent des contenus
- JSON comme format principal pour le stockage et l'échange de données
- **Déploiement et infrastructure**
  - Vercel pour l'hébergement du frontend
  - Docker pour la conteneurisation des services backend
  - GitHub Actions pour l'intégration et le déploiement continus

### 3.2 Environnement de Développement

L'environnement de développement a été configuré pour optimiser la productivité et la collaboration :

- Visual Studio Code comme IDE principal
- ESLint et Prettier pour le linting et le formatage du code
- Git et GitHub pour le contrôle de version et la collaboration
- Postman pour le test des API
- Figma pour la conception et le prototypage de l'interface utilisateur

Cette stack technologique a été choisie pour sa modernité, sa flexibilité et sa capacité à répondre aux besoins spécifiques du projet, tout en garantissant des performances optimales et une bonne expérience utilisateur.

## Chapitre 3 : Conception et Modélisation

# 1 Introduction

La première phase du projet a été consacrée à la conception initiale, à la définition de l'architecture backend et des bases de données, ainsi qu'à la création des premiers diagrammes UML.

## 2 Méthodologie Adoptée

La méthodologie adoptée pour la conception du système s'est basée sur une approche structurée et itérative.

### 2.1 Modèle en cascade

Pour la phase de conception, nous avons adopté une approche en cascade adaptée, permettant de définir clairement les étapes successives tout en maintenant la possibilité de réviser les décisions précédentes au besoin.

### 2.2 Langage UML

Le langage UML (Unified Modeling Language) a été utilisé comme standard pour représenter graphiquement l'architecture et les interactions du système. Ce choix permet une communication claire et non ambiguë entre toutes les parties prenantes du projet.

## 3 Conception

### 3.1 Identification des acteurs

Les principaux types d'utilisateurs identifiés pour la plateforme sont :

- **Apprenant Individuel** : S'inscrit, s'abonne, apprend, demande des consultations
- **Employé d'Entreprise** : Apprend via l'abonnement de l'entreprise, demande des consultations
- **Administrateur/Manager d'Entreprise** : Gère le compte de l'entreprise, les employés, les abonnements, attribue les cours, consulte les analyses
- **Créateur de Cours** : Conçoit et élabore le contenu des cours (modules, leçons, quiz)
- **Consultant/Fournisseur de Prestations** : Gère sa disponibilité, anime les sessions via la plateforme de réunion
- **Agent de Support Plateforme** : Assiste les utilisateurs pour les problèmes liés à la plateforme et les questions-réponses
- **Administrateur de la Plateforme** : Supervise l'ensemble de la plateforme, les utilisateurs, le contenu, les paramètres

### 3.2 Identification des messages

La plateforme e-learning conçue repose sur les fonctionnalités essentielles suivantes :

- **E-Learning** :
  - Catalogue de cours (filtrable, consultable)
  - Modules, Leçons (vidéo, basées sur des images)

- Quiz et Évaluations
- Suivi de la Progression
- Certificats de Réussite
- Support Multilingue (EN/FR)
- Paramètres Utilisateur et Entreprise
- **Consultation et Prestation :**
  - Navigation des services
  - Profils des consultants et disponibilité
  - Système de réservation/demande
  - Intégration API avec la plateforme de réunion personnalisée
  - Facturation des sessions
- **Monétisation :**
  - Abonnements pour utilisateurs individuels (accès illimité)
  - Abonnements pour entreprises (par utilisateur)
  - Réductions et Démonstrations

### 3.3 Les diagrammes de cas d'utilisation

Les diagrammes de cas d'utilisation ont permis de représenter visuellement les interactions entre les acteurs et le système.

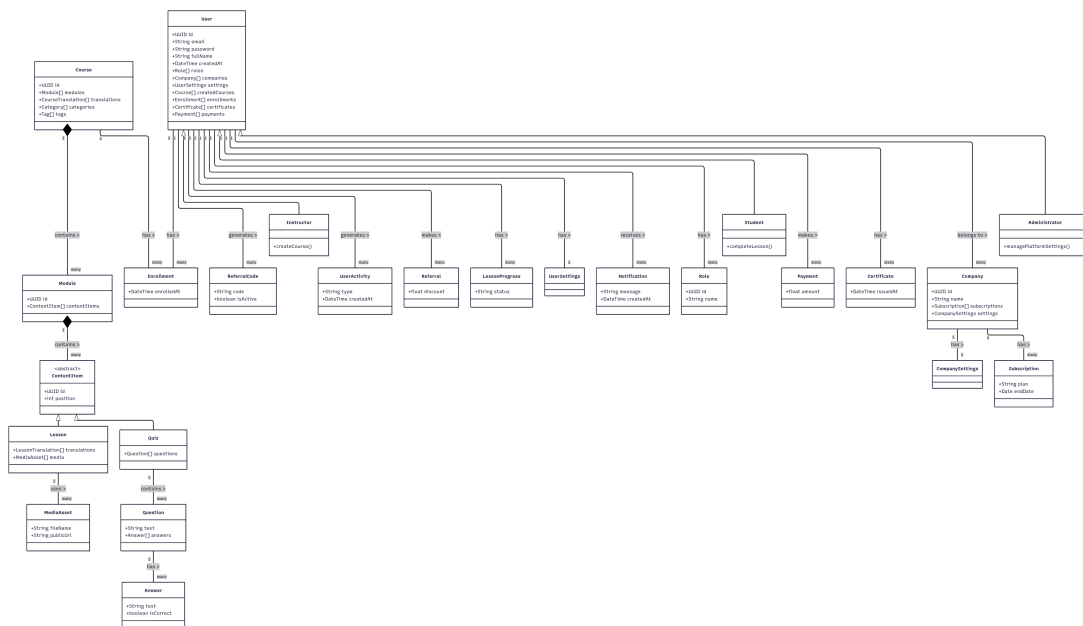


FIGURE 1 – **Diagramme de cas d'utilisation** montrant les principales fonctionnalités accessibles par les acteurs.

### 3.4 Les diagrammes de séquence

Les diagrammes de séquence ont permis d'illustrer les interactions temporelles entre les différents composants du système pour des scénarios clés.

Pour illustrer le fonctionnement de l'architecture, voici un exemple de flux de communication entre les services pour un scénario d'inscription et d'abonnement :



1. **Client (Next.js)** → **Passerelle API (Nginx)** → **Service IAM** (Création de l'utilisateur)
2. **Service IAM** → **Kafka** (Publie 'UserRegisteredEvent')
3. **Service de Notification** (Consomme l'événement) → Envoie un Email de Bienvenue
4. **Client** → **Passerelle API** → **Service de Facturation** (Demande d'abonnement)
5. **Service de Facturation** → Passerelle de Paiement et Mise à jour de la BD interne
6. **Service de Facturation** → **Kafka** (Publie 'SubscriptionActivatedEvent')
7. **Service IAM** (Consomme, met à jour le statut utilisateur) & **Service de Notification** (Consomme, envoie une confirmation)

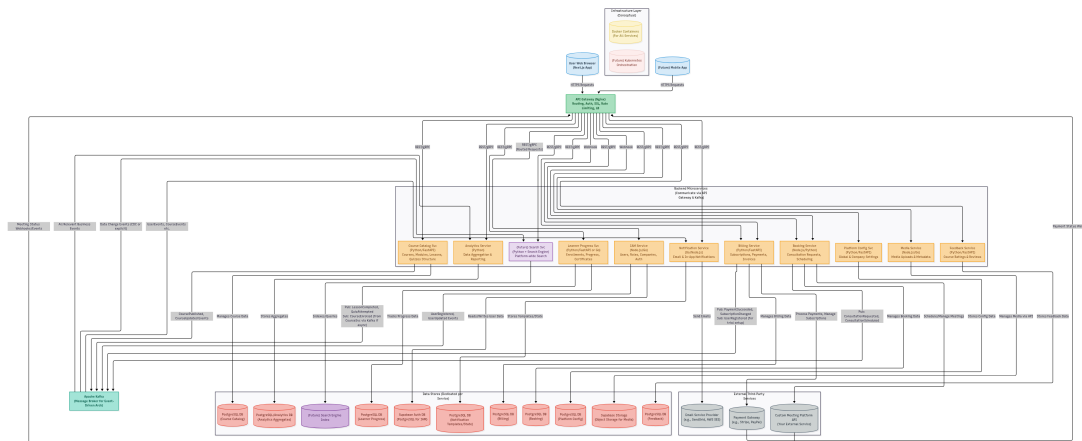


FIGURE 2 – **Diagramme de séquence** illustrant le processus d'inscription et d'abonnement.

### 3.5 Le diagramme de classes

Le diagramme de classes a été élaboré pour représenter les principales entités du système et leurs relations.

Ce diagramme illustre les relations entre les différentes entités du système, comme les utilisateurs, les cours, les modules, les leçons, les abonnements et les services de consultation. Les cardinalités et les types de relations (composition, agrégation, héritage) ont été définies pour refléter précisément la structure du modèle de données.

## 4 Architecture Adoptée

L'architecture envisagée pour la plateforme repose sur une approche de microservices, justifiée par plusieurs avantages clés :

- **Scalabilité** : Mise à l'échelle indépendante des services individuels selon les besoins
- **Maintenabilité** : Possibilité de modifier des parties spécifiques sans impacter l'ensemble du système
- **Résilience** : Limitation de l'impact des défaillances à des services spécifiques
- **Autonomie des Équipes** : Développement, tests et déploiement indépendants par différentes équipes
- **Flexibilité Technologique** : Utilisation des technologies les plus adaptées pour chaque service

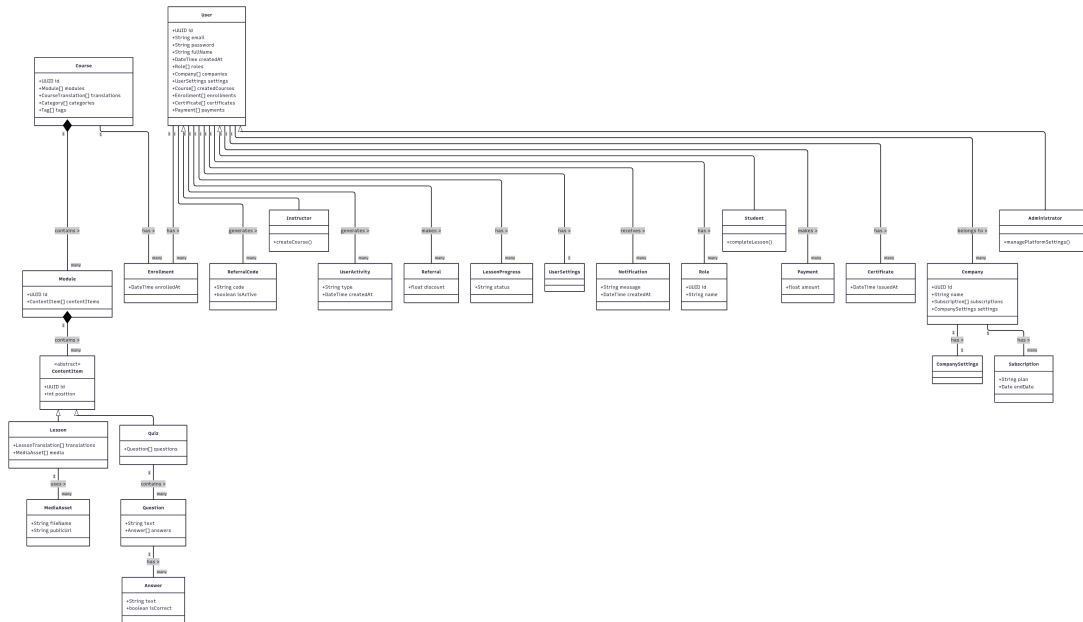


FIGURE 3 – **Diagramme de classes** de la plateforme e-learning montrant les principales entités et leurs relations.

## 4.1 Pile Technologique

La pile technologique définie pour le développement comprend :

- **Frontend** : Next.js (React)
- **Microservices Backend** :
  - Go (pour les services critiques en performance et concurrents comme les Notifications, le backend de la plateforme de réunion)
  - Python avec FastAPI (pour les services gourmands en données, développement rapide d'API, par exemple, Catalogue de Cours, Facturation)
  - Node.js avec Express (TypeScript) (pour les opérations I/O intensives, interaction Supabase, par exemple, IAM, Gestion des Médias)
- **Bases de Données** :
  - PostgreSQL (stockage relationnel principal pour la plupart des services)
  - Supabase (pour l'Authentification, le Stockage, et son Postgres géré pour des services spécifiques)
- **Passerelle API** : Nginx (en tant que reverse proxy et passerelle)
- **Broker de Messages** : Apache Kafka (pour une gestion d'événements asynchrones robuste et scalable)
- **Conteneurisation et Orchestration** : Docker (Kubernetes serait une étape logique suivante pour l'orchestration)

## 4.2 Modèles de Données des Services

Dans le cadre de cette première phase, des modèles de données préliminaires ont été conçus pour chacun des services identifiés. Voici quelques exemples des structures de données principales :

## Service IAM (Identity and Access Management)

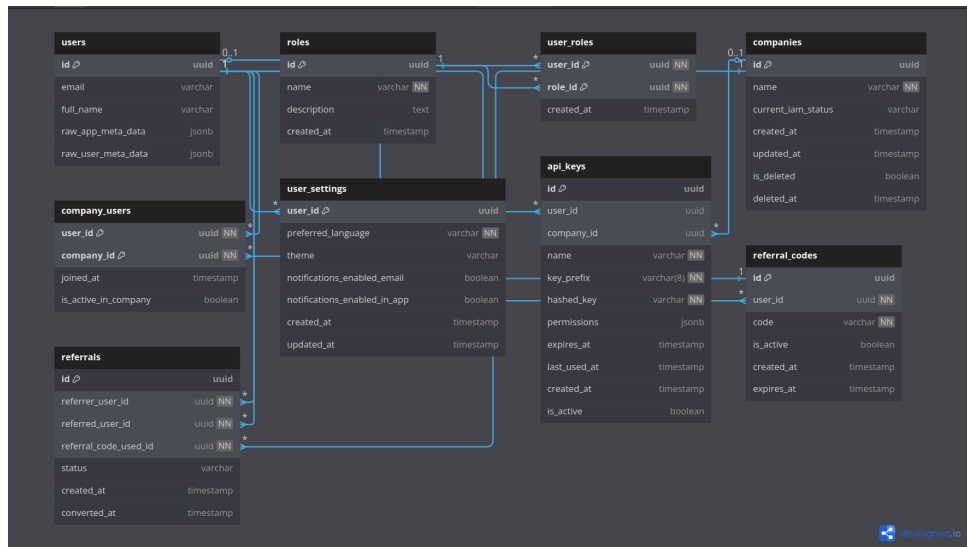


FIGURE 4 – Modèle de données du service IAM pour la gestion des utilisateurs et des accès.

### Points clés du modèle IAM :

- **Gestion centralisée des utilisateurs** avec tables dédiées aux utilisateurs, rôles et permissions
- **Support multi-tenant** via la table des entreprises (companies)
- **Système de référence** permettant le suivi des recommandations et affiliations
- **Paramètres utilisateurs** stockés de manière structurée pour personnaliser l'expérience
- **Jetons d'authentification** permettant une gestion sécurisée des sessions

## Service de Contenu

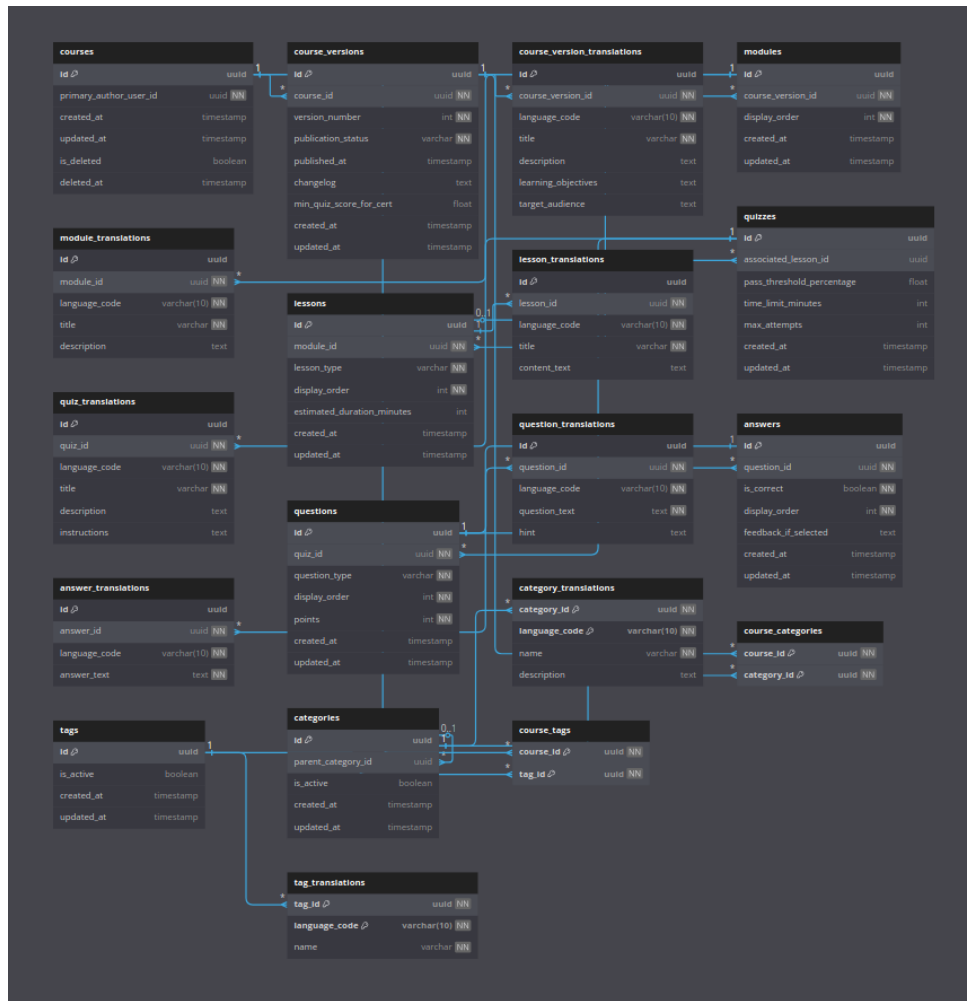


FIGURE 5 – Modèle de données du service de contenu pour la gestion des cours et du matériel pédagogique.

### Points clés du service de Contenu :

- **Structure hiérarchique** des cours, modules et leçons
- **Support multimédia** avec gestion des vidéos, documents et quizz
- **Métadonnées riches** pour faciliter la recherche et la catégorisation
- **Gestion des versions** permettant la mise à jour du contenu sans perte d'historique
- **Support multilingue** pour internationaliser le contenu pédagogique

## Service de Facturation et d'Abonnement

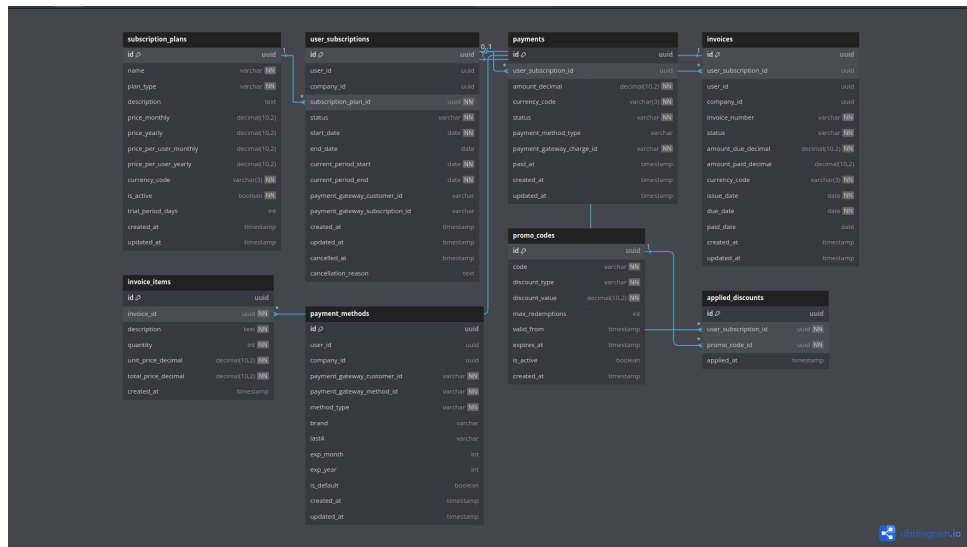


FIGURE 6 – Modèle de données du service de facturation pour la gestion des abonnements et des paiements.

### Points clés du service de Facturation :

- **Gestion des plans d'abonnement** avec différents niveaux de service
- **Suivi des factures et paiements** pour les utilisateurs individuels et entreprises
- **Support des promotions et réductions** temporaires ou permanentes
- **Historique de facturation** complet pour analyses financières
- **Intégration** avec les passerelles de paiement externes

## Service de Certification

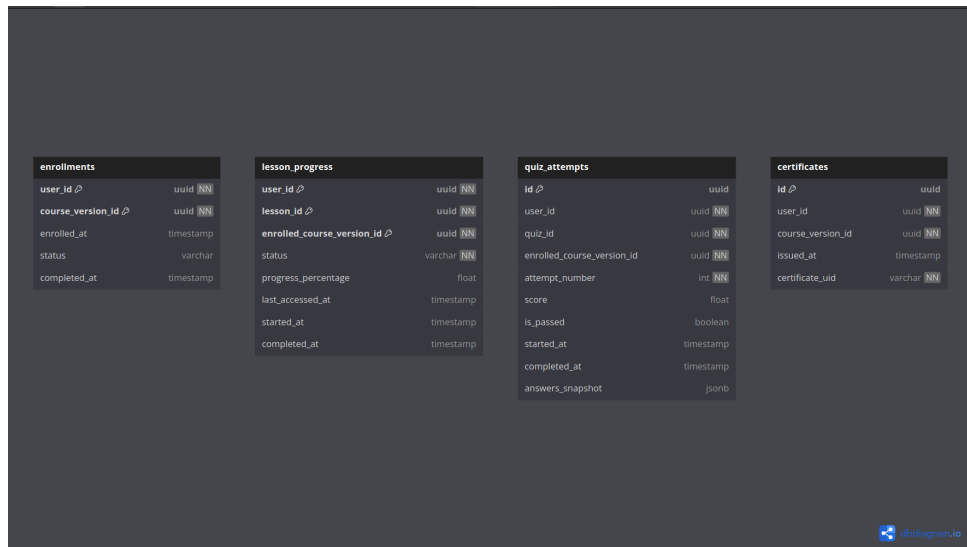


FIGURE 7 – Modèle de données du service de certification pour la délivrance et la validation des certificats.

### Points clés du service de Certification :

- **Création de certificats** à l'achèvement des cours et modules
- **Validation et vérification** des compétences acquises
- **Badges et récompenses** pour motiver les apprenants
- **Système de validation externe** permettant aux entreprises de vérifier l'authenticité
- **Historique des certifications** pour chaque utilisateur

## Service d'Analytique et Reporting

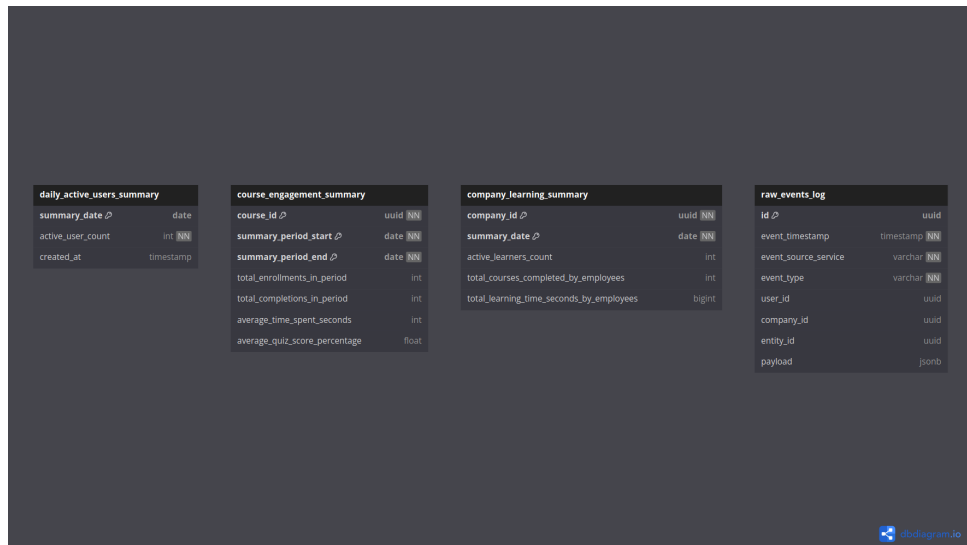


FIGURE 8 – Modèle de données du service d'analytique pour le suivi des performances et la génération de rapports.

### Points clés du service d'Analytique :

- **Collecte de données d'utilisation** sur toutes les interactions utilisateurs
- **Métriques de performance** pour les cours et modules
- **Rapports personnalisés** pour les administrateurs et entreprises
- **Tableaux de bord en temps réel** pour le suivi des indicateurs clés
- **Système d'alerte** pour identifier les anomalies ou opportunités

## Service de Feedback

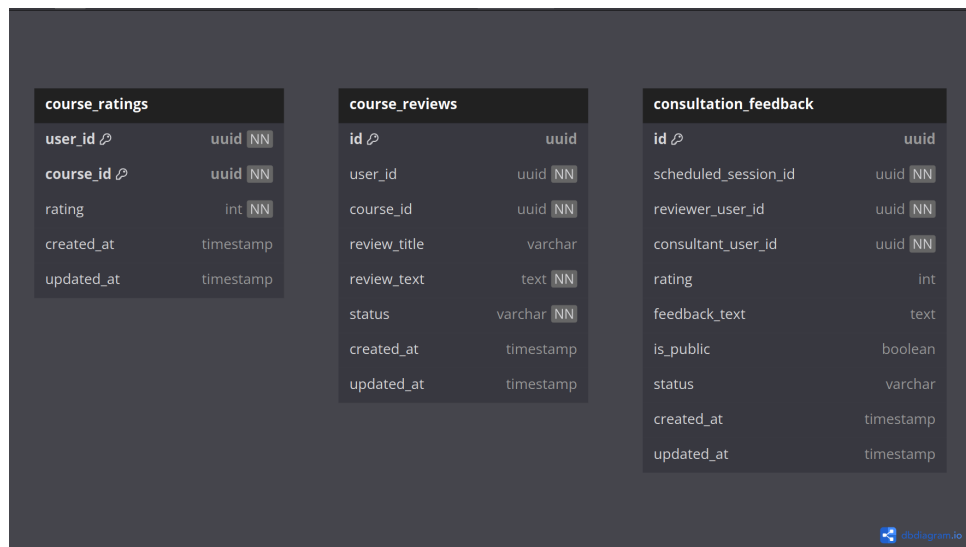


FIGURE 9 – Modèle de données du service de feedback pour la collecte et la gestion des retours utilisateurs.

### Points clés du service de Feedback :

- **Évaluations et avis** sur les cours et modules
- **Système de notation** permettant une évaluation quantitative
- **Commentaires et suggestions** pour améliorer le contenu
- **Analyse de sentiment** sur les retours textuels
- **Boucle de rétroaction** pour les créateurs de contenu



## Service de Notification

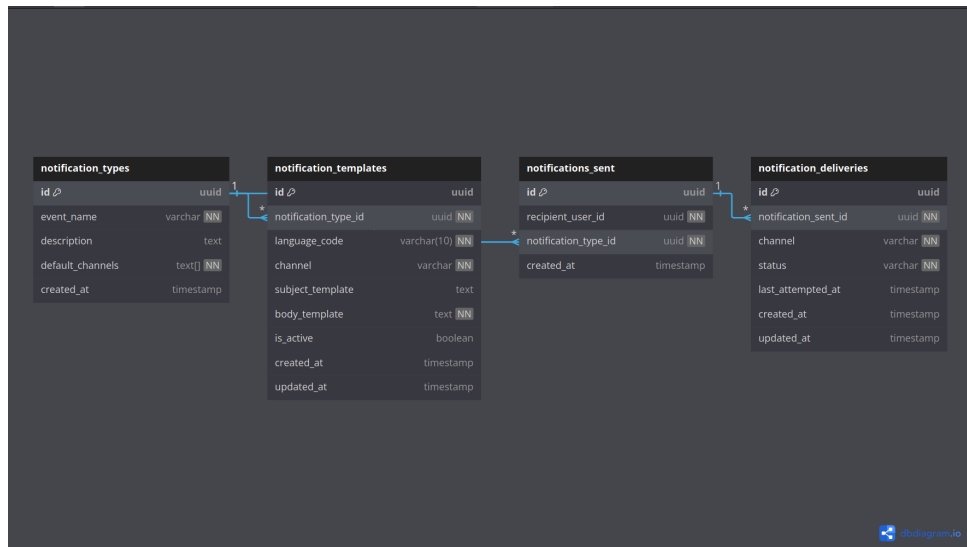


FIGURE 10 – Modèle de données du service de notification pour l'envoi et la gestion des notifications.

### Points clés du service de Notification :

- **Notifications temps réel** pour les événements importants
- **Préférences de notification** configurables par utilisateur
- **Support multi-canal** : email, push, in-app, SMS
- **Modèles de messages** personnalisables
- **Planification et automatiser** des campagnes de notification

## Service de Gestion des Médias

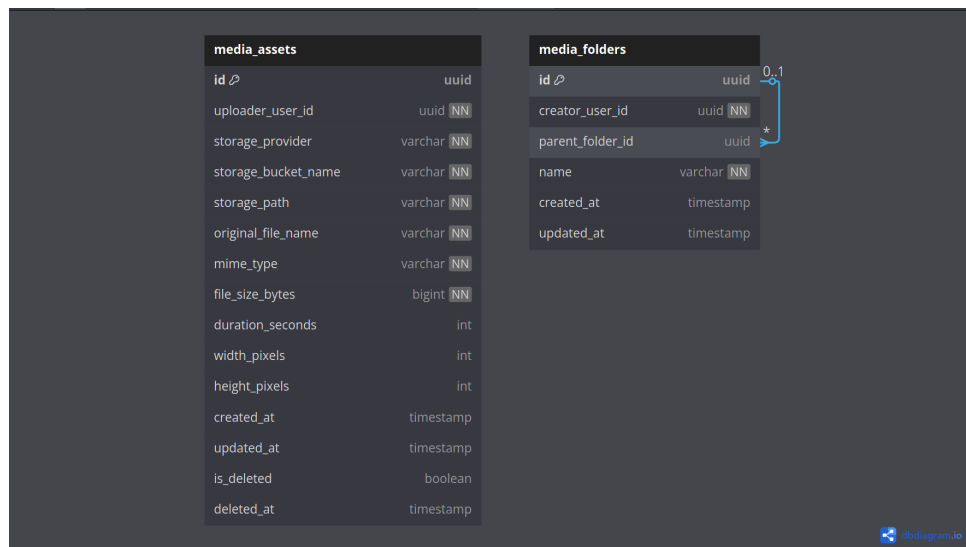


FIGURE 11 – Modèle de données du service de gestion des médias pour le stockage et l'accès aux ressources multimédias.

### Points clés du service de Médias :

- **Gestion centralisée** des ressources audio, vidéo et images
- **Métadonnées enrichies** pour faciliter la recherche et l'organisation
- **Support de multiples formats** et résolutions
- **Optimisation automatique** pour différents appareils
- **Contrôle des droits d'accès** pour les ressources protégées

## Service de Configuration de la Plateforme

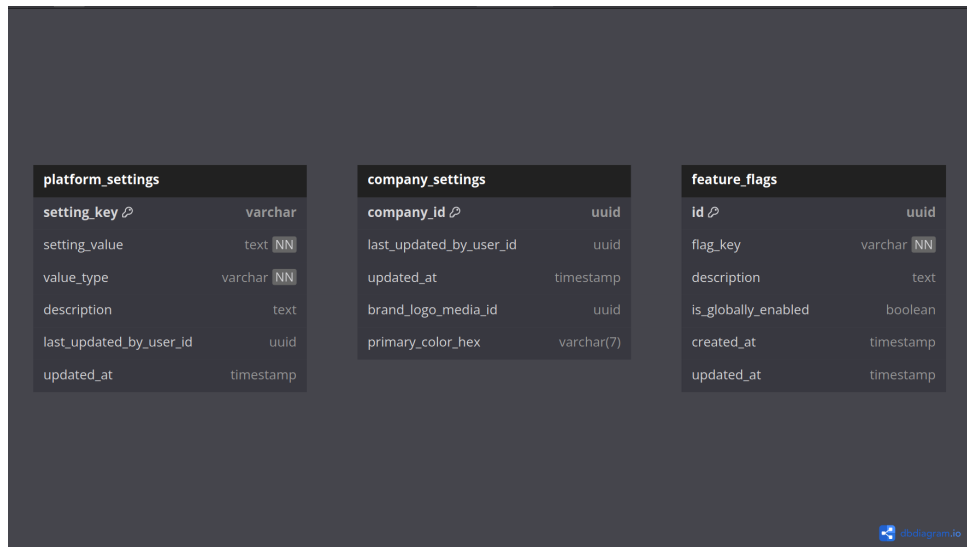


FIGURE 12 – Modèle de données du service de configuration pour la gestion des paramètres globaux de la plateforme.

### Points clés du service de Configuration :

- **Paramètres système** centralisés et accessibles à tous les services
- **Gestion des drapeaux de fonctionnalités** (feature flags)
- **Configuration par environnement** (développement, test, production)
- **Personnalisation de l'interface** selon les besoins spécifiques
- **Paramètres multilingues** pour localisation de la plateforme

## Service de Recherche

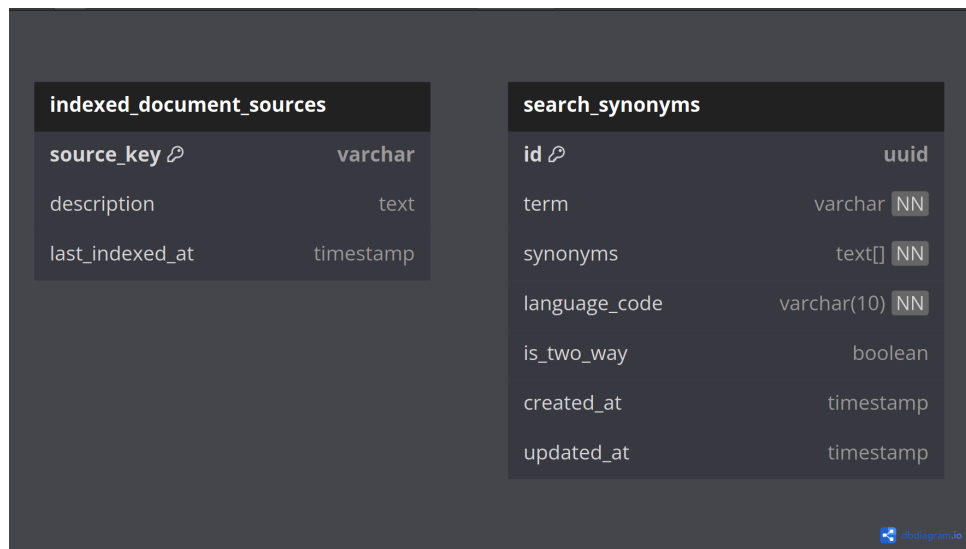


FIGURE 13 – Modèle de données du service de recherche pour l’indexation et la recherche de contenu.

### Points clés du service de Recherche :

- **Indexation intelligente** du contenu des cours et ressources
- **Recherche full-text** avec prise en charge des synonymes
- **Système de tags** pour améliorer la pertinence des résultats
- **Historique des recherches** pour l’analyse des tendances
- **Algorithme de recommandation** basé sur les comportements de recherche

TABLE 1 – Comparaison des caractéristiques techniques des services

Service	Technologie principale	Type de données	Complexité
IAM	Node.js/Go	Utilisateurs	Élevée
Contenu	Python/FastAPI	Éducation	Moyenne
Facturation	Python/FastAPI	Financières	Élevée
Certification	Python/Go	Validation	Moyenne
Analytique	Python	Statistiques	Élevée
Feedback	Node.js	Évaluation	Basse
Notification	Go	Messaging	Moyenne
Médias	Node.js	Binaires	Élevée
Configuration	Go	Paramètres	Basse
Recherche	Python/Elasticsearch	Index	Élevée

## Chapitre 4 : Réalisation et mise en pied du système

# 1 Outils et technologies de développement

Pour le développement du projet, plusieurs outils et technologies modernes ont été utilisés afin d'assurer la qualité, la performance et la maintenabilité du code.

## 1.1 Environnement de développement

L'environnement de développement a été configuré avec les outils suivants :

- **Visual Studio code et neovim** : Comme éditeur de code principaux avec des extensions pour React, TypeScript et ESLint
- **GitHub** : Pour la gestion de versions et la collaboration
- **Docker** : Pour la conteneurisation des services backend
- **Postman** : Pour tester les API
- **Chrome DevTools** : Pour le debugging et l'optimisation des performances frontend

## 1.2 Technologies frontend

Pour le développement front-end de cette application, les technologies suivantes ont été utilisées :

- **Next.js** : Framework React pour le rendu côté serveur et la génération de sites statiques
- **Tailwind CSS** : Framework CSS utilitaire pour un design responsive et personnalisable
- **Framer Motion** : Bibliothèque d'animations pour ajouter des transitions et effets visuels
- **React Hook Form** : Gestion des formulaires avec validation
- **TypeScript** : Pour un code plus robuste avec typage statique

## 1.3 Technologies backend

Pour le développement backend, les technologies suivantes ont été utilisées :

- **Node.js** : Environnement d'exécution JavaScript côté serveur
- **Express** : Framework web pour Node.js
- **PostgreSQL** : Système de gestion de base de données relationnelle
- **Supabase** : Plateforme Backend-as-a-Service pour l'authentification et le stockage
- **Redis** : Pour la mise en cache et la gestion des sessions

## Chapitre 5 : Déploiement et Tests

La troisième semaine du stage a été consacrée au développement des interfaces utilisateur pour la plateforme d'apprentissage en ligne, ainsi qu'à la mise en place d'un système avancé de traitement des données de contenu. Ces avancées ont permis de construire les fondations interactives de la plateforme et d'optimiser le traitement des ressources pédagogiques.

## 1 Intégration et Déploiement du Backend

La phase de déploiement a impliqué la mise en place de l'infrastructure nécessaire pour héberger et exécuter la plateforme en environnement de production.

### 1.1 Configuration du Serveur

La configuration du serveur a été réalisée en suivant les meilleures pratiques de sécurité et de performance. Les étapes principales ont inclus :

- Installation et configuration du système d'exploitation (Linux Ubuntu Server)
- Mise en place des règles de pare-feu et de sécurité
- Configuration des certificats SSL pour assurer des connexions sécurisées
- Installation des dépendances nécessaires au fonctionnement de l'application
- Configuration des services de monitoring et de logging

### 1.2 Déploiement de la Base de Données

Pour assurer une accessibilité optimale et une scalabilité future, la base de données a été déployée sur MongoDB Atlas, une plateforme de base de données en tant que service (DBaaS). Cette solution cloud offre plusieurs avantages :

- Haute disponibilité avec réplication automatique
- Surveillance en temps réel des performances
- Sauvegardes automatisées
- Sécurité renforcée avec authentification et chiffrement
- Scalabilité horizontale et verticale selon les besoins

Collection Name	Documents
course_categories	71
tutorials	6134

FIGURE 14 – Interface MongoDB Atlas montrant les différentes collections de données.



## 1.3 Évolution de l'Architecture

Après des tests approfondis, une décision stratégique a été prise de migrer d'une architecture MongoDB vers une solution basée sur des fichiers JSON locaux. Cette transition a été motivée par :

- La réduction de la complexité architecturale pour la phase actuelle du projet
- L'amélioration de l'expérience de développement avec un accès direct aux données
- La compatibilité optimale avec le framework Next.js et ses capacités de rendu côté serveur
- La simplification du déploiement et de la maintenance pour les premiers stades du projet

## 2 Intégration et Tests

### 2.1 Tests Unitaires

Une suite de tests unitaires a été développée pour valider le bon fonctionnement des différents composants de l'application :

- Tests des modèles de données
- Tests des contrôleurs et services
- Tests des utilitaires et fonctions auxiliaires
- Tests des composants React avec Jest et React Testing Library

### 2.2 Tests d'Intégration

Des tests d'intégration ont été mis en place pour vérifier les interactions entre les différents modules de l'application :

- Tests des flux de données entre le frontend et le backend
- Tests des interactions avec la base de données
- Tests des flux d'authentification et d'autorisation
- Tests des processus métier complets

### 2.3 Tests de Performance

Des tests de performance ont été réalisés pour s'assurer que l'application répond aux exigences en termes de temps de réponse et de capacité à gérer la charge :

- Tests de charge avec simulation d'utilisateurs concurrents
- Tests de stress pour identifier les limites de l'application
- Analyse des goulots d'étranglement et optimisations nécessaires
- Mesure des temps de chargement des pages et des composants

## 3 Optimisation et Monitoring

### 3.1 Optimisation des Performances

Plusieurs optimisations ont été apportées pour améliorer les performances de l'application :

- Intégration des capacités de rendu côté serveur de Next.js pour améliorer les performances perçues

- Mise en place de stratégies de mise en cache pour les données fréquemment accédées
- Optimisation des images et des ressources statiques
- Implémentation du lazy loading pour les composants non critiques
- Minification et bundling des fichiers JavaScript et CSS

### 3.2 Mise en Place du Monitoring

Un système de monitoring a été mis en place pour surveiller l'état et les performances de l'application en production :

- Intégration de Sentry pour la détection et le suivi des erreurs
- Configuration de New Relic pour le monitoring des performances
- Mise en place de dashboards de monitoring avec Grafana
- Configuration d'alertes en cas de problèmes critiques
- Centralisation des logs pour faciliter le débogage

### 3.3 Documentation

Une documentation complète a été rédigée pour faciliter la maintenance et l'évolution future de l'application :

- Documentation technique de l'architecture
- Documentation des API et des endpoints
- Guide de déploiement et d'administration
- Documentation utilisateur pour les administrateurs de la plateforme
- Documentation du processus de développement et des standards de code

## 4 Conception et Développement de l'Interface Utilisateur

Après avoir développé la page d'accueil la semaine précédente, l'accent a été mis sur la création des interfaces principales que les utilisateurs utiliseront quotidiennement pour accéder aux contenus et suivre leur progression.

### 4.1 Interface d'Accueil des Utilisateurs Connectés

Une interface d'accueil spécifique pour les utilisateurs connectés a été développée, offrant un accès rapide aux cours en cours, aux recommandations personnalisées et aux dernières activités.

### 4.2 Barre Latérale de Navigation

Une barre latérale de navigation intuitive a été implémentée pour faciliter l'accès aux différentes sections de la plateforme.

Cette barre latérale comprend :

- Accès au tableau de bord personnel
- Catalogue de cours et formations
- Suivi de progression
- Calendrier des sessions de consultation
- Paramètres du compte
- Centre de notifications

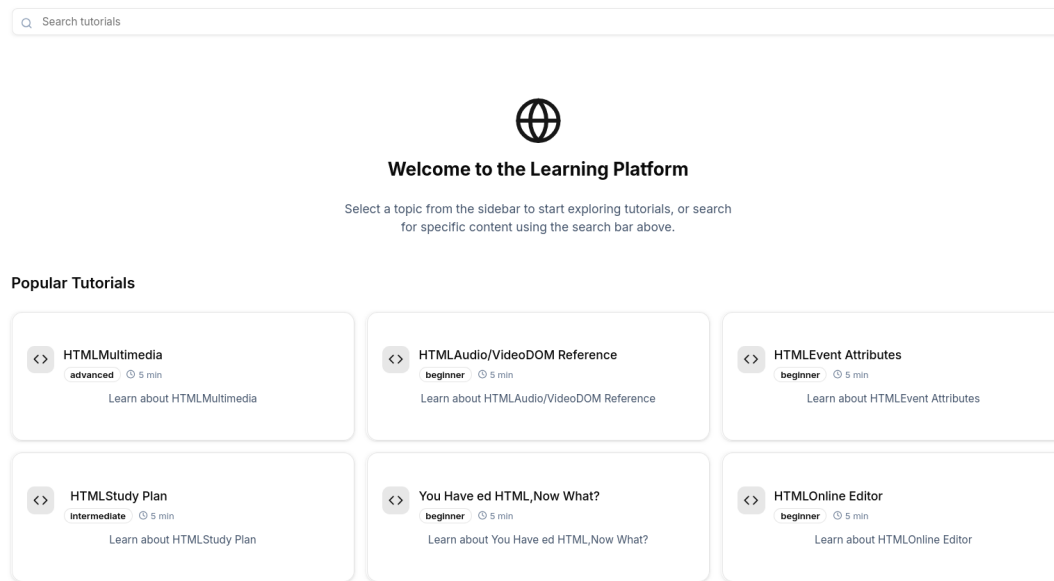


FIGURE 15 – Interface d’accueil personnalisée pour les utilisateurs connectés.

### 4.3 Interface de Consultation des Cours

L’interface de consultation des cours a été conçue pour offrir une expérience d’apprentissage immersive et efficace.

Les caractéristiques principales de cette interface incluent :

- Affichage clair du contenu théorique avec mise en forme optimisée
- Navigation intuitive entre les différentes sections du cours
- Exercices interactifs intégrés directement dans l’interface
- Suivi de progression en temps réel
- Possibilité de prendre des notes contextuelles
- Mode sombre/clair pour améliorer le confort de lecture

## 5 Traitement Avancé des Données de Contenu

Une partie importante de cette semaine a été consacrée à l’optimisation du traitement des données de contenu éducatif.

### 5.1 Défis du Traitement des Données

Le traitement des données collectées présentait plusieurs défis :

- Distinction entre le contenu textuel explicatif et les exemples de code
- Structuration cohérente des exemples et exercices
- Préservation des formatages spécifiques (tableaux, listes, etc.)
- Gestion des caractères spéciaux et encodages
- Extraction des métadonnées pertinentes

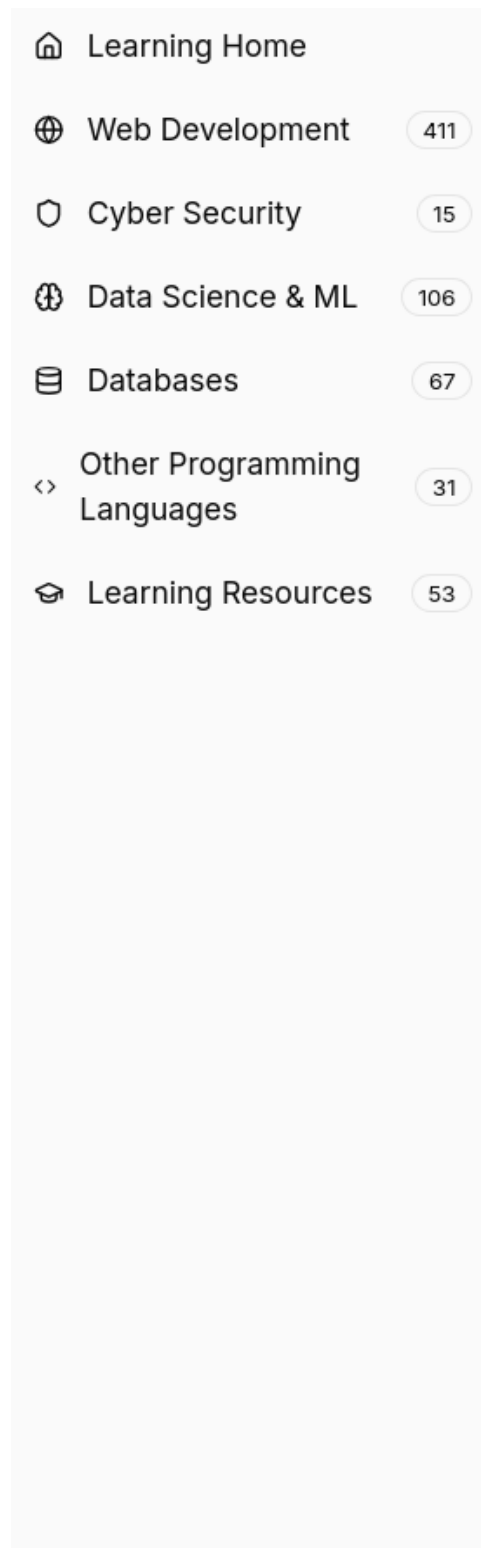


FIGURE 16 – **Barre latérale de navigation** avec accès aux principales fonctionnalités.

## 5.2 Problématique du Scraping et Nettoyage des Données

L'un des défis majeurs rencontrés a été la séparation du contenu textuel explicatif et des extraits de code dans les sections détaillées des cours. Plusieurs approches ont été explorées :

[← Back to Tutorials](#)

## HTMLMultimedia

Advanced ⌚ 5 min read LearnHTML

Learn about HTMLMultimedia with clear explanations and practical examples.

### Contents

- Introduction
- Details

### Introduction

HTML  
Multimedia

### ☆ Practice Exercises

#### Create a Layout

Difficulty: easy

Build a simple layout using the techniques from this tutorial.

```
<!-- Add your code here -->
```

### Quiz

#### Question 1

What is HTML Multimedia Multimedia on the web?

☐ None of the above.

☒ sound

☐ None of the above.

☐ Multimedia

**Explanation:** The correct definition of HTML Multimedia Multimedia on the web is 'sound'.

FIGURE 18 – Interface de consultation des cours - Partie pratique avec exercices interactifs.

- Tentatives initiales avec des expressions régulières et des algorithmes de traitement de texte, atteignant une précision maximale de 80%
- Expérimentation avec un agent IA basé sur des modèles de langage large (LLM) pour effectuer cette séparation de manière plus intelligente
- Découverte finale que la structure HTML particulière de W3Schools nécessitait une

approche de scraping spécifique

La solution définitive a impliqué une refonte du script de scraping pour mieux cibler les éléments HTML spécifiques, permettant ainsi d'obtenir des données brutes de meilleure qualité dès le départ.

### 5.3 Implémentation d'un Pipeline de Traitement LLM

Pour surmonter ces défis, un pipeline de traitement basé sur des modèles de langage large (LLM) a été conçu et implémenté.

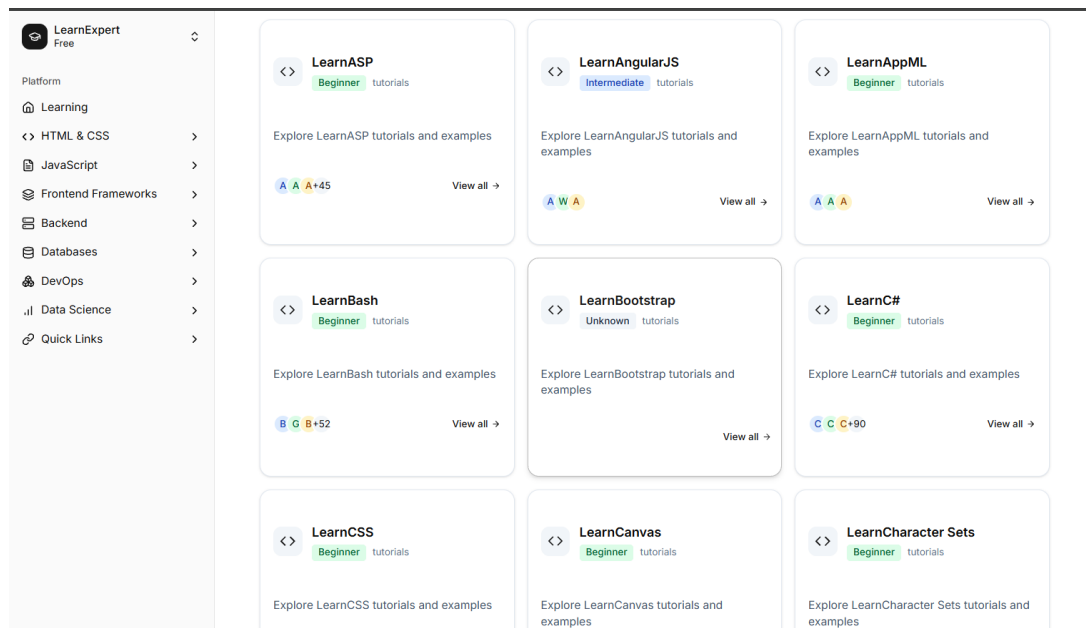


FIGURE 19 – Interface d'administration du pipeline LLM montrant les statistiques de traitement.

### 5.4 Stratégie d'Optimisation Multi-LLM

Le traitement initial utilisant un LLM unique ayant démontré une excellente précision mais des performances limitées en termes de vitesse, une stratégie d'optimisation a été mise en place :

- **Utilisation simultanée de plusieurs fournisseurs LLM** : Parallélisation des requêtes vers différentes API
- **Traitement asynchrone** : Optimisation de la latence perçue en traitant plusieurs segments de données simultanément
- **Segmentation intelligente** : Division des données en unités de traitement optimales pour chaque type de modèle
- **Gestion des requêtes** : Assignation statique de segments spécifiques à des modèles dédiés pour simplifier la gestion de la concurrence

Cette approche a permis de réduire significativement le temps de traitement tout en maintenant une qualité optimale, passant d'environ 15 heures à 7-8 heures pour l'ensemble des données.

## 6 Intégration Frontend-Backend

Une attention particulière a été portée à l'intégration efficace entre le frontend et le backend de la plateforme.

### 6.1 Développement des Routes d'API

Des routes d'API RESTful ont été développées pour permettre à l'interface utilisateur d'accéder aux données structurées dans MongoDB :

- Routes d'authentification et de gestion des utilisateurs
- Routes d'accès au catalogue de cours
- Routes de suivi de progression
- Routes de gestion des consultations et réservations
- Routes d'analytics et de rapports

### 6.2 Optimisation des Requêtes

Les requêtes MongoDB ont été optimisées pour garantir des performances optimales :

- Création d'index appropriés pour accélérer les recherches fréquentes
- Limitation des champs retournés aux données strictement nécessaires
- Utilisation de projections pour alléger les transferts de données
- Mise en place de pagination pour les listes volumineuses
- Implémentation de mécanismes de mise en cache pour les données fréquemment consultées

### 6.3 Adaptation à l'Architecture JSON

Suite à la migration vers des fichiers JSON locaux, l'architecture d'accès aux données a été adaptée :

- Développement de fonctions de récupération (fetch) optimisées pour les fichiers JSON
- Mise en place d'un système de chargement dynamique des données pour les différentes sections de l'interface
- Intégration des capacités de rendu côté serveur de Next.js pour améliorer les performances

Cette adaptation a permis de maintenir toutes les fonctionnalités prévues tout en simplifiant l'architecture globale du système.

## 7 Tests et Validation

Pour garantir la qualité et la fiabilité des interfaces et systèmes développés, plusieurs types de tests ont été mis en place :

### 7.1 Tests d'Interface Utilisateur

- **Tests de compatibilité** : Vérification du rendu sur différents navigateurs (Chrome, Firefox, Safari, Edge)
- **Tests de responsive design** : Validation de l'adaptation aux différentes tailles d'écran
- **Tests d'accessibilité** : Conformité aux standards WCAG pour garantir l'inclusivité
- **Tests d'utilisabilité** : Évaluation de l'intuitivité et de la fluidité de navigation

## 7.2 Tests Fonctionnels et d'Intégration

- **Tests des routes d'API** : Validation des entrées/sorties et gestion des erreurs
- **Tests d'intégration** : Vérification de la communication correcte entre frontend et backend
- **Tests de performance** : Mesure des temps de réponse et optimisation des goulots d'étranglement
- **Tests de charge** : Simulation d'utilisation intensive pour évaluer la robustesse

## 7.3 Planification Stratégique pour l'Avenir

En fin de semaine, une réflexion stratégique a été menée concernant l'enrichissement du contenu et la différenciation de la plateforme :

- Identification du besoin de diversifier les sources de contenu au-delà de W3Schools
- Planification de l'intégration d'éléments interactifs avancés, comme un éditeur de code basé sur les technologies VSCode
- Initiation à l'apprentissage des techniques d'optimisation pour les moteurs de recherche (SEO) pour améliorer la visibilité future de la plateforme

# 8 Conclusion

Cette troisième semaine a marqué des avancées significatives dans le développement de la plateforme e-learning. La mise en place d'interfaces utilisateur intuitives et ergonomiques, couplée à un système sophistiqué de traitement des données éducatives, a permis de poser les fondations solides pour l'expérience utilisateur finale. L'utilisation innovante de technologies comme MongoDB Atlas et les modèles de langage large (LLM) a apporté des solutions efficaces aux défis techniques rencontrés.

Les interfaces développées durant cette semaine offrent maintenant aux utilisateurs un environnement d'apprentissage fluide et immersif, tandis que l'optimisation du traitement des données garantit une qualité exceptionnelle du contenu éducatif proposé. Les décisions stratégiques prises, notamment la simplification de l'architecture de données et la planification d'éléments différenciateurs, posent les bases d'une plateforme compétitive et évolutive.



## Chapitre 6 : Bilan et Perspectives

Ce chapitre présente un bilan du projet réalisé pendant le stage, les fonctionnalités implémentées, les défis techniques surmontés, ainsi que les perspectives de développement futur de la plateforme LearnExpert.

## 1 Réalisations et État Actuel du Projet

### 1.1 Fonctionnalités Implémentées

Au terme de ce stage de quatre semaines, les fonctionnalités suivantes ont été implémentées avec succès :

- **Architecture de base** : Mise en place d'une architecture microservices robuste et évolutive
- **Site vitrine** : Développement complet du site vitrine avec landing page interactive
- **Système d'authentification** : Implémentation de l'authentification des utilisateurs via Supabase
- **Dashboard utilisateur** : Création d'une interface de tableau de bord personnalisée
- **Éditeur de code interactif** : Intégration d'un éditeur Monaco avec coloration syntaxique et exécution en temps réel
- **Système de navigation** : Développement d'une navigation contextuelle et intuitive
- **Base de données structurée** : Migration des données scrappées et nettoyées vers une structure JSON optimisée
- **Pipeline de traitement de données** : Mise en place d'un système de nettoyage utilisant des modèles LLM

Ces réalisations constituent les fondations solides sur lesquelles la plateforme pourra continuer à se développer.

### 1.2 Défis Techniques Surmontés

Plusieurs défis techniques majeurs ont été rencontrés et surmontés au cours du développement :

- **Séparation du code et du texte** : La difficulté initiale à distinguer automatiquement le code explicatif du code exécutable dans les données scrappées a été résolue grâce à l'utilisation innovante de modèles de langage large (LLM) en parallèle.
- **Performances de l'éditeur de code** : L'intégration de l'éditeur Monaco dans l'application Next.js a posé des défis de performance qui ont été résolus par une stratégie de chargement dynamique et de mise en cache.
- **Cohérence des données** : La gestion de la cohérence des données à travers les différents microservices a nécessité la mise en place d'un système robuste de validation et de synchronisation.
- **Optimisation du rendu côté client** : Les animations et transitions fluides ont été implémentées tout en maintenant d'excellentes performances, grâce à des techniques d'optimisation comme le code splitting et la lazy loading.

Ces défis ont non seulement été surmontés, mais ils ont également permis d'enrichir l'architecture et les fonctionnalités de la plateforme.

## 2 Développements Futurs

## 2.1 Fonctionnalités Planifiées

Plusieurs fonctionnalités ont été identifiées pour les phases futures du développement :

- **Système de recommandation IA** : Implémentation d'un système de recommandation personnalisé basé sur l'IA pour suggérer des cours adaptés au niveau et aux intérêts de chaque utilisateur.
- **Mode collaboratif** : Ajout de fonctionnalités permettant à plusieurs utilisateurs de travailler simultanément sur le même projet ou exercice de code.
- **Gamification avancée** : Intégration d'éléments de gamification (badges, classements, défis) pour augmenter l'engagement des utilisateurs.
- **Module d'évaluation des compétences** : Développement d'un système d'évaluation automatisé des compétences techniques acquises.
- **Support multilingue** : Extension de la plateforme pour supporter plusieurs langues (anglais, espagnol, etc.).
- **Applications mobiles natives** : Développement d'applications mobiles natives pour iOS et Android.

## 2.2 Améliorations Techniques Envisagées

Sur le plan technique, plusieurs améliorations sont prévues :

- **Optimisation des performances** : Amélioration continue des temps de chargement et de la réactivité de l'interface.
- **Renforcement de la sécurité** : Mise en place de tests de pénétration réguliers et amélioration des mécanismes de sécurité.
- **Infrastructure serverless** : Migration progressive vers une architecture serverless pour certains microservices.
- **Tests automatisés** : Augmentation de la couverture des tests automatisés pour garantir la stabilité de la plateforme.
- **Monitoring avancé** : Implémentation d'outils de monitoring et d'analyse en temps réel pour surveiller les performances et l'expérience utilisateur.

## 2.3 Roadmap d'Évolution

Une roadmap d'évolution a été établie pour les 12 prochains mois :

- **Phase 1 (3 mois)** : Finalisation des fonctionnalités de base, lancement en production et première phase de test utilisateur.
- **Phase 2 (3-6 mois)** : Implémentation du système de recommandation IA, amélioration de l'éditeur de code et développement du mode collaboratif.
- **Phase 3 (6-9 mois)** : Intégration de la gamification avancée, du module d'évaluation des compétences et support multilingue initial.
- **Phase 4 (9-12 mois)** : Développement des applications mobiles natives et extension des contenus éducatifs.

Cette roadmap est conçue pour être flexible et adaptable en fonction des retours utilisateurs et des priorités business qui pourraient évoluer.

## 3 Bilan Personnel du Stage

### 3.1 Compétences Techniques Acquises

Ce stage a été l'occasion d'acquérir et de renforcer de nombreuses compétences techniques :

- Maîtrise approfondie de Next.js et React avec TypeScript
- Conception et implémentation d'architectures microservices
- Utilisation avancée de MongoDB et Supabase
- Développement de pipelines de traitement de données avec LLM
- Optimisation des performances d'applications web complexes
- Déploiement continu avec Vercel et GitHub Actions

### 3.2 Compétences Transversales Développées

Au-delà des aspects purement techniques, ce stage a également permis de développer des compétences transversales essentielles :

- Gestion de projet agile et planification efficace
- Communication technique et travail en équipe
- Résolution de problèmes complexes
- Autonomie et prise d'initiative
- Veille technologique et apprentissage continu

### 3.3 Apprentissages Professionnels

Cette expérience en entreprise a offert des apprentissages précieux sur le plan professionnel :

- Compréhension des cycles de développement logiciel en environnement professionnel
- Sensibilisation aux enjeux business et aux attentes des utilisateurs
- Adaptation aux contraintes de temps et de ressources
- Importance de la documentation et du partage de connaissances
- Équilibre entre perfectionnisme technique et pragmatisme

Ce stage chez IAAI a constitué une étape déterminante dans mon parcours professionnel, m'offrant une vision concrète des défis et opportunités du développement de plateformes éducatives innovantes.

## Chapitre 7 : Conclusion et Perspectives

Ce stage de quatre semaines chez LearnTech Solutions m'a permis de participer activement au développement d'une plateforme e-learning innovante. Au cours de cette période, j'ai pu mettre en pratique mes connaissances théoriques et acquérir de nouvelles compétences techniques dans un environnement professionnel stimulant.

## 1 Synthèse des Réalisations

Durant ces quatre semaines, les principales réalisations ont été :

- La conception de l'architecture microservices pour la plateforme
- La participation au développement des interfaces utilisateur
- L'implémentation de systèmes de traitement et nettoyage de données
- La contribution à l'optimisation des performances et à l'amélioration de l'expérience utilisateur

## 2 Compétences Acquises

Ce stage m'a permis de développer de nombreuses compétences :

- **Compétences techniques** : Approfondissement des connaissances en développement web moderne (Next.js, API REST), en architecture microservices et en traitement de données avec des modèles LLM
- **Compétences méthodologiques** : Maîtrise des outils de gestion de projet agile, de versionnement et de déploiement continu
- **Compétences transversales** : Amélioration des capacités de communication, de travail en équipe et d'adaptation à un environnement professionnel

## 3 Perspectives

Ce projet ouvre plusieurs perspectives intéressantes :

- **Pour l'entreprise** : Finalisation et commercialisation de la plateforme e-learning, avec des fonctionnalités supplémentaires comme l'intelligence artificielle pour la personnalisation des parcours d'apprentissage
- **Pour ma carrière** : Approfondissement des compétences en développement full-stack et en architecture de systèmes complexes

En conclusion, ce stage a été une expérience extrêmement enrichissante qui m'a permis d'approfondir mes connaissances techniques tout en développant ma compréhension des enjeux liés au développement de solutions éducatives numériques. Les compétences acquises et l'expérience professionnelle seront des atouts précieux pour ma future carrière.

## A Annexes

[Diagrammes UML, exemples de code, captures d'écran de l'interface]