

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abderrahmane Mira – Béjaïa
Faculté des Sciences Exactes
Département d'Informatique

Mémoire de Fin d'Études

Pour l'obtention du diplôme de **Master Professionnel en Informatique**
Spécialité : **Génie Logiciel**

Thème

Réalisation d'une plateforme e-learning
avec chatbot pédagogique

Réalisé par :

AICHE YOUVA

TERFA KHEIREDDINE

Soutenu le 29 juin 2025, devant le jury composé de :

M. MIR FOU DHIL	PRÉSIDENT
M. ACHROUFENE ACHOUR	ENCADRANT
M. SLIMANI HACHEM	EXAMINATEUR
M. BOUZIDI ZAIR	EXAMINATEUR
M. GOUDJIL SLIMANE	EXAMINATEUR

Année universitaire 2024–2025

REMERCIEMENTS

*Au seuil de ce travail, il nous semble juste de tourner d'abord nos pensées vers **Allah**, Le Tout-Puissant, source de toute lumière et de toute force. C'est par Sa grâce que nous avons trouvé l'énergie, la patience et la clarté d'esprit nécessaires pour franchir chaque étape de ce projet.*

À nos parents, piliers indéfectibles de notre parcours, nous exprimons une reconnaissance profonde. Leur affection inépuisable, leurs encouragements silencieux et leurs prières constantes ont été notre ancrage dans les moments de doute comme dans ceux de succès.

*Nos plus vifs remerciements vont à **M. Achour ACHROUFENE**, notre encadrant, dont le dévouement sincère, la rigueur bienveillante et la vision éclairée ont marqué de leur empreinte chacune des étapes de cette aventure. Son accompagnement attentionné fut bien plus qu'un simple suivi académique, il fut un véritable levier de croissance.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude aux responsables de l'organisme d'accueil **BigNova**, et tout particulièrement à **M. Reda BEKKA**, pour sa disponibilité, sa confiance et la place qu'il a su accorder à nos propositions et perspectives. Son ouverture et son écoute ont fait de notre collaboration un réel enrichissement mutuel.*

*Nos remerciements s'étendent aux **membres du jury**, dont le regard critique et constructif apportera une juste appréciation à ce travail, ainsi qu'à l'ensemble des enseignants qui ont contribué, chacun à leur manière, à forger notre identité académique et professionnelle.*

Enfin, dans l'ombre discrète mais précieuse de notre démarche, nous saluons humblement l'appui de certains outils contemporains, souvent silencieux mais toujours présents, qui ont, sans relâche, facilité notre quête de clarté et de rigueur.

DÉDICACE

À toutes ces présences essentielles qui m'ont accompagné.

Je dédie ce travail, avec une profonde émotion, à ma chère **maman**, dont l'affection, la tendresse et la force silencieuse m'ont soutenu dans chaque étape. Elle a été, et demeure, une source de motivation indéfectible.

À mon **père**, dont la forte conscience, le soutien inébranlable et la sagesse discrète ont forgé en moi l'endurance, la rigueur et le sens de l'effort. Son regard juste et ses conseils lucides ont souvent éclairé mes décisions.

À mes **grands-parents**, dont l'amour bienveillant, les prières silencieuses et les encouragements sincères ont été pour moi une force rassurante. Ils incarnent ce lien profond qui traverse les générations et soutient sans condition.

À mes **tantes et oncle**, présents dans les moments de doute comme dans les instants difficiles, pour leur tendresse, leur écoute, et ces instants simples qui ont enrichi ma jeunesse.

À mon **binôme**, mes **amis**, et toutes les personnes rencontrées au fil de ces cinq années, qui ont su colorer ce parcours d'échanges, de partages, et de souvenirs précieux.

*Cette dédicace est un écho silencieux de votre présence dans mon cœur,
même en votre absence en ce jour de clôture.*

AICHE YOUVA

À toutes ces présences précieuses qui ont marqué mon parcours.

Je dédie ce travail à mon cher **père**,
dont la présence indéfectible, les encouragements constants et la force intérieure ont été pour moi un socle de stabilité et de motivation. Par sa foi en mes capacités et son soutien sans réserve, il m'a appris à persévérer et à viser l'excellence, sans jamais fléchir.

À ma douce et précieuse **mère**,
dont l'amour infini, la tendresse quotidienne et l'éducation empreinte de patience ont éclairé chacune de mes étapes. Elle incarne pour moi cette lumière tranquille et rassurante qui m'a guidé vers l'accomplissement.

À ma chère **grand-mère**,
dont la bienveillance, la sagesse silencieuse et les prières constantes ont été pour moi une source de sérénité et de force intérieure. Son amour discret a accompagné chacun de mes pas avec une douceur inestimable.

À ma **sœur** et à mon **frère**,
pour leur affection fraternelle, leur patience et leur présence chaleureuse, qui ont souvent apaisé les moments d'effort et d'incertitude.

À mon **binôme** et à mes **amis**,
compagnons de route et de projets, dont le soutien, les échanges enrichissants et les souvenirs partagés ont marqué ces années d'études d'une empreinte indélébile.

*Cette dédicace est le reflet silencieux de votre place dans mon cœur,
et de la gratitude que je vous porte en ce jour d'aboutissement.*

TERFA KHEIREDDINE

Table des matières

Liste des matières

Table des matières

Liste des figures

Table des figures

Introduction Générale	1
1 Étude de l'existant	3
1.1 Présentation de l'organisme d'accueil	3
1.1.1 Présentation de l'entreprise	3
1.2 Problématique	5
1.3 Solution proposée	6
1.3.1 Aspect Organisationnel	6
1.3.2 Aspect Fonctionnel	7
1.4 Étude Comparative	8
1.4.1 Introduction	8
1.4.2 Étude de quelques solutions existantes	8
1.4.3 Apports de la solution proposée par rapport aux solutions existantes étudiées	12
1.5 Méthodologie de développement	13
1.5.1 Méthodologie SCRUM	13
1.5.2 UML (Unified Modeling Language)	16
1.5.3 DevOps	17
1.5.4 Architectures et design patterns utilisés	18
1.6 Introduction aux LLM	20
1.7 Chatbot pédagogique	21

1.7.1	Objectifs du chatbot	21
1.7.2	Définition et fonctionnement	22
1.7.3	Fonctionnalités du chatbot	22
1.8	Conclusion	23
2	Sprint de Planification	24
2.1	Répartition de rôles	24
2.2	Identification des acteurs et des besoins	25
2.2.1	Identification des acteurs	25
2.2.2	Diagramme de cas d'utilisation global	26
2.3	Product Backlog	28
2.4	Charte Graphique	31
2.4.1	Palette de Couleurs	31
2.4.2	Logo	31
2.5	Outils et Langages Utilisés	32
2.5.1	Niveau Conception et Gestion	32
2.5.2	Niveau Développement	33
2.5.3	Chatbot	34
2.5.4	Environnement de Développement	34
2.6	Conclusion	35
3	Sprint 1 : Adaptation de l'Ancienne Solution	36
3.1	Introduction	36
3.2	Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 1	37
3.3	Sprint Backlog	38
3.3.1	Organisation du travail quotidien	40
3.4	Présentation des diagrammes de séquence	42
3.4.1	Ajouter des apprenants à une formation	42
3.4.2	Ajouter un apprenant à la plateforme	44
3.5	Diagramme de classe du sprint 1	44
3.6	Vue des interfaces utilisateur	44
3.6.1	Interface des détails d'une formation	44
3.6.2	Interface d'ajout d'apprenants à une formation	45
3.6.3	Interface de la liste des tutoriels	46
3.7	Déploiement	46
3.8	Rétrospective du Sprint	47
3.9	Conclusion	48

4	Sprints 2 & 3	49
4.1	Introduction	49
4.2	Sprint 2 : Cours de Soutiens & Groupes	49
4.2.1	Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 2	49
4.2.2	Sprint Backlog	51
4.2.3	Présentation des diagrammes de séquence du Sprint 2	52
4.2.4	Diagramme de classe du Sprint 2	55
4.2.5	Optimisation du processus de développement	55
4.2.6	Vue des interfaces utilisateur	56
4.3	Sprint 3 : Intégration de l'Apprenant & du Visiteur	58
4.3.1	Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 3	59
4.3.2	Sprint Backlog	60
4.3.3	Présentation des diagrammes de séquence du Sprint 3	62
4.3.4	Diagramme de classe du Sprint 3	65
4.3.5	Adaptations et améliorations durant le sprint	65
4.3.6	Vue des interfaces utilisateur	66
4.4	Conclusion	70
5	Sprints 4 & 5	71
5.1	Introduction	71
5.2	Sprint 4 : Espace Enseignant & Validation des Parcours	71
5.2.1	Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 4	71
5.2.2	Sprint Backlog	73
5.2.3	Présentation des diagrammes de séquence du Sprint 4	74
5.2.4	Diagramme de classe du Sprint 4	76
5.2.5	Vue des interfaces utilisateur	77
5.3	Sprint 5 : Validation des Contenus et Optimisations Administratives	80
5.3.1	Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 5	80
5.3.2	Sprint Backlog	82
5.3.3	Présentation des diagrammes de séquence du Sprint 5	83
5.3.4	Diagramme de classe du Sprint 5	85
5.3.5	Vue des interfaces utilisateur	85
5.4	Conclusion	87
6	Sprint 6 : Chatbot pédagogique & Messagerie	88
6.1	Introduction	88
6.2	Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 6	88
6.3	Sprint Backlog	89

6.4	Présentation des diagrammes de séquence	91
6.4.1	Générer un exercice	91
6.5	Diagramme de classe du sprint 6	92
6.6	Implémentation du Chatbot Pédagogique	93
6.6.1	Choix du Modèle : DeepSeek-V3 03-24	93
6.6.2	Collecte des programmes des matières	93
6.6.3	Contrôle des Prompts et Gestion des Incohérences	94
6.6.4	Génération et Réception des Prompts	95
6.6.5	Évaluation des Exercices et Intégration en Few-Shot Learning	96
6.6.6	Comparaison des Exercices Générés avec des Sujets Réels des Examens du CEM	98
6.6.7	Conclusion	103
6.7	Vue des interfaces utilisateur	103
6.7.1	Interface de la conversation du groupe d'enseignement	103
6.8	Conclusion	104
	Conclusion Générale	106
	Bibliographie	107
	Diagrammes UML	109
	Diagramme de classes du Sprint 1	111
	Diagramme de classes du Sprint 2	112
	Diagramme de classes du Sprint 3	113
	Diagramme de classes du Sprint 5	114
	Diagramme de classes du Sprint 6	115
	Ajouter un apprenant à la plateforme	116
	Créer un groupe de formation	117
	S'inscrire en tant qu'apprenant	118
	Demander à enseigner une formation	119
	Verser un montant à un enseignant	120

Table des figures

1.1	Organigramme de l'entreprise BigNova	5
1.2	Interface des formations de la plateforme Udemy [1]	8
1.3	Interface d'accueil de la plateforme Courassy [2]	9
1.4	Interface d'accueil de la plateforme Meet In Class [3]	10
1.5	Déroulement d'un Sprint Scrum [4]	16
1.6	Architecture MVC [5].	19
2.1	Diagramme de cas d'utilisation global	27
2.2	Palette de Couleurs	31
2.3	Logo de BigNova Learning	32
3.1	Diagramme de cas d'utilisation du sprint 1	37
3.2	Décomposition temporelle du sprint 1	40
3.3	Exemple de Daily Scrum sur Slack	41
3.4	Suivi de l'avancement des tâches via ClickUp	42
3.5	Diagramme de séquence : Ajouter des apprenants à une formation.	43
3.6	Interface des détails d'une formation	45
3.7	Interface d'ajout d'apprenants à une formation	45
3.8	Interface de la liste des tutoriels	46
3.9	Processus de déploiement de l'application	47
4.1	Diagramme de cas d'utilisation du sprint 2	50
4.2	Décomposition temporelle du sprint 2	52
4.3	Diagramme de séquence : Modifier les apprenants d'un groupe de cours de soutien.	54
4.4	Aperçu de l'organisation des tâches dans ClickUp	56
4.5	Interface d'ajout d'un groupe formation	57
4.6	Interface des détails d'un événement	57
4.7	Interface d'affichage de la liste des cours de soutien	58
4.8	Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 3	60

4.9	Décomposition temporelle du sprint 3	62
4.10	Diagramme de séquence : Se connecter en tant qu'apprenant.	64
4.11	Diagramme de séquence : Inscription d'un apprenant à une formation.	65
4.12	Interface d'inscription en tant qu'apprenant	67
4.13	Interface profil de l'apprenant	68
4.14	Interface d'inscription à un cours de soutien	69
5.1	Diagramme de cas d'utilisation du sprint 4	72
5.2	Décomposition temporelle du sprint 4	74
5.3	Diagramme de séquence : Valider l'inscription d'un apprenant à un tutoriel.	76
5.4	Diagramme de classes du Sprint 4	77
5.5	Interface de consultation de l'historique des inscriptions	78
5.6	Interface d'ajout d'un cours de soutien pour l'enseignant	78
5.7	Interface des détails d'un tutoriel pour l'enseignant	79
5.8	Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 5	81
5.9	Décomposition temporelle du sprint 5	83
5.10	Diagramme de séquence : Planifier une séance.	84
5.11	Interface du calendrier de l'administrateur	85
5.12	Interface d'enregistrement de paiement pour l'enseignant	86
6.1	Diagramme de cas d'utilisation du sprint 6	89
6.2	Décomposition temporelle du sprint 6	91
6.3	Diagramme de séquence : Générer un exercice.	92
6.4	Structure des contenus pédagogiques par matière et chapitre	94
6.5	Interface utilisateur du générateur d'exercice	95
6.6	Interface d'évaluation d'un exercice par un enseignant	97
6.7	Processus de génération et intégration d'exemples pour le few-shot learning	98
6.8	Exercice généré sur les fonctions	99
6.9	Exercice du BEM 2019 [6]	100
6.10	Exercice généré sur les phénomènes optiques	101
6.11	Exercice officiel de physique [7]	102
6.12	Interface de discussion d'un groupe d'enseignement	104
A.1	Diagramme de classe du sprint 1	111
A.2	Diagramme de classes du Sprint 2	112
A.3	Diagramme de classes du Sprint 3	113
A.4	Diagramme de classes du Sprint 5	114
A.5	Diagramme de classe du sprint 6	115
A.6	Diagramme de séquence : Ajouter un apprenant à la plateforme.	116
A.7	Diagramme de séquence : Créer un groupe de formation.	117

A.8	Diagramme de séquence : S'inscrire en tant qu'apprenant.	118
A.9	Diagramme de séquence : Demander à enseigner une formation.	119
A.10	Diagramme de séquence : Verser un montant à un enseignant.	120

Introduction Générale

À une époque où l'apprentissage dépasse les murs de la salle de classe, les plateformes numériques ne sont plus un luxe, mais une nécessité. Pour de nombreux apprenants en Algérie, l'accès à un contenu structuré, interactif et contextualisé reste un défi. Pourtant, les ambitions éducatives grandissent, portées par une jeunesse connectée, avide de progrès et d'autonomie. Dans le même temps, l'intelligence artificielle transforme profondément les outils pédagogiques, mais sa maîtrise reste encore limitée pour une grande partie des élèves, réduisant leur capacité à en exploiter le plein potentiel. C'est dans ce contexte dynamique et exigeant qu'est né le projet **BigNova Learning**, fruit d'une volonté d'unir technologie, pédagogie et innovation pour moderniser les pratiques d'apprentissage et de gestion au sein d'un organisme de formation algérien.

Le présent mémoire s'inscrit dans cette dynamique en présentant la réalisation de la plateforme BigNova Learning, développée au sein de l'organisme BigNova, à la fois entreprise de développement logiciel et école de formation. Le projet vise à regrouper, dans un environnement numérique unifié, divers services éducatifs : des tutoriels techniques, des formations certifiantes, ainsi que des cours de soutien scolaire, en ligne comme en présentiel. Il ambitionne aussi d'accompagner les apprenants dans leur parcours grâce à l'intégration de modules intelligents permettant d'automatiser certaines tâches pédagogiques et de vulgariser, par leur usage, des concepts d'intelligence artificielle adaptés à leur niveau.

Ce projet répond à un besoin réel : les méthodes traditionnelles de gestion des écoles de formation (inscriptions manuelles, gestion de paiement et des salaires manuelle, suivi papier, cours uniquement dispensés en présentiel, etc.) ne suffisent plus à répondre aux attentes croissantes des étudiants algériens. Ces derniers expriment une demande forte pour des parcours d'apprentissage plus souples, disponibles à tout moment, et enrichis par des outils numériques interactifs.

C'est dans cette optique que la plateforme BigNova Learning a été pensée : une solution numérique centralisée, intuitive et évolutive, permettant non seulement de faciliter la gestion administrative au sein de BigNova, mais aussi d'offrir une expérience d'apprentissage personnalisée. L'application comprend des fonctionnalités telles que la gestion des contenus éducatifs, la

planification des séances, une messagerie entre apprenants et formateurs, ainsi que l'intégration d'un module intelligent capable de générer automatiquement des exercices adaptés au profil des élèves.

La réalisation de cette plateforme s'est appuyée sur des technologies en tendance telles que React, Next.js, Node.js, Express et MongoDB. Le développement a suivi une démarche agile, structurée en six sprints, depuis l'étude de l'existant jusqu'à la mise en œuvre progressive des différentes fonctionnalités à travers des livrables intermédiaires.

Ce mémoire décrit l'ensemble des étapes de conception et de réalisation de cette solution, tout en mettant en lumière les choix techniques, les enjeux pédagogiques et les résultats obtenus.

Le mémoire est structuré en six chapitres principaux :

- **Chapitre 1** : Présentera la problématique du projet, les limites des méthodes actuelles de gestion et une étude comparative des solutions e-learning existantes.
- **Chapitre 2** : Abordera les objectifs du projet, les choix technologiques effectués et l'organisation initiale selon la méthodologie Scrum.
- **Chapitre 3** : Détaillera le premier sprint, consacré à la migration et l'adaptation d'une ancienne solution, incluant le refactoring du code existant.
- **Chapitre 4** : Traitera des sprints 2 et 3, centrés sur l'intégration des fonctionnalités liées aux apprenants et aux services pédagogiques.
- **Chapitre 5** : Présentera les sprints 4 et 5, dédiés à l'intégration des enseignants et à la gestion des séances pédagogiques.
- **Chapitre 6** : Examinera le sprint final, consacré à l'implémentation du module d'IA générateur d'exercices ainsi qu'à la messagerie interne.

Étude de l'existant

Ce projet s'inscrit dans un contexte où le numérique transforme les méthodes éducatives en Algérie, visant à faciliter et gérer efficacement les processus d'apprentissage des élèves, des étudiants ou bien des apprenants en général.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'organisme d'accueil, exposer la problématique, puis expliquer notre solution et ses fonctionnalités principales. Ensuite, nous entamerons une étude comparative pour analyser les points forts et faibles de quelques plateformes d'apprentissage locales et internationales. Enfin, nous expliquerons nos choix de méthodologie de développement ainsi que les atouts et les langages utilisés pour mettre en place cette solution.

1.1 Présentation de l'organisme d'accueil

Big Nova [8] est une entreprise de conseils et de solutions informatiques et école de formation, spécialisée dans les prestations de services informatiques, que ce soit la création des applications web et mobile, la conception des outils de l'intelligence artificielle et de cloud computing¹. Elle offre également des formations certifiées, pour ses clients afin de les aider à améliorer leurs compétences et à enrichir leurs CV.

1.1.1 Présentation de l'entreprise

Historiques et contexte

Créée en 2019, Big Nova a débuté en se spécialisant dans le développement d'applications web et mobiles avant d'élargir son expertise avec l'intégration d'outils d'IA et de services de régie pour répondre aux besoins d'une clientèle internationale. L'entreprise a ensuite développé une

1. Cloud Computing : en français l'informatique en nuage, est la pratique consistant à utiliser des serveurs informatiques à distance, hébergés dans des centres de données connectés à Internet pour stocker, gérer et traiter des données.

branche école, actuellement en cours d'autonomisation. Son ambition est de s'imposer comme un leader technologique national.

Offres et services

Big Nova met en avant une offre de services variée pour ses clients :

- **Développement Web** : les experts de Big Nova utilisent des technologies comme ReactJS, NextJs et NodeJs pour créer des sites web répondants aux besoins de leurs clients, axés sur l'expérience utilisateur.
- **Développement Mobile** : l'entreprise crée des applications mobiles sur mesure, en utilisant des technologies telles que React Native pour créer des solutions adaptées à chaque client.
- **Développement en régie** : Big Nova fournit aux entreprises des développeurs juniors, confirmés ou seniors, offrant une expertise rapide et réponse efficace aux tâches temporaires comme la maintenance ou l'optimisation de systèmes informatiques.
- **DevOps** : des experts améliorent le time to delivery de services, automatisent les processus et sécurisent les déploiements des applications.
- **Cloud** : accompagnement dans la transformation Cloud, de l'architecture microservices² au déploiement de workload³, en passant par la migration d'applications et de données ainsi que le monitoring réseau multi-cloud.
- **Cyber Sécurité** : équipe de cybersécurité professionnelle assure une protection complète contre les menaces en ligne, avec des solutions personnalisées pour garantir la sécurité des données et la confidentialité des utilisateurs.
- **Formations certifiées** : Big Nova offre une large gamme de formation dans différents langages de programmation et divers frameworks comme ReactJs, Express Js, etc.

Localisation et structure organisationnelle

L'entreprise Big Nova se situe à Sidi Ahmed, Béjaïa, opère avec une équipe de 13 employés et dispose d'une antenne à Alger. L'organigramme présenté en Figure 1.1 illustre la structure hiérarchique et fonctionnelle de l'organisme.

2. Microservices : désigne un style d'architecture qui permet de décomposer une application volumineuse en composants indépendants

3. Workload : consiste à répartir et exécuter les tâches informatiques sur les ressources disponibles (serveurs, cloud, etc.) de manière optimale.

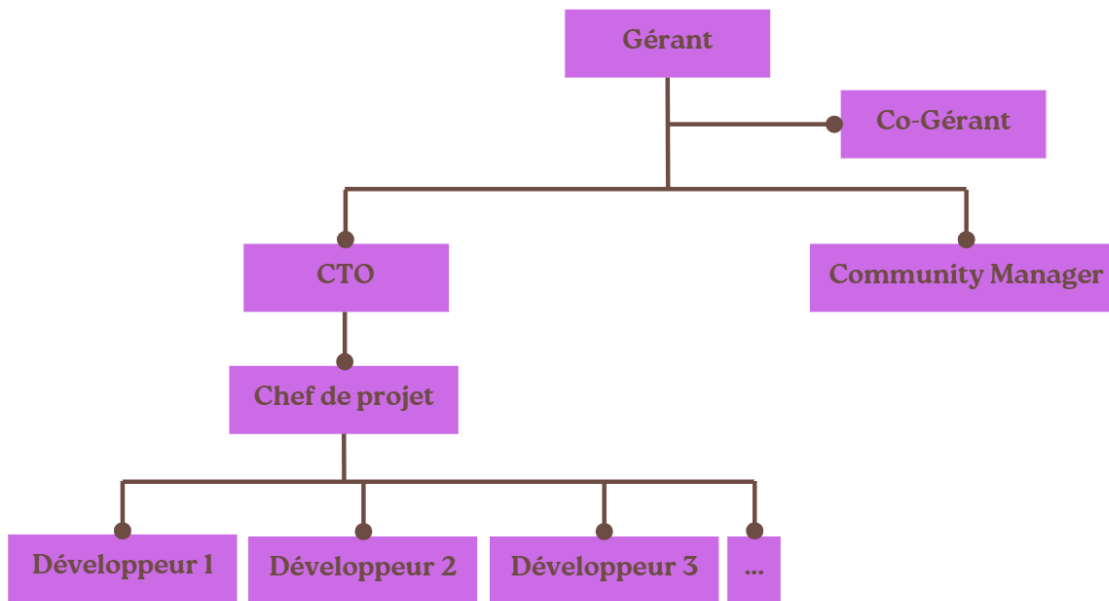


FIGURE 1.1 – Organigramme de l'entreprise BigNova

1.2 Problématique

Les écoles de formation comme BigNova ont longtemps fonctionné selon des méthodes traditionnelles : inscriptions et gestion des paiements et des salaires manuelles, suivi papier des présences, et partage informel des ressources pédagogiques. Si ces pratiques ont permis à l'établissement de dispenser des formations techniques et des cours de soutien, elles montrent aujourd'hui leurs limites dans un contexte où les attentes des apprenants algériens évoluent rapidement. Ces derniers aspirent à une plus grande autonomie, souhaitent apprendre à leur rythme, et recherchent des solutions accessibles en ligne, notamment sous forme de tutoriels, de formations certifiantes ou de contenus vidéo.

Par ailleurs, un constat de terrain met en évidence une lacune majeure chez de nombreux élèves, en particulier au cycle moyen : la méconnaissance des outils d'intelligence artificielle et de leur potentiel éducatif. Par exemple, bien que certains collégiens aient déjà entendu parler de plateformes comme ChatGPT⁴, rares sont ceux qui savent les utiliser de manière constructive pour réviser une leçon, générer un résumé ou résoudre un exercice. Dans la majorité des cas, leur interaction se limite à des questions ludiques ou mal formulées, ce qui les empêche d'exploiter pleinement les capacités de ces outils.

Dans ce contexte, BigNova doit entamer une transformation numérique pour rester compétitive et proposer une offre éducative moderne, centralisée et contextualisée. Les méthodes actuelles limitent l'efficacité administrative et pédagogique, freinent l'accessibilité aux conte-

4. <https://chatgpt.com>

nus, et ne permettent pas de tirer parti des technologies émergentes telles que les LLM⁵ dans le cadre de l'enseignement.

La question centrale est donc la suivante : comment concevoir une plateforme numérique capable de regrouper l'ensemble des services d'apprentissage proposés par BigNova, tout en automatisant les processus critiques et en intégrant des fonctionnalités d'intelligence artificielle compréhensibles et exploitables par les apprenants ?

Ce projet vise ainsi à concevoir et mettre en œuvre une solution numérique sur mesure, adaptée aux réalités algériennes, qui modernisera la gestion des formations, des cours de soutien, des interactions pédagogiques et des ressources numériques. L'étude se concentrera sur l'analyse des défis internes de BigNova, les besoins spécifiques de ses publics, et la mise en place d'un système unifié, évolutif et intelligent, positionnant l'établissement comme un acteur innovant de la formation en Algérie.

1.3 Solution proposée

BigNova, en tant que société de développement, avait amorcé la conception d'une plateforme SaaS⁶ destinée aux écoles de formation, avec un accent initial mis sur la gestion des ressources humaines, matérielles et des formations. Cependant, au regard des problématiques identifiées, il est apparu nécessaire de faire évoluer cette solution.

C'est ainsi qu'après concertation avec les dirigeants de BigNova, il a été décidé d'étendre cette version alpha⁷ vers une plateforme e-learning complète, intégrant à la fois les dimensions organisationnelle, pédagogique et technologique du processus d'apprentissage.

Cette solution vise à regrouper, dans un seul environnement numérique, la gestion administrative, les contenus pédagogiques et les interactions entre utilisateurs, tout en intégrant un accompagnement basé sur l'intelligence artificielle pour répondre au manque d'appropriation de ces outils par les élèves.

1.3.1 Aspect Organisationnel

Sur le plan organisationnel, la plateforme est administrée par l'école BigNova, qui en garantit la cohérence, la qualité et la supervision globale. Cette centralisation numérique permet de remplacer les processus manuels et non numériques par des procédures fluides, automatisées et traçables. Plus précisément, elle assure :

5. LLM (Large Language Model) : Un grand modèle de langage est un modèle d'apprentissage automatique capable de comprendre et générer des textes, des images, vidéos, du code, etc.

6. SaaS (Software As A Service) : solution logicielle hébergée dans le cloud et exploitée par un tiers.

7. Version alpha : version préliminaire d'un logiciel, souvent instable, mais servant à valider les idées et fonctionnalités.

- L'enregistrement des enseignants et des apprenants via deux modes : auto-inscription ou saisie par les administrateurs, avec validation du profil enseignant avant publication ;
- La vérification rigoureuse des formations, cours et tutoriels proposés, afin de garantir l'originalité et la pertinence des contenus, et éviter les doublons dans l'offre pédagogique ;
- La gestion automatisée des paiements avec une répartition des revenus (commission fixe pour BigNova, reste versé aux enseignants) ;
- La gestion des groupes de formation, qu'ils soient en ligne ou en présentiel, selon les besoins des établissements partenaires.
- Planification des séances d'apprentissage par les administrateurs.

1.3.2 Aspect Fonctionnel

La solution est conçue pour répondre de manière différenciée aux besoins de ses trois principales catégories d'utilisateurs : les apprenants, les enseignants et les administrateurs.

Les apprenants pourront explorer les offres disponibles, s'inscrire à des formations ou cours de soutien, suivre des tutoriels enregistrés et tester leurs connaissances, insérer leurs justificatifs de paiement et interagir avec leurs enseignants via une messagerie intégrée.

Les enseignants auront la possibilité de proposer de nouveaux contenus (cours, tutoriels), de gérer leurs groupes, d'assurer le suivi pédagogique et de consulter leurs revenus. Un tableau de bord leur donnera une vue d'ensemble de leur activité.

Les administrateurs superviseront la qualité du contenu, le respect des règles de publication, la gestion des comptes et des paiements, tout en assurant le bon déroulement des échanges entre utilisateurs.

Un module clé de la solution est le chatbot pédagogique basé sur un LLM, conçu pour répondre à une problématique centrale : la faible maîtrise des outils d'IA chez les apprenants. Ce chatbot permet aux élèves de générer automatiquement des exercices adaptés à leur niveau, d'obtenir des explications claires et d'interagir avec un système intelligent dans un but éducatif, au-delà d'une simple utilisation ludique. Ce module constitue une passerelle concrète pour familiariser les jeunes avec les usages éducatifs des IA génératives, tout en renforçant leur autonomie.

La plateforme s'adapte ainsi aux réalités du contexte éducatif algérien, tout en préparant les apprenants à tirer parti des outils numériques avancés dans leur apprentissage.

Afin de mieux comprendre les défis à relever et les opportunités d'amélioration, il est essentiel d'analyser les solutions existantes sur le marché, en identifiant leurs points forts et leurs limites pour orienter le développement de notre application.

1.4 Étude Comparative

1.4.1 Introduction

Dans cette section, nous présentons et analysons trois solutions existantes, choisies selon des critères précis : ce sont des plateformes que nous avons personnellement testées, elles proviennent d'environnements nationaux et internationaux, et couvrent différents types de services liés à l'apprentissage (tutoriels, cours de soutien, formations). Cette étude nous permet d'identifier les fonctionnalités déjà proposées, de repérer les limites de ces solutions, et d'en dégager les pistes d'amélioration pour concevoir une application plus adaptée au contexte local.

1.4.2 Étude de quelques solutions existantes

i. Udemy [1] :

Udemy est une plateforme internationale de cours en ligne, offrant une large gamme de formations de type tutoriels dans des domaines variés (informatique, business, développement personnel, etc.). Elle permet un apprentissage au rythme de l'apprenant, avec un accès à vie aux cours achetés, la qualité des contenus varie en fonction des enseignants.

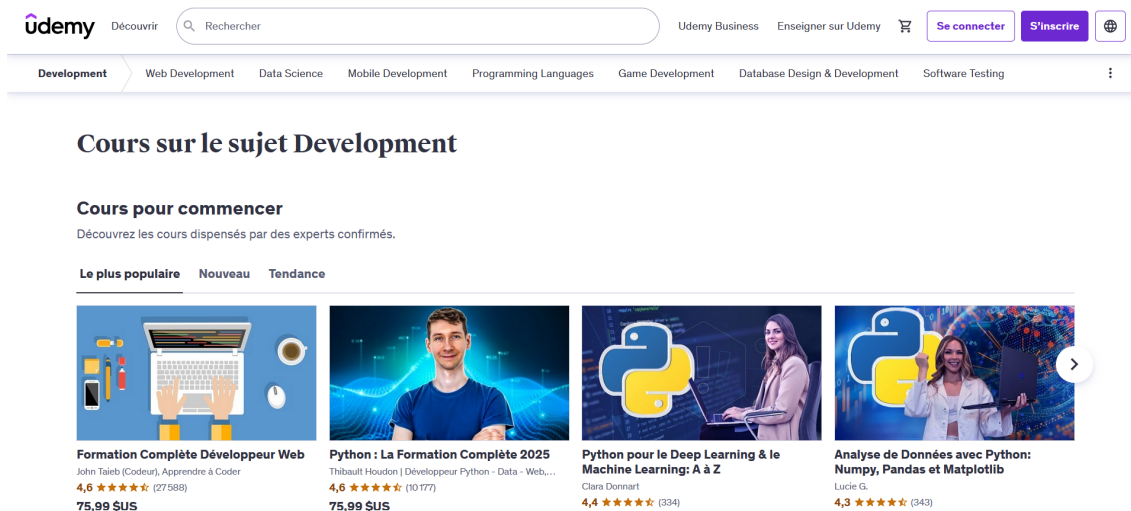


FIGURE 1.2 – Interface des formations de la plateforme Udemy [1]

Points forts :

- **Diversité des Cours** : plus de 250 000 cours disponibles, couvrant presque tous les domaines.
- **Accessibilité** : Cours accessibles à vie après achat, avec des mises à jour régulières.
- **Flexibilité** : Apprentissage à son propre rythme, sans contraintes horaires.

- **Plateforme Internationale** : Grande visibilité et attractivité pour les enseignants et les apprenants du monde entier.

Points faibles :

- **Prix** : Les cours sont facturés en euros, et certains peuvent être coûteux pour le public algérien (où le salaire mensuel moyen s'élève à -environ - 280€ selon l'Organisation Nationale des Statistiques [9]), bien que des promotions soient fréquentes.
- **Qualité Variable et redondance du contenu** : La qualité des cours dépend fortement des enseignants, sans vérification du contenu qui parfois implique l'existence de plusieurs tutoriels similaires.
- **Manque de Personnalisation** : Pas de suivi individualisé ni de fonctionnalités adaptées aux systèmes éducatifs locaux (comme en Algérie).

ii. Courassy [2] :

Courassy est une plateforme algérienne dédiée aux cours de soutien et aux formations en ligne. Elle propose des cours dans diverses matières, adaptés au système éducatif algérien, avec des méthodes de paiement locales.

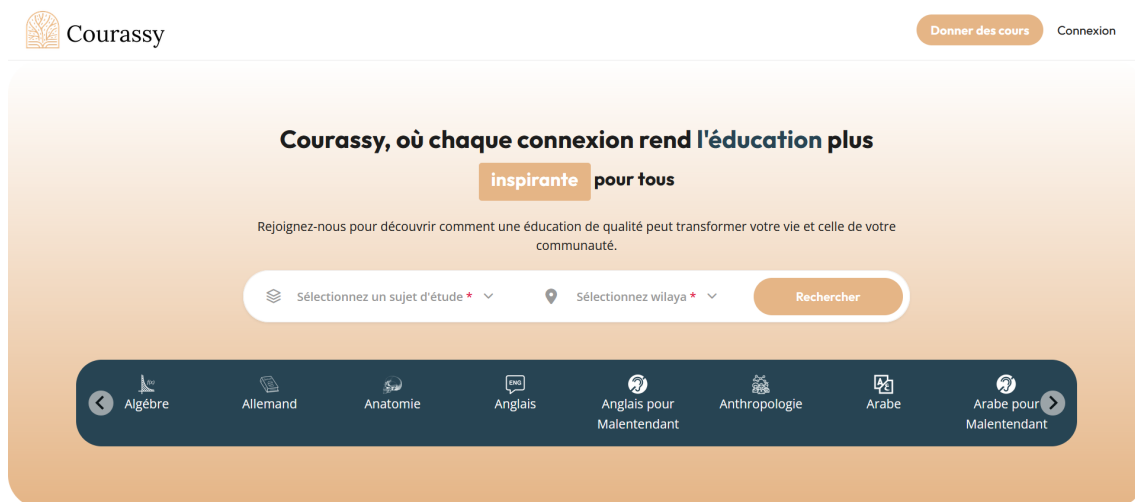


FIGURE 1.3 – Interface d'accueil de la plateforme Courassy [2]

Points forts :

- **Localisation** : Spécialement conçue pour le marché algérien, avec des cours adaptés au système éducatif local.
- **Flexibilité** : Offre des cours en ligne et en présentiel à domicile.
- **Paiement Local** : Intègre des méthodes de paiement adaptées au contexte algérien (paiement en espèces, via la poste, etc.).

Points faibles :

- **Qualité** : L'absence de contrôle sur la compétence des enseignants et le contenu peut nuire à la réputation de la plateforme.
- **Crédibilité** : Le manque de formations proposées par des organismes compétents limite la reconnaissance des cours assurés dans la plateforme.
- **Expansion** : L'absence d'internationalisation empêche la plateforme de se développer à l'étranger et de diversifier son offre.

iii. Meet In Class [3] :

Meet in Class est une plateforme française qui propose des cours de soutien en petits groupes, en ligne et en présentiel, pour les élèves du primaire à l'université. La plateforme met l'accent sur la qualité des enseignants et un suivi personnalisé des élèves.



FIGURE 1.4 – Interface d'accueil de la plateforme Meet In Class [3]

Points forts :

- **Apprentissage en Groupe** : Cours en petits groupes pour une interaction plus personnalisée.
- **Qualité des Enseignants** : Enseignants sélectionnés et formés pour garantir un haut niveau de qualité.
- **Suivi Personnalisé** : Rapports réguliers sur la progression des élèves.
- **Flexibilité** : Cours disponibles en ligne et en présentiel.

Points faibles :

- **Localisation** : Principalement axée sur le marché et le système académique français, ce qui limite son utilité pour les étudiants d'autres pays.

- **Prix** : Les cours proposés par les plateformes actuelles présentent un frein économique important, particulièrement pour les familles algériennes. Avec des tarifs individuels minimaux de 24€/h (soit environ 3600 DZD/heure), ce montant représente près de 8% du salaire mensuel moyen en Algérie, comme le révèle le rapport de l'ONS [9],
- **Fonctionnalités Limitées** : Les services de la solution se limitent aux cours de soutien et ne permettent pas à d'autres enseignants d'utiliser la plateforme.

Dans le cadre de cette étude comparative, nous avons réalisé une analyse objective des différentes solutions sus-citées. Cette étape a été menée en prenant en compte divers critères pour une évaluation approfondie des options disponibles. Nous avons examiné en détail les caractéristiques de chaque solution afin de déterminer leur adéquation avec les besoins à la fois des écoles et des apprenants.

Critères de comparaison

Différents critères sont pris en compte dans cette comparaison :

1. **Fonctionnalités et Services** : Ce critère évalue si la plateforme propose des formations, des cours de soutien et des tutoriels. Il permet de comparer la diversité des services offerts et leur adaptation aux besoins des utilisateurs.
2. **Suivi Personnel des Apprenants** : Ce critère examine si la plateforme offre un suivi individualisé des apprenants, comme des rapports de progression, des feedbacks personnalisés ou des outils. Il permet d'adapter l'apprentissage aux besoins de chaque apprenant.
3. **Coûts et Paiement Local** : Ce critère analyse les tarifs des services et la disponibilité de méthodes de paiement adaptées au contexte local (paiement en espèces, via la poste, etc.). Il permet de comparer l'accessibilité financière de l'apprenant algérien.
4. **Diversité du Contenu** : Ce critère évalue la variété des cours et des ressources disponibles (matières, niveaux, formats) et la possibilité des enseignants externes à proposer leurs services. Il permet de déterminer si la plateforme répond à un large éventail de besoins éducatifs.

Afin de présenter les résultats de l'étude nous les avons synthétisés dans le tableau 1.1 pour une meilleure visualisation.

Critère	Udemy	Courassy	Meet In Class
Fonctionnalités	Tutoriels et formations certifiées	Cours de soutien et des formations certifiées	Cours de soutien
Suivi personnel	Très limité	Fort	Fort
Coûts	Prix variables (parfois élevés), méthodes de paiement internationales	Prix raisonnables et adaptés au marché algérien	Prix élevés, méthodes de paiement adaptées au marché français
Diversité	Forte : Large gamme de cours dans divers domaines	Moins forte : Cours principalement adaptés au système éducatif algérien, avec une faible diversité	Cours de soutien limités, axés sur le marché français

TABLE 1.1 – Tableau comparatif des solutions existantes

1.4.3 Apports de la solution proposée par rapport aux solutions existantes étudiées

Après l'étude comparative réalisée sur les solutions existantes étudiées, nous avons pu identifier plusieurs atouts à notre solution. Notre application web sera conçue principalement pour le marché local et pour répondre aux besoins spécifiques des différents types d'apprenants algériens.

- 1. Regroupement des Trois Services** : notre solution regroupe formations, cours de soutien et tutoriels en une seule plateforme. Cette intégration permet aux apprenants d'accéder à une gamme de services éducatifs qui réponds à leurs besoins variés.
- 2. Diversité du Contenu** : Notre plateforme offre une diversité de contenu (plusieurs domaines, sous plusieurs types) tout en permettant aux enseignants de proposer et de gérer leurs services de manière flexible. Cette approche favorise une offre éducative riche et variée, adaptée aux besoins des apprenants et aux compétences des enseignants.
- 3. Accessibilité Financière et Paiements Locaux** : la solution veille à proposer une large gamme de formations à des prix variés afin de rester accessible à tous les profils. De plus, elle intègre des modes de paiement locaux (poste, banque, e-paiement...), ce qui facilite considérablement les transactions pour les utilisateurs algériens.
- 4. Suivi Personnel des Apprenants** : Notre solution inclut des outils de suivi personnalisé pour les apprenants. Ces outils permettent aux enseignants d'examiner régulièrement la progression de chaque apprenant. De plus, les apprenants bénéficient d'un contact direct avec leurs enseignants via une messagerie intégrée.
- 5. Chat IA pour une Expérience Interactive** : Notre application intègre un chatbot

basé sur un LLM pour la génération d'exercices adaptés au niveau et à la matière de l'élève. Cette fonctionnalité, absente dans les plateformes étudiées, offre une expérience d'apprentissage interactive et personnalisée, permettant aux apprenants de progresser à leur rythme.

Après avoir identifié les lacunes des solutions existantes et mis en avant les atouts de notre proposition, il est essentiel de présenter la méthodologie que nous allons adopter pour concevoir une application web qui répond efficacement aux besoins des utilisateurs.

1.5 Méthodologie de développement

Dans le cadre de la réalisation de notre solution, nous avons opté pour des choix bien étudiés à propos de la méthodologie et de l'architecture de projet qui seront appliquées durant la période de développements. Des choix qui seront indispensables pour garantir une gestion efficace du travail, une conception claire et une architecture bien structurée.

Nous aurons pu choisir une méthodologie de développement traditionnelle comme le modèle en cascade ou bien en V pour garantir une meilleure qualité, mais en raison de leur inflexibilité aux changements et l'effet tunnel⁸ inévitable, une méthodologie agile comme **Scrum** s'impose pour nous offrir une plus grande flexibilité et une adaptation facile à des changements imprévus, et nous garantir un développement plus rapide [10]. Le choix de Scrum s'explique également par la clarté de son organisation autour de rôles bien définis, la structuration du travail en sprints courts et itératifs, ainsi que la tenue de réunions régulières qui favorisent la communication et la collaboration entre les membres de l'équipe.

1.5.1 Méthodologie SCRUM

Scrum, selon Schwaber & Sutherland, adopte une approche itérative et incrémentale visant à optimiser la prédictibilité et à mieux contrôler les risques. Elle repose sur des équipes capables de collaborer efficacement et d'acquérir ou développer les compétences nécessaires au fil du projet, selon les besoins. Scrum structure le travail autour de quatre événements formels destinés à l'inspection et à l'adaptation, regroupés dans un événement principal appelé le Sprint. Ces événements sont efficaces car ils appliquent les trois piliers empiriques de Scrum : la transparence, l'inspection et l'adaptation [11].

8. Effet Tunnel : décrit un syndrome récurrent en management de projet où le commanditaire reçoit peu ou pas d'information durant la mise en œuvre du projet, jusqu'à son achèvement

L'équipe Scrum :

L'équipe Scrum est un groupe restreint, auto-organisé et collaboratif, rassemblé autour d'un objectif commun. Elle se compose de :

1. **Le Scrum Master** : garant du respect de Scrum, il aide l'équipe à maximiser sa valeur.
2. **Le Product Owner** : Représentant des besoins du client et responsable de la maximisation de la valeur du produit.
3. **Les Développeurs** : responsables de la réalisation de l'incrément⁹ du produit à chaque Sprint.

Les événements Scrum :

Scrum comprend plusieurs événements servant à structurer le travail et assurer la transparence :

1. **Le Sprint** : Le cœur du framework Scrum. Il s'agit d'un cycle de travail d'une durée fixe, généralement entre **1 et 4 semaines**, durant lequel l'équipe développe un incrément de produit potentiellement livrable. Tous les autres événements Scrum ont lieu à l'intérieur du Sprint. Une fois un Sprint terminé, un nouveau commence immédiatement, garantissant un rythme de travail constant et prévisible.
2. **Sprint Planning** (La Planification du Sprint) : Marque le début de chaque Sprint. Il s'agit d'une réunion où l'équipe Scrum définit :
 - L'objectif du Sprint (ce que l'on cherche à accomplir).
 - Les éléments du Product Backlog qui seront développés pour atteindre cet objectif.
 - Le plan de travail permettant de transformer ces éléments en un incrément utilisable.
3. **Daily Scrum** : Une réunion quotidienne de **15 minutes** maximum où les développeurs synchronisent leurs actions et adaptent leur plan de travail. Chaque membre de l'équipe répond généralement à trois questions :
 - (a) Qu'ai-je accompli hier ?
 - (b) Que vais-je faire aujourd'hui ?
 - (c) Y a-t-il des obstacles qui bloquent mon travail ?
4. **Sprint Review** (La Revue du Sprint) : Une réunion tenue à la fin du Sprint, où l'équipe Scrum présente l'**incrément de produit terminé** aux parties prenantes (clients, utilisateurs, management). L'objectif est de collecter des retours et de décider des prochaines étapes.

9. une étape concrète vers l'objectif du produit, une version.

5. **Sprint Retrospective** (La Rétrospective de Sprint) : Le dernier événement du Sprint. Elle vise à **analyser** le déroulement du Sprint pour identifier les points forts et les axes d'amélioration. C'est un moment crucial pour l'amélioration continue, qui permet à l'équipe de devenir plus efficace au fil des Sprints.

Artefacts :

Scrum repose sur trois artefacts clés :

1. **Product Backlog** : Liste évolutive des fonctionnalités et améliorations à apporter au produit, priorisée par le **Product Owner**.
2. **Sprint Backlog** : Sous-ensemble du Product Backlog sélectionné pour un Sprint, incluant un plan détaillé pour atteindre l'**objectif du Sprint**.
3. **Incrément** : Version du produit améliorée à la fin de chaque Sprint, respectant la **Définition de Terminé** et pouvant être livrée aux utilisateurs.

Cycle de Vie d'un Projet Scrum :

Le cycle de vie d'un projet Scrum, illustré à la Figure 1.5, débute par la gestion du **Product Backlog** par le Product Owner, qui y consigne et priorise les besoins du produit sous forme de tâches ou de fonctionnalités. Ensuite, lors de la **Sprint Planning**, l'équipe sélectionne un ensemble d'éléments à réaliser dans le cadre d'un Sprint, formant ainsi le **Sprint Backlog**.

Chaque Sprint, d'une durée comprise entre 1 et 4 semaines, est une période de travail itérative au cours de laquelle l'équipe collabore quotidiennement, notamment via le **Daily Scrum**, pour suivre l'avancement et ajuster si nécessaire. L'objectif est de produire un Incrément fonctionnel.

À la fin de chaque sprint, un **Sprint Review** est organisée pour présenter les résultats. Suivi d'un **Sprint Retrospective**, qui permet à l'équipe de réfléchir aux améliorations possibles par rapport au fonctionnement du groupe.

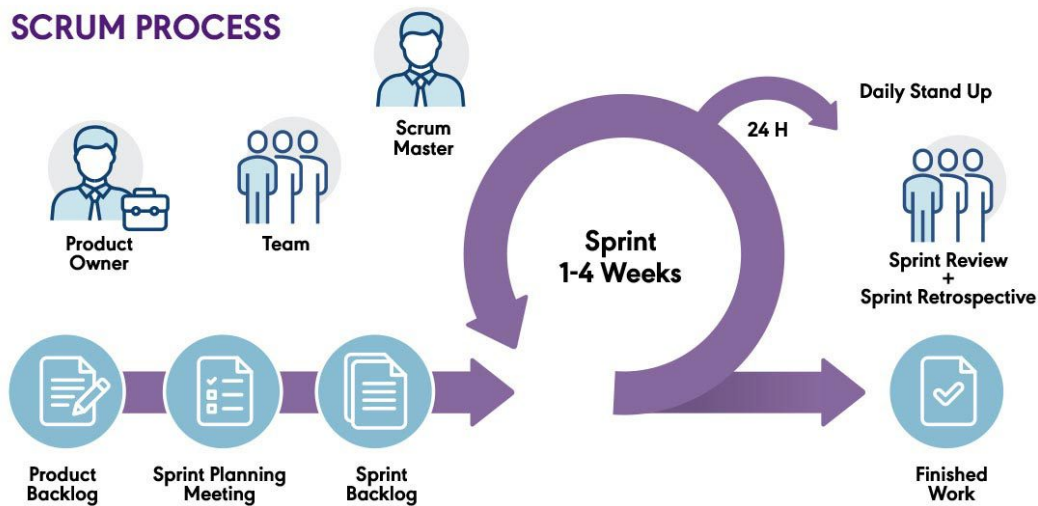


FIGURE 1.5 – Déroulement d'un Sprint Scrum [4]

Après avoir présenté la méthode Scrum comme cadre agile pour la gestion de notre projet, nous abordons maintenant le langage UML, un outil essentiel pour modéliser et structurer les aspects fonctionnels et techniques du système. UML s'est imposé comme langage de modélisation standard grâce à sa polyvalence, sa richesse en diagrammes. Cette combinaison de méthodologies nous permet d'allier une gestion de projet flexible à une conception rigoureuse et visuelle.

1.5.2 UML (Unified Modeling Language)

UML est un langage de modélisation standardisé utilisé pour représenter, spécifier et documenter les systèmes logiciels. Il permet de modéliser les aspects structurels (ce que le système est), fonctionnels (ce que le système fait) et dynamiques (comment le système évolue) d'un projet [12]. Dans le cadre de notre projet, nous avons choisi d'utiliser trois diagrammes UML clés :

- **Diagramme de cas d'utilisation** : Un outil visuel utilisé lors de l'analyse des besoins pour spécifier et organiser les besoins fonctionnels d'un système. Il répond à la question "Que fait le système?" en décrivant les interactions entre les acteurs (utilisateurs ou systèmes externes) et le système [13]. Ce diagramme nous permettra d'avoir une vue d'ensemble claire des fonctionnalités principales attendues par les utilisateurs. Il est indispensable pour regrouper les fonctionnalités à développer durant un sprint.
- **Diagramme de classes** : Un diagramme de classes est une vue graphique qui permet de spécifier la structure statique d'un système, en termes de classes et de relations entre ces classes. Une classe représente la structure commune d'un ensemble d'objets [14]. Ce

diagramme a été choisi afin de poser les bases de la structure de notre base de données et d'organiser les entités du système de manière cohérente.

- **Diagramme de séquences** : Les diagrammes de séquences permettent de décrire "comment" les éléments du système interagissent entre eux et avec les acteurs. Montrent les interactions entre objets selon un point de vue temporel [15]. Ce type de diagramme nous aidera à modéliser les scénarios d'utilisation clés de l'application, notamment les échanges entre les composants lors des opérations importantes.

Ces diagrammes permettent de formaliser les besoins fonctionnels, la structure système et le comportement dynamique. Nous aborderons ensuite les processus d'automatisation, de collaboration et de déploiement via une implémentation DevOps.

1.5.3 DevOps

Le terme *DevOps* fait référence à une méthodologie et un ensemble de pratiques visant à automatiser et intégrer les processus entre les équipes de développement logiciel et les équipes d'exploitation informatique, afin de construire, tester et publier plus rapidement et de manière plus fiable des applications [16]. Cette approche repose sur la collaboration, l'automatisation des processus, la gestion des configurations et le déploiement continu, et elle est devenue un standard dans les environnements de développement modernes.

L'organisme d'accueil, BigNova, offre à ses internes l'opportunité d'explorer et de mettre en pratique les méthodes DevOps, favorisant ainsi leur montée en compétences sur des outils et des processus à la pointe du secteur. Cette ouverture permet d'expérimenter des environnements proches de ceux rencontrés dans le monde professionnel, et encourage l'adoption de bonnes pratiques dès la phase de formation.

En accord avec l'entreprise BigNova, nous avons choisi d'adopter une approche DevOps afin d'identifier rapidement les problèmes techniques, d'anticiper les besoins d'amélioration continue, et de nous préparer à un environnement de travail réel, tel qu'exigé dans le cadre professionnel.

Adopter une démarche DevOps nous permettra de bénéficier de plusieurs avantages concrets :

- **Amélioration de la collaboration** : en structurant le travail autour de GitHub pour la gestion du code et des versions, chaque membre de l'équipe pourra contribuer de manière efficace et transparente, tout en gardant un historique clair des modifications.
- **Standardisation de l'environnement de développement et de production** : grâce à l'utilisation de Docker, nous pourrions garantir une cohérence entre les environnements locaux et distants, réduisant ainsi les erreurs liées aux différences de configuration ou de dépendances.
- **Préparation à des pratiques professionnelles** : en simulant un cycle complet de livraison incluant la mise à jour d'un serveur distant via un VPS, nous serons confrontés

à des pratiques proches de celles utilisées en entreprise, ce qui renforcera notre expérience terrain.

- **Vision à long terme** : la mise en place d'une architecture basée sur des conteneurs et d'une logique de livraison continue posera les bases pour intégrer, à l'avenir, des outils d'automatisation (CI/CD), de tests automatisés ou encore de supervision.

En somme, adopter une démarche DevOps au sein de ce projet nous offrira un cadre de travail fluide, évolutif et aligné avec les exigences d'un environnement de production moderne, tout en nous préparant efficacement aux défis futurs du développement logiciel.

Après avoir mis en place la chaîne DevOps pour l'intégration et le déploiement continus, nous allons maintenant définir l'architecture MVC qui structurera le développement de l'application, en assurant une séparation claire entre les couches métier, présentation et données.

1.5.4 Architectures et design patterns utilisés

Notre projet s'appuie sur deux principaux motifs architecturaux complémentaires :

- L'architecture *Modèle-Vue-Contrôleur (MVC)*, pour organiser la structure interne des composants applicatifs,
- L'architecture *Modulaire Monolithique*, pour structurer l'ensemble de l'application en modules fonctionnels indépendants tout en conservant un déploiement unifié.

Architecture MVC (Model-View-Controller)

Le modèle MVC est un motif d'architecture logicielle destiné à organiser les interfaces utilisateur, introduit dès 1978 et largement adopté dans le développement d'applications web modernes. Il repose sur une séparation claire des responsabilités en trois composants distincts [5] :

- **Modèle (Model)** : contient les données et la logique métier de l'application, ainsi que la gestion des règles de manipulation des données.
- **Vue (View)** : responsable de la présentation graphique et de l'affichage des données à l'utilisateur.
- **Contrôleur (Controller)** : gère les interactions de l'utilisateur, interprète les commandes et met à jour le modèle en conséquence.

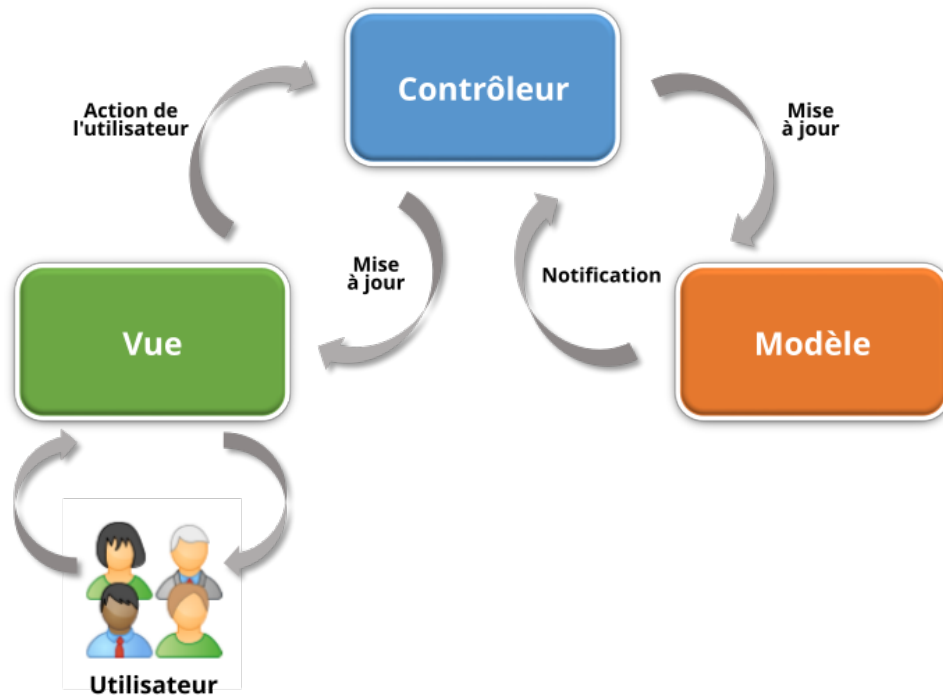


FIGURE 1.6 – Architecture MVC [5].

Le schéma 1.6 illustre les interactions entre ces composants :

- L'utilisateur interagit avec la Vue.
- La Vue transmet les actions au Contrôleur.
- Le Contrôleur met à jour le Modèle selon les commandes reçues.
- Le Modèle notifie la Vue des changements, qui met alors à jour l'affichage.

Cette séparation permet une meilleure maintenabilité, testabilité et évolutivité de l'application.

Architecture Modulaire Monolithique

En complément du pattern MVC, notre application adopte une architecture *modulaire monolithique*. Cette approche consiste à organiser le code en modules fonctionnels indépendants, chacun encapsulant un ensemble cohérent de fonctionnalités, tout en déployant l'ensemble sous la forme d'un seul artefact monolithique [17].

Cette organisation facilite :

- la gestion de la complexité en cloisonnant les responsabilités,
- la réutilisation et l'évolution des modules de manière autonome,
- la cohérence globale de l'application grâce à un déploiement unifié.

Chaque module suit en interne la structure MVC, garantissant ainsi une architecture claire à la fois au niveau global et local. Cette architecture représente un compromis efficace entre la simplicité d'un monolithe traditionnel et la modularité des microservices, tout en permettant une évolution progressive vers ces derniers si nécessaire.

Après avoir détaillé les méthodes et outils structurants du développement logiciel, il convient désormais d'aborder l'intégration d'un module d'intelligence artificielle au sein de notre solution. Cette évolution s'appuie sur les modèles de langage de grande taille (LLM), dont les capacités avancées en traitement automatique du langage naturel permettent d'enrichir significativement les fonctionnalités de notre application.

1.6 Introduction aux LLM

L'**intelligence artificielle (IA)** désigne le domaine de l'informatique qui vise à créer des systèmes capables de reproduire certains comportements intelligents, par exemple la compréhension du langage ou la résolution de problèmes complexes. Selon Russell et Norvig [18], l'IA consiste à concevoir des agents intelligents capables de percevoir leur environnement et d'agir de manière autonome pour atteindre des objectifs. Elle s'appuie sur des programmes et des algorithmes divers pour analyser des données massives et prendre des décisions, en reproduisant en partie le raisonnement humain.

Au sein de ce champ, l'**apprentissage automatique (machine learning)** occupe une place centrale : il s'agit d'une sous-discipline qui développe des méthodes pour apprendre automatiquement à partir de données, sans programmation explicite de chaque comportement. Mitchell [19] définit le machine learning comme la capacité d'un système à apprendre automatiquement à partir de données. Concrètement, un algorithme de machine learning utilise des données d'exemples pour repérer des régularités et améliorer ses performances au fil du temps. Ces approches statistiques ou à base de réseaux neuronaux ont permis récemment des avancées majeures en IA, car elles exploitent la puissance de calcul actuelle et de larges jeux de données pour apprendre à accomplir des tâches complexes (vision, reconnaissance vocale, filtrage de contenus, etc.).

Dans le domaine spécifique du traitement du langage naturel, la combinaison de grands jeux de textes et d'architectures modernes a donné naissance aux **modèles de langage de grande taille (LLM)**. Un LLM est un modèle d'apprentissage automatique entraîné sur un corpus¹⁰ textuel immense pour prédire et générer du langage. Ces modèles comptent des dizaines de milliards, voire des milliers de milliards de paramètres, ce qui leur confère une grande capacité de mémorisation des structures linguistiques. Comme le soulignent Naveed et al. [20], les LLM ont récemment démontré des capacités remarquables en traitement du langage et peuvent ap-

10. Corpus : Ensemble fini de textes choisi comme base d'une étude.

procher les performances humaines sur de nombreuses tâches linguistiques. Par exemple, depuis l'introduction du modèle GPT d'OpenAI¹¹ en 2018 (suivi de GPT-2, GPT-3 et GPT-4), ces systèmes se sont illustrés en générant un texte fluide et cohérent, en répondant à des questions, en résumant des documents ou en traduisant des langues.

Un **modèle de langage pré-entraîné** (pre-trained language model) est un LLM qui a subi une phase d'entraînement initiale sur un vaste corpus généraliste avant d'être affiné ou adapté à des tâches spécifiques. Cette pré-formation permet au modèle d'acquérir une compréhension générale du langage, facilitant ainsi son adaptation rapide à divers contextes sans nécessiter un entraînement complet à chaque nouvelle tâche [21].

En pratique, après un entraînement initial sur de très grands corpus, un LLM peut produire du texte « humain » dans différents styles. Il est capable de continuer un prompt ou de dialoguer en comprenant le contexte fourni par l'utilisateur (c'est l'apprentissage in-context¹² introduit avec GPT-3 [22]). Sans affiner manuellement chaque tâche, ces modèles s'adaptent au contexte d'une requête pour générer des réponses réalistes. Cette flexibilité leur permet d'être utilisés dans de nombreux domaines, y compris *l'éducation*, où ils peuvent fournir du contenu et des explications instantanées.

Cette capacité des LLM à générer des réponses contextuelles et pertinentes ouvre la voie à des applications concrètes dans les environnements d'apprentissage. C'est précisément dans cette perspective que s'inscrit l'intégration d'un module de chatbot intelligent au sein de la plateforme.

1.7 Chatbot pédagogique

Dans le cadre de la plateforme e-learning à développer, un module de *chatbot intelligent* sera intégré afin d'améliorer significativement l'expérience utilisateur.

1.7.1 Objectifs du chatbot

Les objectifs principaux de ce chatbot éducatif sont les suivants :

- Implémenter un chatbot capable de générer des exercices adaptés selon *plusieurs critères* : le niveau scolaire (l'année), la matière, le chapitre, ainsi que le degré de difficulté.
- Fournir des exercices principalement en langue arabe, conformes au cadre et aux référentiels du *système éducatif algérien*.
- Stocker les exercices générés dans une base de données, offrant aux enseignants la possibilité de noter et d'évaluer ces exercices afin de pouvoir les *réutiliser dans de futures requêtes*.

11. <https://openai.com/>

12. Apprentissage in-context : une capacité des modèles à apprendre une tâche à partir d'exemples donnés dans le prompt, sans ajustement de leurs paramètres internes.

1.7.2 Définition et fonctionnement

Un chatbot est défini comme « un système informatique qui interagit avec des utilisateurs humains en langage naturel, souvent au moyen d'une interface conversationnelle » [23]. Ces agents conversationnels, lorsqu'ils sont couplés à des modèles de langage de grande taille (LLMs), deviennent capables de comprendre des intentions complexes, de générer du contenu pertinent, et de simuler des échanges naturels avec un haut degré de cohérence.

Le chatbot que nous proposons sera basé sur un **modèle de langage pré-entraîné** tel que décrit dans la section 1.6. En combinant intelligence artificielle et objectifs éducatifs, ce chatbot vise à renforcer l'autonomie des apprenants en les accompagnant de manière personnalisée dans leur apprentissage, en générant des exercices adaptés à leur niveau tout en leur fournissant les solutions et des explications détaillées.

1.7.3 Fonctionnalités du chatbot

Afin de répondre aux objectifs pédagogiques, le chatbot proposé devra adopter une approche guidée, qui sera conçue pour garantir la pertinence et la qualité des interactions. Contrairement aux chatbots traditionnels qui permettent une saisie libre du texte, nous faisons le choix d'une interaction **contrôlée** via des options de sélection prédéfinies.

Sur le plan technique, le fonctionnement du chatbot reposera sur plusieurs méthodes clés issues de l'intelligence artificielle et du traitement du langage naturel :

Prompt Engineering : Processus de conception et d'affinement des requêtes envoyées au modèle de langage afin d'obtenir des réponses précises et pertinentes. Cette technique est essentielle pour orienter le comportement du modèle et garantir la qualité des contenus générés [24].

Few-shot learning : Méthode d'apprentissage par laquelle un modèle est capable de s'entraîner pour une tâche via un petit nombre d'exemples **fournis directement dans le prompt**, sans avoir besoin de modifier ses paramètres internes. Cette capacité permet une adaptation rapide à de nouvelles tâches à partir de très peu de données, en exploitant les connaissances acquises lors de l'entraînement initial [25].

Apprentissage In-context : Faculté des modèles de langage à adapter leur production en fonction du contexte fourni dans la requête, sans modification des paramètres internes. Cela permet une personnalisation dynamique des réponses selon le profil de l'utilisateur ou la tâche demandée [21].

En combinant ces approches, le chatbot ne se limite pas à une simple interface de question-réponse, mais devient un véritable assistant pédagogique intelligent, capable de produire des contenus adaptés, contextualisés et cohérents avec les référentiels éducatifs nationaux.

1.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'organisme d'accueil BigNova, en mettant en avant son rôle et son contexte. Ensuite, nous avons exposé la problématique, en identifiant les contraintes et les défis liés aux solutions étudiées, ce qui nous a permis de proposer notre solution avec ses caractéristiques et ses fonctionnalités. Nous avons ensuite réalisé une étude de l'existant sur des solutions disponibles sur le marché, ce qui nous a amenés à conclure qu'aucune solution ne répondait de manière optimale à toutes les exigences des apprenants. Grâce à cette analyse, nous avons pu mettre en valeur les fonctionnalités de notre solution en exposant ses avantages pour les différents acteurs du système. Enfin, nous avons détaillé nos choix méthodologiques, en expliquant les approches et les outils retenus pour le développement du projet.

Le prochain chapitre sera consacré à l'étude conceptuelle de notre application web, correspondant à la phase de planification du Sprint.

Sprint de Planification

Dans ce chapitre, nous décrivons la phase initiale du projet, le Sprint 0, qui permettra de définir les bases techniques et organisationnelles nécessaires au développement de la plateforme e-learning.

Dans la méthodologie Scrum, le passage par un Sprint de planification est indispensable. Bien que non officiel dans le guide Scrum [11], le Sprint 0 (ou sprint de planification) joue un rôle critique pour [26] :

- Établir une bonne communication entre les membres de l'équipe
- Préparer l'environnement de travail
- Alimenter le product backlog
- Réduire les risques du projet et poser les fondations pour réaliser les sprints

Cette phase nous permettra d'organiser notre équipe Scrum en clarifiant les rôles de chacun, d'identifier les acteurs du système et leurs cas d'utilisation principaux, et d'élaborer la première version du Product Backlog. Nous définirons également une vision globale du projet en le décomposant en sprints, avant de finaliser la charte graphique de l'application et de sélectionner les outils et langages pour sa conception et son implémentation [27].

2.1 Répartition de rôles

Nous avons constitué une équipe Scrum aux responsabilités clairement définies, conformément aux bonnes pratiques agiles [11]. Chaque membre a pris connaissance de ses missions spécifiques afin d'assurer un fonctionnement optimal de l'équipe. La répartition détaillée des rôles et compétences est présentée dans le tableau 2.1.

Rôle	Personne affectée
Product Owner	BEKKA Reda
Scrum Master	ACHROUFENE Achour
Equipe de développement	AICHE Youva & TERFA Kheireddine

TABLE 2.1 – Répartition des rôles dans l'équipe Scrum

Cette structuration des rôles étant établie, nous pouvons désormais nous focaliser sur les acteurs clés du système et leurs besoins fonctionnels, éléments fondamentaux pour la construction de notre product backlog

2.2 Identification des acteurs et des besoins

L'analyse des acteurs et de leurs besoins constitue une étape fondamentale dans la conception de notre plateforme e-learning. Cette démarche nous permet de formaliser précisément les attentes des différents utilisateurs et d'identifier les interactions clés avec le système. En nous appuyant sur des diagrammes UML et des entretiens avec les parties prenantes, nous avons catégorisé les acteurs principaux et défini leurs besoins fonctionnels.

2.2.1 Identification des acteurs

Un acteur représente toute entité (utilisateur humain ou système) qui interagit avec notre solution en réalisant des tâches précises pour atteindre un objectif spécifique. Nous distinguons quatre catégories d'acteurs :

i. Visiteur

Utilisateur non authentifié explorant la plateforme :

- Consultation du catalogue de formations, de cours de soutien et de tutoriels.
- Accès aux informations générales sur les cours.
- Possibilité de s'inscrire pour devenir apprenant ou bien Enseignant.

ii. Apprenant

Utilisateurs primaires de la plateforme, ils recherchent des formations, tutoriels et cours de soutien adaptés à leurs besoins académiques ou professionnels, l'apprenant bénéficie de :

- Un espace personnel pour gérer ses inscriptions et suivre sa progression.
- Un catalogue de formations et cours de soutien avec des options de recherche.

- Des outils d'apprentissage interactifs et variés (chat IA, tests en ligne, tutoriels, cours de soutien, etc.).

iii. Enseignant

Experts métiers qui fournissent le contenu pédagogique et accompagnent les apprenants. Le formateur dispose de :

- Interfaces dédiées pour proposer et gérer ses contenus pédagogiques.
- Des fonctionnalités de planification.
- Un tableau de bord pour suivre ses activités et revenus.

iv. Administrateur

Garants du bon fonctionnement de la plateforme et de la qualité des contenus, il peut :

- Gérer les comptes utilisateurs et vérifie la cohérence des services disponibles sur la plateforme.
- Surveiller les interactions et transactions financières et les valider.
- Accéder aux statistiques globales de la plateforme.

Cette identification claire des acteurs principaux constitue la base nécessaire pour élaborer notre diagramme de cas d'utilisation global. Dans la section suivante, nous modéliserons visuellement les interactions fonctionnelles entre ces acteurs et le système.

2.2.2 Diagramme de cas d'utilisation global

Nous proposons ici une modélisation UML des cas d'utilisation globaux qui capture l'essentiel des interactions système-acteurs, servant de fondement à notre conception fonctionnelle.

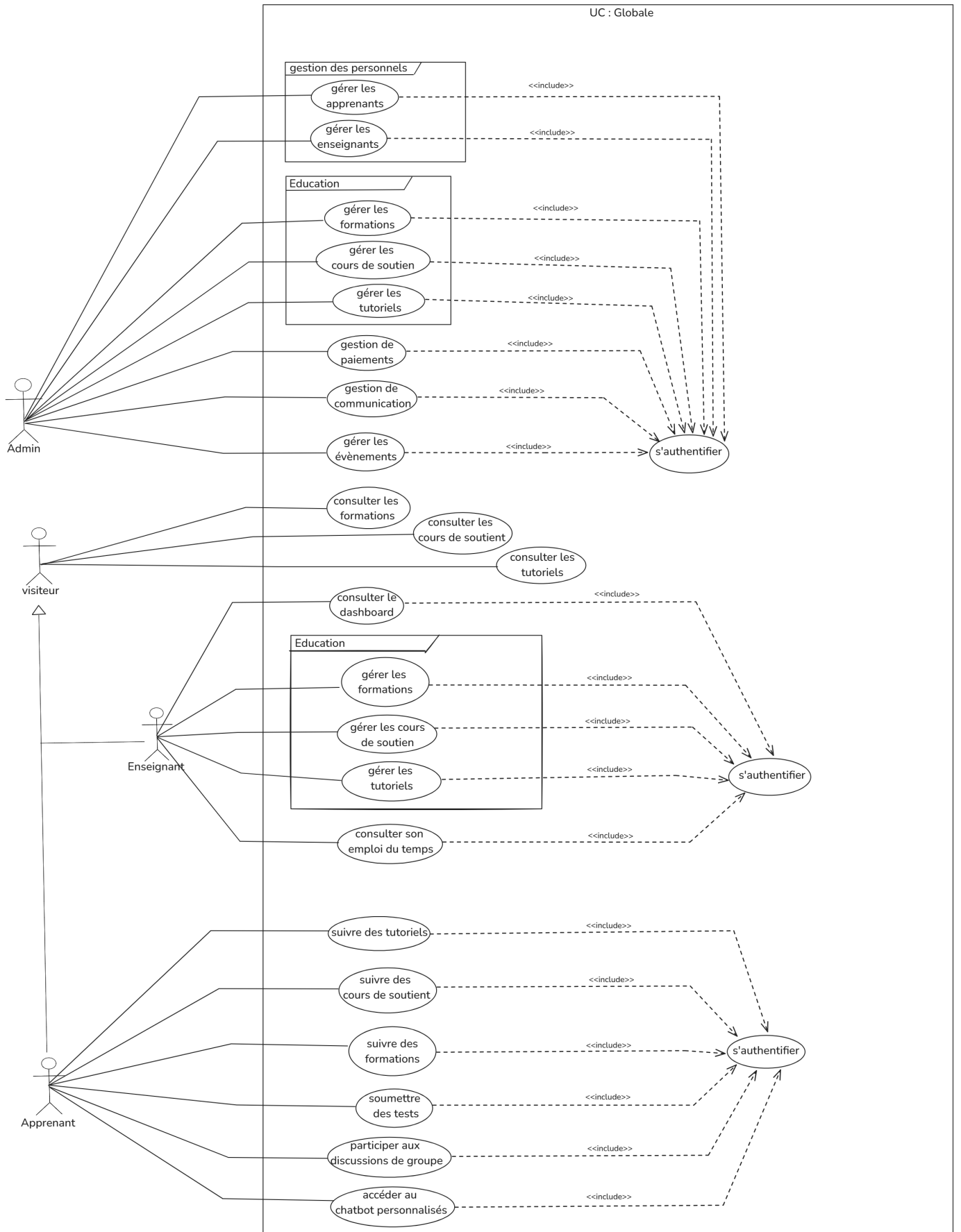


FIGURE 2.1 – Diagramme de cas d'utilisation global

À partir de ce diagramme de cas d'utilisation et des besoins identifiés des acteurs, nous pouvons désormais élaborer le Product Backlog qui structurera notre développement itératif en priorisant les fonctionnalités essentielles de la plateforme.

2.3 Product Backlog

Dans le cadre des outputs de ce Sprint 0, nous présentons ici le Product Backlog initial, incrément concret qui formalise l'ensemble des fonctionnalités à développer, priorisées selon leur valeur métier et leur dépendance technique. Les tableaux de 2.2 à 2.7 représentent le Product Backlog initial, qui contient les user stories, décomposé en sprints.

En tant que	User Story	Priorité
Administrateur	Je veux pouvoir gérer les apprenants, enseignants et paiements, afin d'assurer une transition fluide à partir de la solution existante	Haute
Administrateur	Je veux pouvoir suivre les paiements des apprenants et assurer la répartition des revenus entre BigNova et les enseignants, afin de faciliter la gestion financière de l'école	Haute
Administrateur	Je veux pouvoir créer, organiser et gérer les formations, y affecter des enseignants et inscrire des apprenants, afin d'assurer un suivi complet des offres pédagogiques	Moyenne
Administrateur	Je veux pouvoir gérer la publication des tutoriels et les associer à des enseignants, afin d'enrichir les contenus disponibles pour les apprenants	Moyenne
Durée estimée du sprint		4 semaines

TABLE 2.2 – Sprint 1 : Adaptation de l'Ancienne Solution

En tant que	User Story	Priorité
Administrateur	Je veux pouvoir créer et organiser des groupes pour les formations, y affecter des enseignants et y inscrire des apprenants, afin de structurer efficacement le déroulement des cours	Haute
Administrateur	Je veux pouvoir gérer les cours de soutien proposés sur la plateforme, en précisant leur type (en ligne ou en présentiel) et leur état de déroulement, afin d'assurer un bon suivi pédagogique	Haute
Administrateur	Je veux pouvoir créer et gérer des groupes pour les cours de soutien, en y inscrivant les apprenants concernés, afin d'organiser les séances de manière structurée	Haute
Administrateur	Je veux pouvoir créer, organiser et valider les tutoriels proposés par les enseignants, afin de garantir la qualité du contenu pédagogique mis à disposition des apprenants	Haute
Administrateur	Je veux gérer les événements de bigNova destinés pour les apprenants et les abonnés de la plateforme	Moyenne
Durée estimée du sprint		3 semaines

TABLE 2.3 – Sprint 2 : Cours de Soutien & Groupes

En tant que	User Story	Priorité
Visiteur	Je veux avoir accès aux événements et un accès restreint aux tutoriel, formations et cours de soutien	Moyenne
Visiteur	Je veux pouvoir m'inscrire en tant qu'apprenant pour suivre de contenu éducatif	Moyenne
Apprenant	Je veux pouvoir me connecter à la plateforme	Haute
Apprenant	Je veux avoir accès à un Dashboard complet où je peux consulter mes activités sur le site	Moyenne
Apprenant	Je veux avoir la possibilité de m'inscrire à des formations, des cours de soutien et du tutoriel après le versement du paiement (ou une partie) du service voulu et la confirmation de l'administrateur	Haute
Durée estimée du sprint		4 semaines

TABLE 2.4 – Sprint 3 : Intégration de Apprenant & Visiteur

En tant que	User Story	Priorité
Visiteur	Je veux pouvoir m'inscrire en tant qu'enseignant afin de pouvoir proposer mes services dans la plateforme	Moyenne
Enseignant	Je veux pouvoir me connecter à la plateforme	Haute
Administrateur	Je veux pouvoir examiner et valider les inscriptions des enseignants, afin de m'assurer de la fiabilité des profils avant leur intégration à la plateforme	Haute
Enseignant	Je veux proposer des cours de soutien ou des formations ou même des tutoriels	Haute
Enseignant	Je veux ajouter et publier des tutoriels (vidéos, textes) après validation par BigNova	Haute
Administrateur	Je veux pouvoir vérifier la cohérence des profils des enseignants avec le contenu proposé par ces derniers	Haute
Durée estimée du sprint		3 semaines

TABLE 2.5 – Sprint 4 : Intégration des Enseignants

En tant que	User Story	Priorité
Apprenant	Je veux suivre mes séances de cours de soutien ou de formation en ligne ou bien en présentiel dans le site de BigNova et avoir un calendrier dans l'application pour m'organiser	Haute
Enseignant	Je veux avoir accès à un calendrier affichant mes créneaux de cours, afin de mieux organiser mes interventions en présentiel à l'école BigNova ou en ligne	Moyenne
Enseignant	Je veux gérer les groupes de formations qui me sont assignés	Faible
Enseignant	Je veux gérer mes tutoriel et mes cours de soutien et avoir des statistiques sur le nombre des apprenants inscrits	Faible
Durée estimée du sprint		3 semaines

TABLE 2.6 – Sprint 5 : Fonctionnalités de Base

En tant que	User Story	Priorité
Apprenant	Je veux contacter un enseignant via un système de messagerie intégré	Haute
Enseignant	Je veux recevoir et répondre aux messages des apprenants	Haute
Administrateur	Je veux pouvoir superviser les échanges entre apprenants et enseignants, afin de garantir un environnement de communication respectueux	Faible
Apprenant	Je veux utiliser un chat IA pour générer des exercices adaptés à mon niveau	Moyenne
Durée estimée du sprint		3 semaines

TABLE 2.7 – Sprint 6 : Messagerie et Chat IA

Après cette structuration initiale des exigences fonctionnelles, notre attention se porte maintenant sur la dimension esthétique avec la définition d’une charte graphique unifiée, élément clé pour l’adoption de la plateforme par nos utilisateurs.

2.4 Charte Graphique

La charte graphique joue un rôle clé dans la création de l’identité visuelle de n’importe quelle application et la mémorisation de la plateforme par les utilisateurs. Notre plateforme e-learning se dote d’une identité visuelle cohérente et professionnelle, articulée autour des éléments suivants :

2.4.1 Palette de Couleurs

Notre sélection chromatique s’inscrit dans la continuité de l’identité existante de BigNova, tout en l’adaptant aux spécificités d’une plateforme éducative. Le bleu (#02174C) et le violet (#79389f) illustrés dans la palette 2.2 reprennent précisément la teinte du logo de l’école, créant ainsi un lien visuel immédiat avec l’institution mère.



FIGURE 2.2 – Palette de Couleurs

2.4.2 Logo

Notre logo illustré dans la Figure 2.3 synthétise l’essence même de la plateforme. L’icographie intègre délibérément le chapeau de graduation traditionnel, symbole universel de l’éducation et de la réussite académique.



FIGURE 2.3 – Logo de BigNova Learning

Cette identité visuelle soigneusement élaborée trouve son implémentation technique dans les outils et langages que nous avons sélectionnés pour le développement de la plateforme, garantissant ainsi une parfaite adéquation entre les fonctionnalités et l’organisation du travail.

2.5 Outils et Langages Utilisés

L’implémentation technique de notre plateforme s’appuie sur un écosystème d’outils soigneusement sélectionnés pour répondre aux exigences du projet. Cette stack technologique¹ a été organisée en trois niveaux complémentaires.

2.5.1 Niveau Conception et Gestion

Pour garantir une gestion de projet efficace conforme à notre méthodologie Scrum, nous avons adopté :

- **Slack**² : Plateforme de communication privilégiée pour les échanges en temps réel et la coordination de l’équipe
- **ClickUp**³ : Outil complet de gestion des tâches, des sprints et du suivi des user stories du product backlog
- **Notion**⁴ : Documentation centralisée des spécifications techniques et des décisions architecturales

La phase de modélisation s’appuie sur :

- **Excalidraw**⁵ : Création de schémas architecturaux et de maquettes collaboratives.
- **Draw.io**⁶ : Logiciel de dessin graphique multiplateforme. Utilisé pour créer des diagrammes tels que des organigrammes et des diagrammes UML.

1. ensemble des technologies logicielles utilisées par ou dans le développement d’une application

2. <https://slack.com/>

3. <https://clickup.com/>

4. <https://www.notion.com/ft/>

5. <https://excalidraw.com/>

6. <https://www.drawio.com/>

2.5.2 Niveau Développement

Conformément à notre product backlog, notre solution adopte une architecture modulaire avec deux plateformes distinctes partageant un socle commun, permettant une séparation claire des préoccupations métier tout en optimisant la réutilisation du code.

Backend unifié :

Le cœur de notre système repose sur une API robuste et scalable développée avec :

- **Express.js**⁷ : Framework Node.js pour le développement des API RESTful offrant une structure modulaire et des temps de réponse optimaux
- **MongoDB**⁸ : Base de données NoSQL choisie pour sa flexibilité dans la gestion des données pédagogiques et son excellente intégration avec Node.js
- **Mongoose**⁹ : ORM¹⁰ pour la modélisation des schémas de données et la validation des entrées
- **JSON Web Tokens** : Système d'authentification sécurisé partagé entre les deux fronts

Cette architecture backend unique permet de centraliser la logique métier tout en servant efficacement les deux interfaces utilisateurs.

Frontend Administrateur :

L'interface de gestion, réservée aux administrateurs BigNova, sera développée avec :

- **React.js**¹¹ : Bibliothèque JavaScript offrant les performances nécessaires pour les tableaux de bord complexes
- **Ant Design**¹² : Système de composants UI¹³ professionnels adapté aux outils d'administration (opérations CRUD¹⁴ et formulaires)
- **Redux Toolkit**¹⁵ : Gestion centralisée de l'état pour les données critiques

Ce choix technologique permet une productivité accrue pour les opérations quotidiennes de gestion de la plateforme.

7. <https://expressjs.com/>

8. <https://www.mongodb.com/>

9. <https://mongoosejs.com/>

10. ORM (Object-Relational Mapping) : est un type de programme informatique qui se place en interface entre un programme applicatif et une base de données pour simuler une base de données orientée objet.

11. <https://react.dev/>

12. <https://ant.design/>

13. UI (User Interface) : signifie "Interface Utilisateur" en français. Il s'agit de l'environnement graphique et interactif avec lequel un utilisateur interagit lorsqu'il utilise une application

14. CRUD : Acronyme qui signifie "Create, Read, Update, Delete" (Créer, Lire, Mettre à jour, Supprimer). Il décrit les quatre opérations fondamentales pour la gestion des données stockées dans une base de données

15. <https://redux-toolkit.js.org/>

Frontend Client (Apprenant et Enseignant) :

Pour offrir une expérience utilisateur optimale, nous avons opté pour une stack performante et adaptée à nos besoins spécifiques :

- **Next.js**¹⁶ : Framework React offrant des fonctionnalités frontend avancées comme le routage intégré et pré-rendu des pages pour une navigation ultra-rapide, intégration native de l'ISR (Incremental Static Regeneration) pour un contenu toujours frais et une gestion simplifiée des métadonnées et SEO¹⁷
- **Tailwind CSS**¹⁸ : Framework CSS utility-first permettant une implémentation fidèle de notre charte graphique

La séparation stricte des sous-domaines (client vs admin) assure une meilleure sécurité et permet des évolutions indépendantes. Le déploiement est configuré pour isoler complètement ces deux environnements tout en partageant la même API centrale.

2.5.3 Chatbot

Dans le cadre de l'intégration du chatbot intelligent à la plateforme **BigNova Learning**, deux éléments ont été retenus :

- **Fireworks AI**¹⁹ : Plateforme de déploiement de modèles d'intelligence artificielle accessible via une API. Elle permet d'exploiter différents modèles open-source (comme DeepSeek, Mistral, etc.) avec une faible latence, une intégration simple et un coût maîtrisé.
- **DeepSeek-V3 (03-24)**²⁰ : Modèle de langage de grande taille (LLM) pré-entraîné open-source, conçu pour comprendre et générer du contenu en plusieurs langues, dont l'arabe standard. Il est capable de produire des réponses structurées, concises et pédagogiquement pertinentes, adaptées à un usage éducatif.

2.5.4 Environnement de Développement

Pour assurer un workflow optimal, notre environnement comprend les outils suivants :

- **Visual Studio Code**²¹ : Notre éditeur de code principal, équipé d'extensions essentielles comme ESLint pour l'analyse statique, Prettier pour le formatage uniforme, et des outils spécifiques à JavaScript/TypeScript. Sa légèreté et son écosystème riche en font l'outil idéal pour notre développement full-stack.

16. <https://nextjs.org/>

17. (Search Engine Optimization), ou référencement naturel, consiste à aider les moteurs de recherche à interpréter le contenu des sites web

18. <https://tailwindcss.com/>

19. <https://fireworks.ai/>

20. <https://fireworks.ai/models/fireworks/deepseek-v3-0324>

21. <https://code.visualstudio.com/>

- **Git**²²/**GitHub**²³ : Système de contrôle de version centralisant notre codebase avec une gestion rigoureuse des branches suivant Git Flow. GitHub permet la revue de code collaborative via les Pull Requests et l'automatisation des workflows CI/CD grâce aux GitHub Actions.
- **Docker**²⁴ : Solution de conteneurisation utilisée pour isoler nos services (backend, base de données) et garantir des environnements de développement identiques entre les membres de l'équipe. Les Dockerfiles standardisés simplifient aussi nos déploiements en production.
- **Postman**²⁵ : Outil complet pour tester nos API REST durant le développement. Nous maintenons des collections organisées par fonctionnalité, avec des tests automatisés et des variables d'environnement pour les différents stades (dev, staging, prod).
- **Swagger**²⁶ : Documentation interactive de nos API générée automatiquement à partir de nos annotations code. La spécification OpenAPI ainsi produite sert à la fois de référence technique pour l'équipe et d'interface de test pour les consommateurs de nos API.

Ce socle technologique solide constitue la base sur laquelle repose l'ensemble de notre solution, en garantissant à la fois modularité, scalabilité, maintenabilité, et une expérience utilisateur fluide, tant pour les administrateurs que pour les apprenants et enseignants.

2.6 Conclusion

Ce chapitre a jeté les bases méthodologiques et techniques de notre plateforme BigNova Learning à travers une phase de Sprint 0 rigoureuse. Nous avons établi une organisation claire des rôles, priorisé les fonctionnalités dans un product backlog détaillé, et conçu une architecture technique robuste avec un backend unifié et des frontends adaptés à chaque type d'utilisateur. La définition d'une identité visuelle cohérente et la mise en place d'un environnement de développement performant complètent ces préparatifs essentiels. Ces fondations solides nous permettent d'aborder sereinement le prochain chapitre consacré au Sprint 1, qui marquera le passage à la phase concrète de développement des premières fonctionnalités clés de la plateforme.

22. <https://git-scm.com/>

23. <https://github.com/>

24. <https://www.docker.com/>

25. <https://www.postman.com/>

26. <https://swagger.io/>

Sprint 1 : Adaptation de l’Ancienne Solution

3.1 Introduction

Ce premier sprint, qui a une durée estimée de **quatre semaines** constitue une étape fondamentale dans le cadre du développement de notre projet. Durant cette phase, notre objectif principal est de réorienter le projet en adaptant sa structure initiale à une nouvelle vision fonctionnelle et à de nouveaux objectifs, tout en posant les bases nécessaires pour une progression fluide dans les phases de développement suivantes.

Afin de mieux illustrer les besoins fonctionnels, nous avons élaboré un diagramme de cas d’utilisation et un diagramme de classes. De plus, certaines fonctionnalités seront conçues et implémentées durant ce sprint, afin de visualiser le rendu final des fonctionnalités prévues. Le

présent chapitre détaille les éléments suivants :

- Le backlog du sprint et la décomposition des tâches.
- Les diagrammes UML (cas d’utilisation, classes, séquences).
- Les maquettes et interfaces développées.
- Une rétrospective du sprint.

Afin de cadrer le travail de ce sprint et d’identifier clairement les modules à développer, nous avons commencé par modéliser les besoins fonctionnels sous forme d’un diagramme de cas d’utilisation. Ce diagramme nous permet de représenter les principales interactions étudiées durant ce sprint entre l’administrateur (unique acteur concerné à ce stade) et le système.

3.2 Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 1

Le diagramme de cas d'utilisation présenté dans la Figure 3.1 illustre les différents cas d'utilisation associés aux tâches prévues pour le sprint en cours.

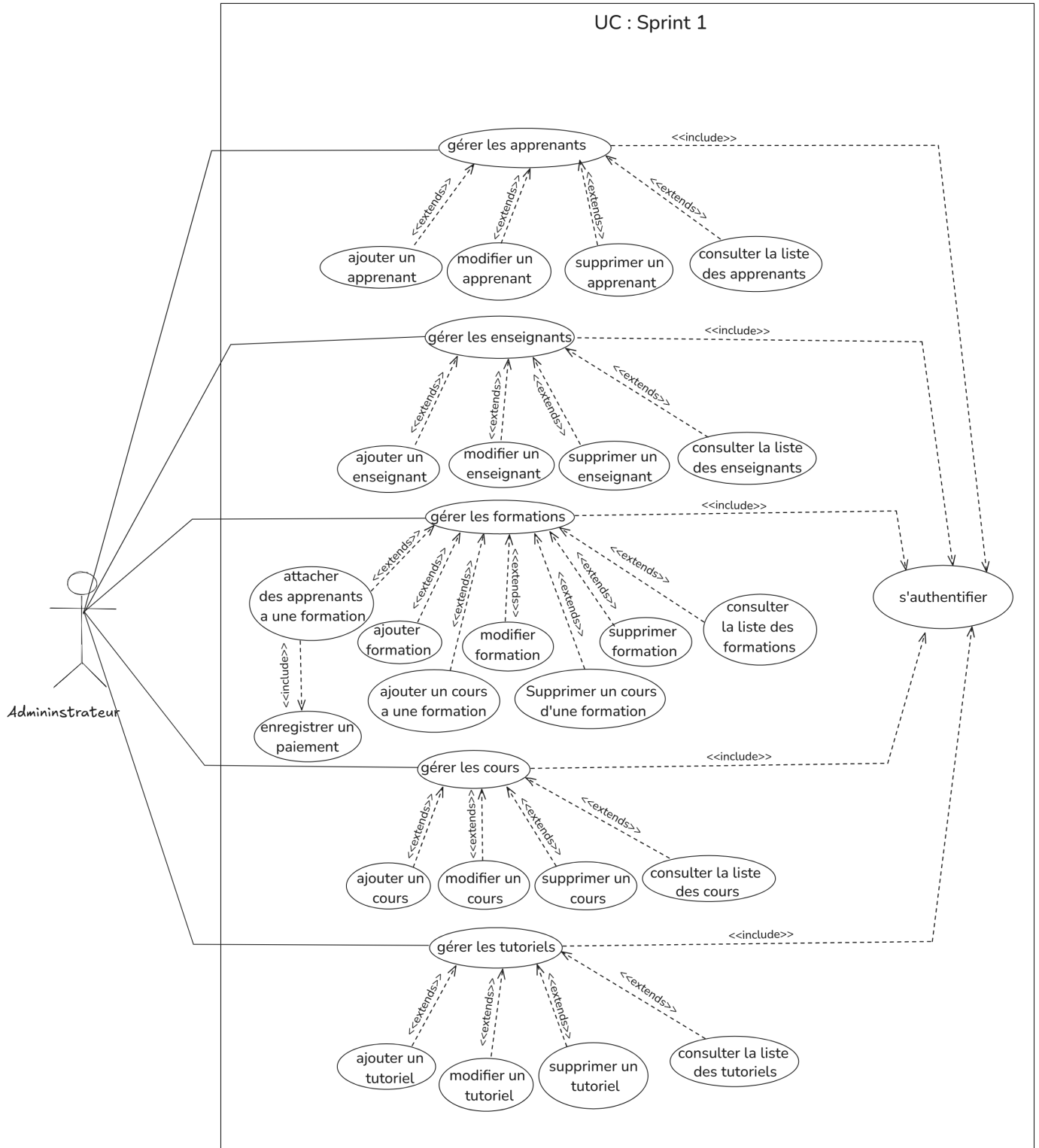


FIGURE 3.1 – Diagramme de cas d'utilisation du sprint 1

Après avoir représenté les différents cas d’utilisation du Sprint 1, nous pouvons désormais passer à la planification des tâches à travers le Sprint Backlog.

3.3 Sprint Backlog

Le Sprint Backlog regroupe l’ensemble des tâches sélectionnées pour le Sprint 1, en précisant pour chacune la durée estimée ainsi que le(s) responsable(s) chargé(s) de sa réalisation, représentant Youva AICHE et Kheireddine TERFA par **YA** et **KT** respectivement. Le tableau 3.1 permet de visualiser clairement la répartition du travail et de suivre l’avancement des tâches.

Functionalité	Tâches	Responsable	Priorité	Durée
Migration vers architecture modular monolithics	Analyser l'ancienne structure MVC	KT + YA	Haute	4j
	Migrer le code existant vers les nouveaux modules	KT	Moyenne	
	Réaliser des tests de fonctionnement de la nouvelle structure (backend)	KT	Moyenne	
Compatibilité ancienne et nouvelle solution (gestion utilisateurs)	Adapter les services de gestion des utilisateurs (Admins , Enseignants , Apprenants)	KT	Haute	10j
	Fixer les bugs de l'ancienne solution relatifs à l'affichage	YA	Haute	
	Effectuer des tests d'intégration	KT + YA	Moyenne	
Gestion des formations	Implémenter le CRUD des cours	KT	Haute	6j
	Créer la page et les composants UI pour le CRUD des cours	YA	Haute	
	Implémenter le CRUD des formations	KT	Haute	
	Créer la pages et les composants UI pour le CRUD des formations	YA	Haute	
	Ajouter la gestion des inscriptions des apprenants aux formations	KT	Haute	
	Créer les interfaces d'inscription des apprenants aux formations	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de gestion des formations	YA + KT	Faible	
Gestion des tutoriels	Implémenter le CRUD des tutoriels	KT	Haute	6j
	Créer la pages et les composants UI pour le CRUD des tutoriels	YA	Haute	
	Ajouter les composants UI pour modifier la visibilité et le statut du tutoriel	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de gestion des tutoriels	KT + YA	Moyenne	
Gestion des paiements	Implémenter l'api backend pour la gestion des paiements des formations et des tutoriels	KT	Haute	3j
	Implémenter l'intégration front-end pour la gestion des paiements des formations et des tutoriels	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de gestion des paiements	KT + YA	Faible	
Durée estimée du sprint				29 jours

TABLE 3.1 – Sprint Backlog du Sprint 1

La Figure 3.2 illustre la répartition temporelle du sprint. Elle représente le séquençement des tâches majeures de ce sprint.

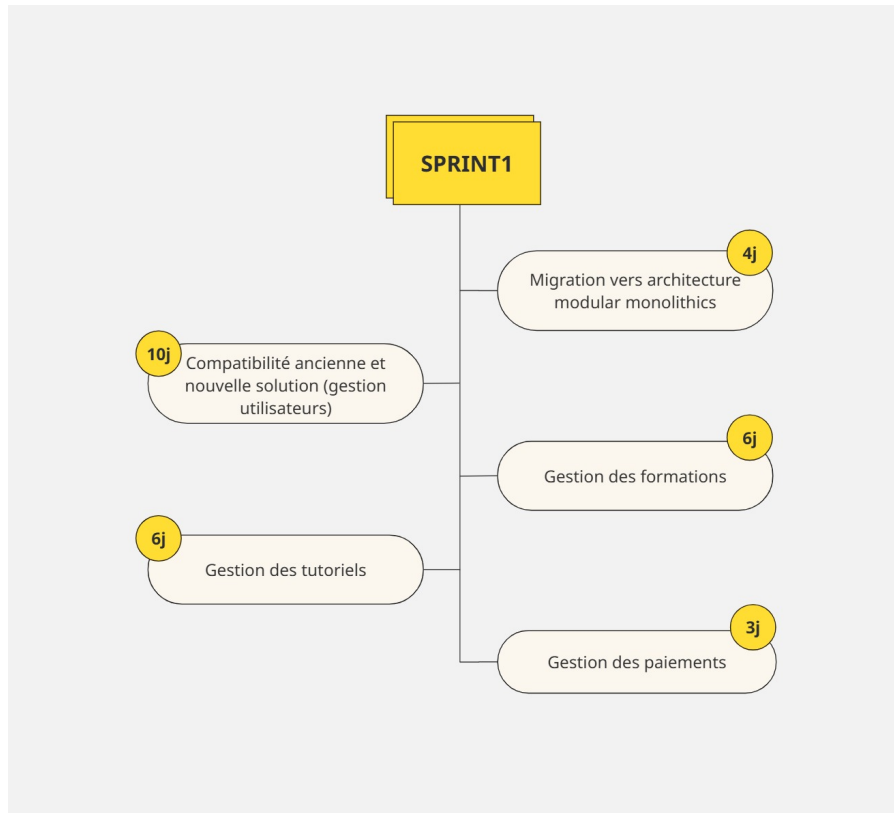


FIGURE 3.2 – Décomposition temporelle du sprint 1

3.3.1 Organisation du travail quotidien

Afin d’assurer une bonne coordination au sein de l’équipe durant le projet, nous avons mis en place une organisation quotidienne reposant sur des outils de communication et de gestion des tâches adaptés.

i. Daily Scrum

Conformément à notre approche Agile avec la méthode Scrum, et afin d’assurer un suivi quotidien efficace, l’entreprise BigNova a l’habitude d’utiliser l’outil de messagerie **Slack**, les membres de l’équipe n’étant pas toujours réunis au même endroit.

Le *Daily Scrum* se tenait soit sous forme de réunion en ligne, soit simplement par échange de messages, en fonction de la disponibilité et de la charge de travail du Scrum Master. Chaque matin, un message était partagé dans le canal dédié pour faire le point sur l’avancement de la veille, signaler les éventuels blocages et répartir les tâches de la journée, comme illustré dans la Figure 3.3.

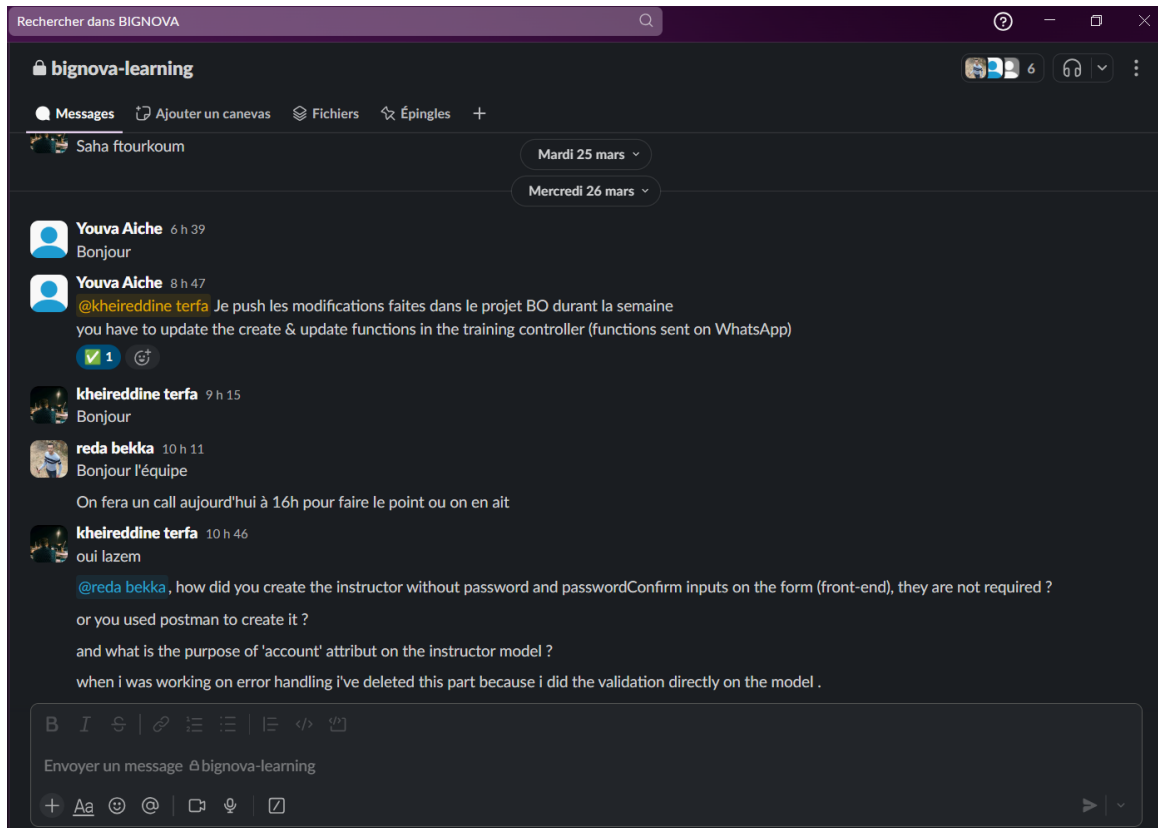


FIGURE 3.3 – Exemple de Daily Scrum sur Slack

ii. Répartition des tâches

En parallèle, nous avons utilisé la plateforme **ClickUp** pour organiser visuellement les tâches à travers des listes, des tableaux, et des vues par statut d'avancement. Cet outil nous a permis de suivre la progression des tâches affectées à chaque membre, et de centraliser toutes les informations nécessaires au bon déroulement du sprint, comme le montre la Figure 3.4.

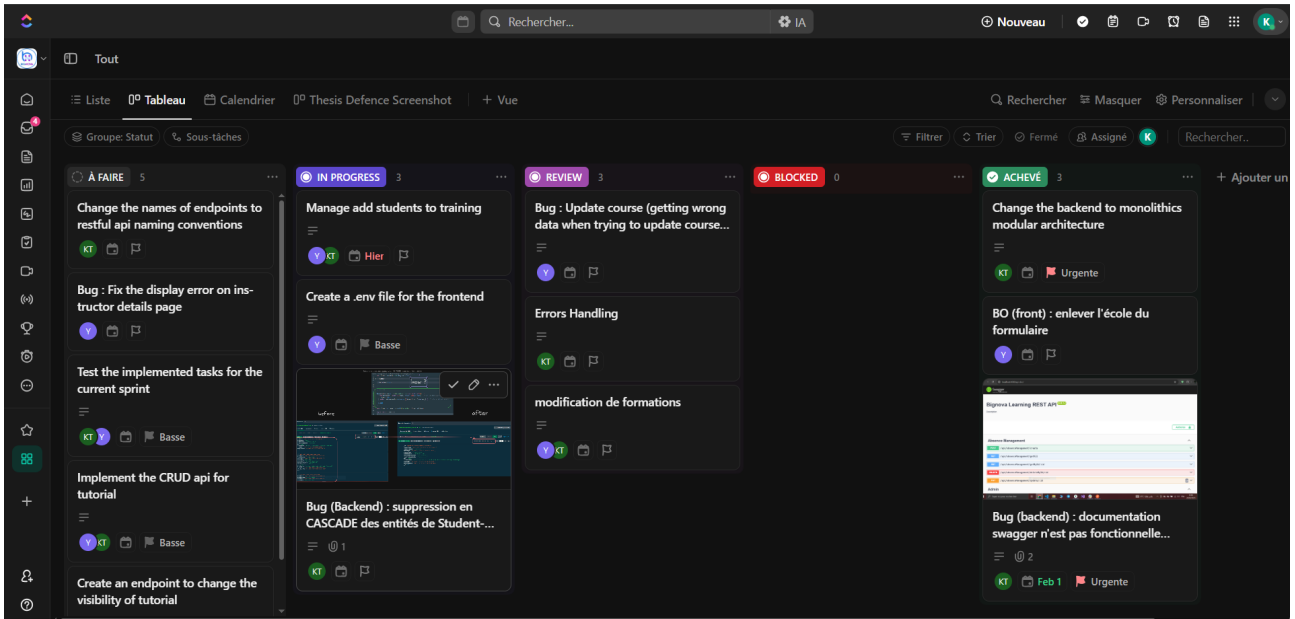


FIGURE 3.4 – Suivi de l'avancement des tâches via ClickUp

3.4 Présentation des diagrammes de séquence

Afin de simplifier et clarifier la compréhension de certains cas d'utilisation, nous allons en décrire deux à l'aide de diagrammes de séquence :

- Ajouter des apprenants à une formation
- Ajouter un apprenant à la plateforme

3.4.1 Ajouter des apprenants à une formation

La Figure 3.5 représente le diagramme de séquence du cas d'utilisation : Ajouter des apprenants à une formation.

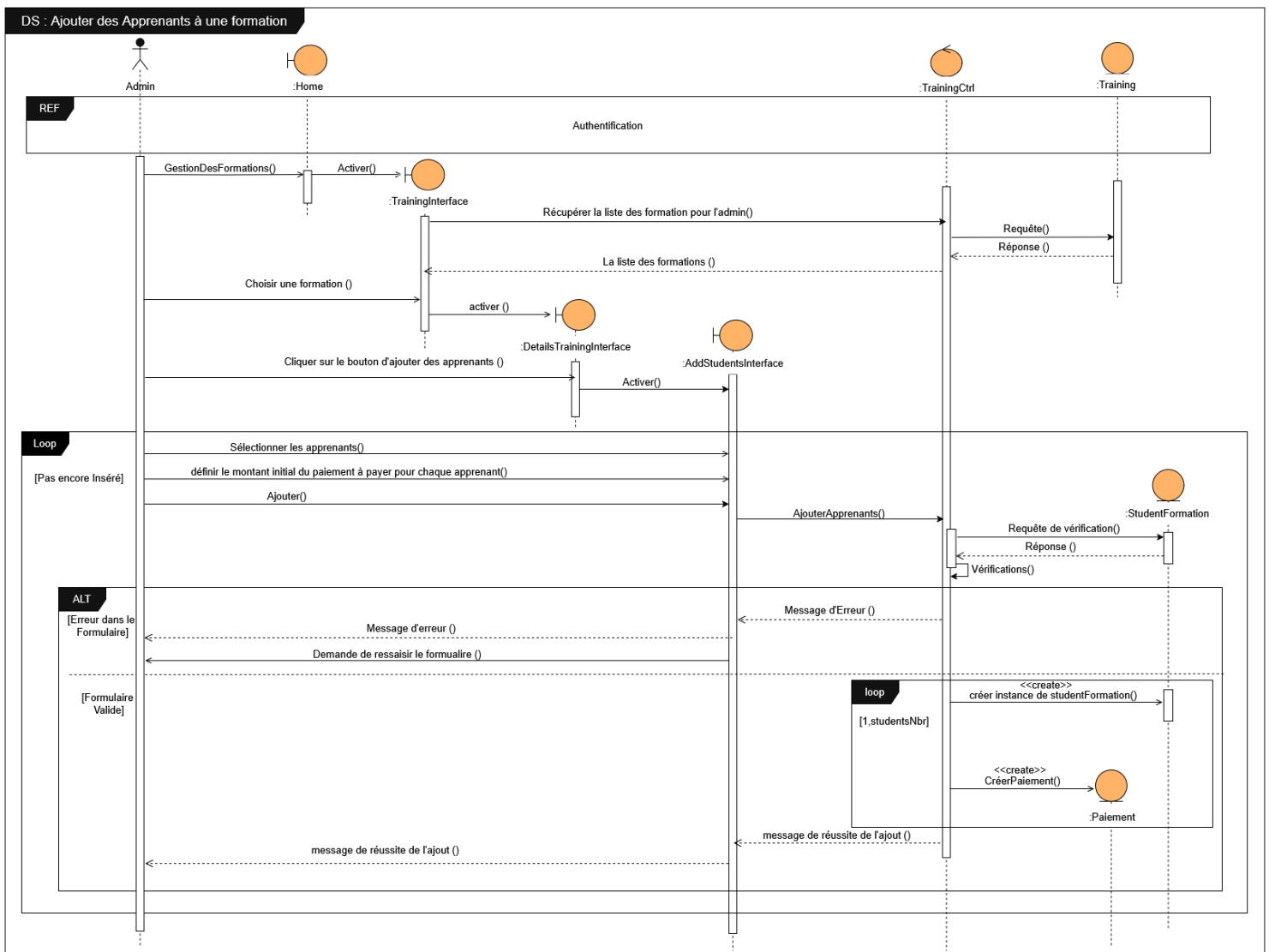


FIGURE 3.5 – Diagramme de séquence : Ajouter des apprenants à une formation.

Ce diagramme de séquence décrit le processus permettant à un administrateur d'ajouter des apprenants à une formation existante.

1. L'administrateur accède à l'interface de gestion des formations depuis la page d'accueil. Le système récupère alors la liste des formations disponibles via le contrôleur `TrainingCtrl`.
2. L'administrateur sélectionne une formation, ce qui déclenche l'activation de l'interface de détails, puis de l'interface d'ajout d'apprenants.
3. L'administrateur sélectionne les apprenants concernés et définit le montant initial du paiement pour chacun.
4. Une vérification est effectuée par le système (`StudentFormation`) pour s'assurer de la validité du formulaire :
 - En cas d'erreur, un message d'erreur s'affiche et l'administrateur est invité à corriger le formulaire.

- Si le formulaire est valide, une instance de participation à la formation (`studentFormation`) est créée pour chaque apprenant, ainsi qu'une instance de (`paiement`) associée.

3.4.2 Ajouter un apprenant à la plateforme

Le diagramme de séquence correspondant à ce cas d'utilisation est présenté en annexe (voir Figure A.6).

Ce diagramme illustre le processus d'ajout d'un nouvel apprenant par un administrateur.

1. Depuis la page d'accueil, l'administrateur accède à l'interface de gestion des apprenants.
2. Le système récupère la liste des apprenants existants via le contrôleur `StudentsCtrl`.
3. L'administrateur active ensuite l'interface d'ajout d'un apprenant.
4. il saisit les informations de l'apprenant.
5. Le système effectue une vérification :
 - En cas d'erreur dans le formulaire, un message d'erreur s'affiche et invite à corriger les données.
 - Si les données sont valides, une instance de l'apprenant est créée.
6. Enfin, un message de confirmation indique que l'ajout a été effectué avec succès.

3.5 Diagramme de classe du sprint 1

Le diagramme de classe regroupant les entités liées à ce sprint est présenté en annexe (voir Figure A.1).

Les diagrammes établis, l'étape suivante consiste à concevoir et implémenter les fonctionnalités conformes à ces schémas directeurs.

3.6 Vue des interfaces utilisateur

Dans cette section, nous présentons certaines interfaces utilisateur développées au cours du Sprint 1.

3.6.1 Interface des détails d'une formation

La Figure 3.6 présente l'interface affichant les informations détaillées d'une formation sélectionnée.

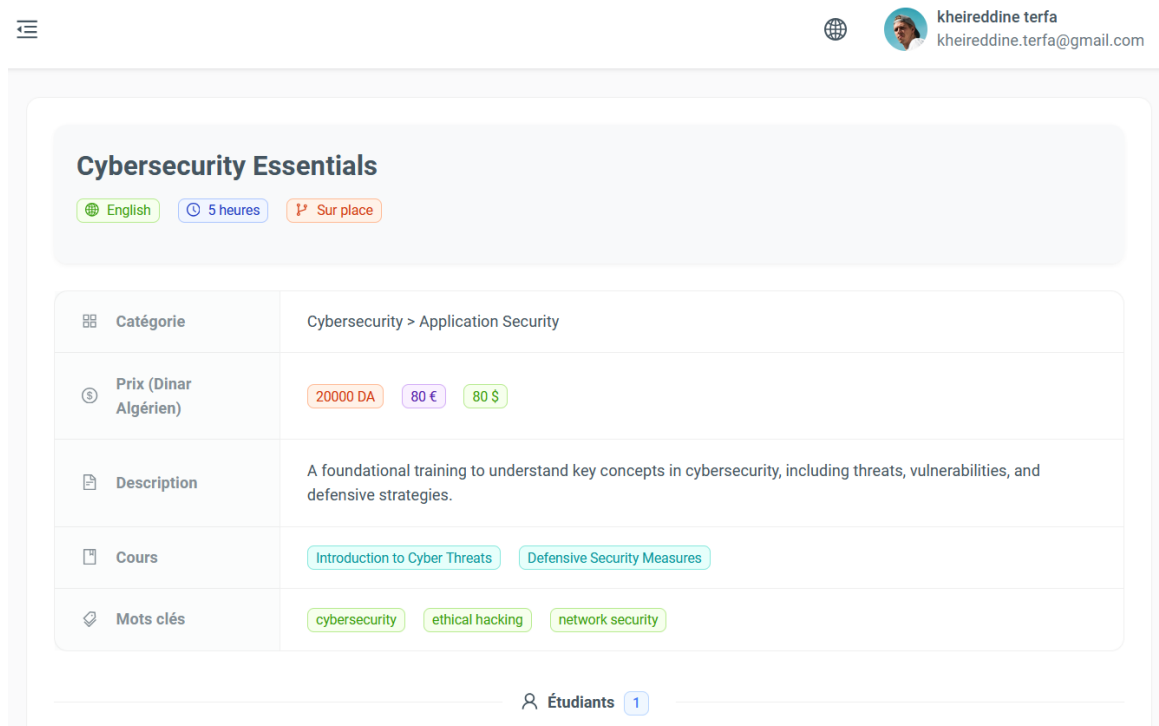


FIGURE 3.6 – Interface des détails d'une formation

3.6.2 Interface d'ajout d'apprenants à une formation

La Figure 3.7 montre le formulaire dédié à l'ajout d'apprenants à une formation, sous forme d'un *modal*¹ dans la page de détails de la formation.

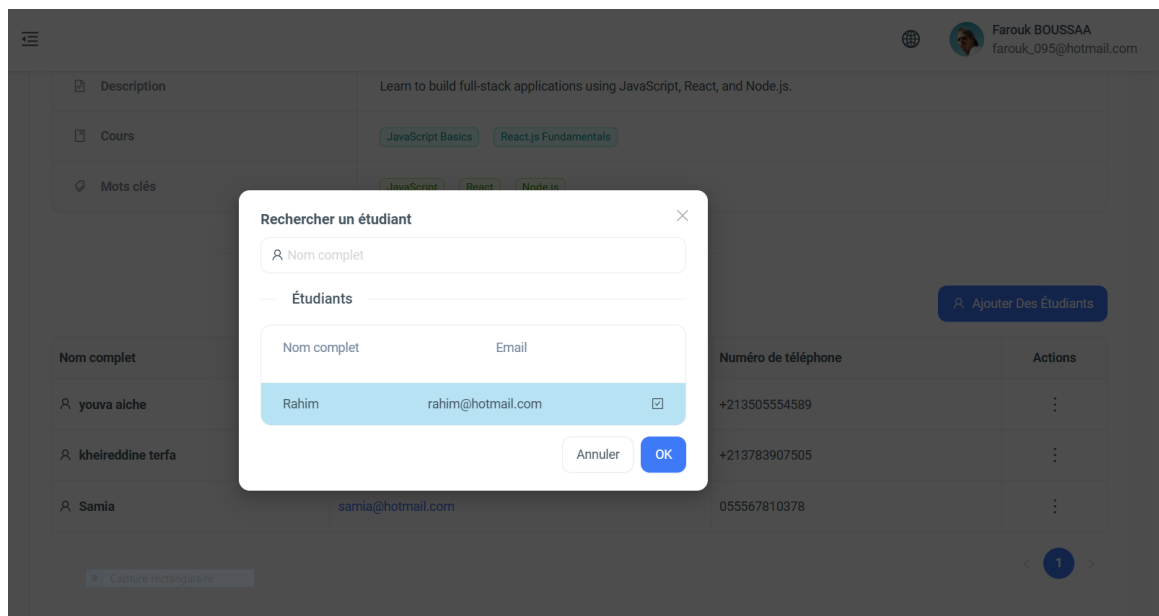


FIGURE 3.7 – Interface d'ajout d'apprenants à une formation

1. Modal : désigne une fenêtre contextuelle qui s'affiche par-dessus le contenu principal d'une page web, bloquant l'interaction avec le reste de la page jusqu'à ce qu'elle soit fermée

3.6.3 Interface de la liste des tutoriels

La Figure 3.8 illustre l'interface de consultation des tutoriels, où l'administrateur peut ajouter, modifier, archiver des tutoriels.

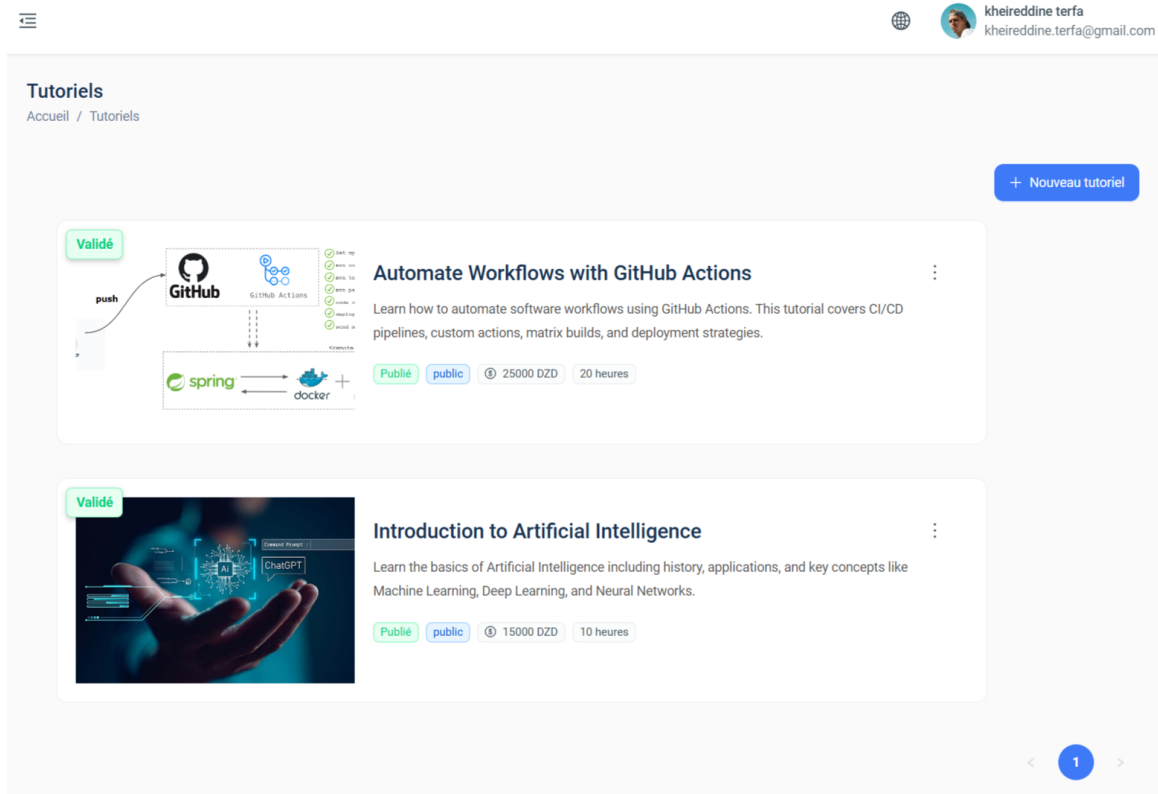


FIGURE 3.8 – Interface de la liste des tutoriels

3.7 Déploiement

Le processus de déploiement de l'application, bien que manuel à ce stade du projet, a été soigneusement structuré afin de garantir fiabilité et reproductibilité. Ce choix nous a permis de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents au déploiement avant d'envisager l'automatisation dans les sprints futurs. Les étapes sont illustrées dans la Figure 3.9 :

- **Push sur GitHub et fusion dans la branche principale** : Après validation des fonctionnalités développées lors du sprint, le code est poussé sur GitHub puis fusionné dans la branche principale (`main`). Cette étape assure la centralisation et la préparation du code pour le déploiement.
- **Déploiement manuel sur le VPS²** : Depuis le serveur VPS, les dernières modifications sont récupérées depuis la branche `main` afin de mettre à jour l'application. Cette étape

2. VPS (Virtual Private Server, ou Serveur Dédié Virtuel) : méthode de partitionnement d'un serveur physique en plusieurs serveurs virtuels indépendants à l'aide de la virtualisation.

est actuellement effectuée manuellement via des commandes Git exécutées sur le terminal distant.

- **Redémarrage du conteneur Docker** : Une fois les fichiers à jour, le conteneur Docker est redémarré pour appliquer les nouvelles modifications et rendre la dernière version de l'application opérationnelle.

Il est à noter que ce processus, bien qu'entièrement manuel, constitue une base solide pour une automatisation future. L'intégration d'une chaîne CI/CD (par exemple via GitHub Actions) permettra à terme de déclencher automatiquement le déploiement dès la fusion dans la branche principale, renforçant ainsi la rapidité et la fiabilité des mises à jour.

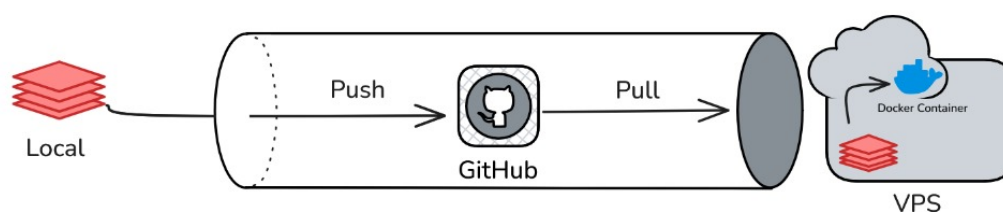


FIGURE 3.9 – Processus de déploiement de l'application

3.8 Rétrospective du Sprint

La rétrospective de ce sprint nous a permis de faire un retour critique sur le déroulement du travail afin d'identifier les aspects positifs, les difficultés rencontrées, et les axes d'amélioration pour les prochains sprints.

Points forts :

La communication régulière, notamment à travers les réunions quotidiennes, a permis de maintenir une bonne coordination entre les membres de l'équipe.

Difficultés rencontrées :

Cependant, nous avons également été confrontés à certaines difficultés. À plusieurs reprises, nous avons dû jongler entre le développement de l'application et la **rédaction de la documentation du projet**, ce qui a réduit le temps alloué à la mise en œuvre de certaines tâches. Cela a parfois ralenti le rythme du développement.

De plus, le **manque de définition claire des priorités sur ClickUp** a engendré des conflits d'intégration entre le développement frontend et backend.

Axes d'amélioration

Pour les prochains sprints, nous visons à :

- Mieux gérer notre temps entre la rédaction de la documentation et le développement, en prévoyant des plages horaires dédiées à chaque tâche.
- Mettre en place une hiérarchisation claire des tâches dans ClickUp, en définissant les priorités dès la planification du sprint afin d'éviter les conflits entre les dépendances frontend et backend.
- Maintenir et renforcer la régularité des réunions quotidiennes pour continuer à assurer une bonne coordination et une meilleure anticipation des obstacles.

3.9 Conclusion

Pour conclure, ce chapitre a exposé de manière rigoureuse les différentes étapes du Sprint 1, en mettant l'accent sur son organisation, sa phase de conception ainsi que les aspects liés au développement. Ce premier sprint a constitué une étape clé dans le déroulement du projet, permettant de valider des fonctionnalités essentielles et d'adapter l'ancienne solution à nos besoins. L'application méthodique de la démarche Scrum nous a permis d'instaurer un cadre de travail structuré, de faciliter la coordination entre les membres de l'équipe et de consolider une vision partagée du produit à réaliser. À l'issue de ce sprint, une première version opérationnelle de l'application a pu être **livrée**. Une réunion de rétrospective a également été organisée afin d'évaluer les résultats obtenus et de planifier de manière réfléchie le sprint suivant, en définissant les objectifs à atteindre et les tâches à entreprendre.

Le chapitre suivant sera consacré au Sprint 2 et 3, et abordera en détail son implémentation ainsi que l'ajout de nouvelles fonctionnalités venant enrichir la version initialement développée au cours du Sprint 1.

Sprints 2 & 3

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous poursuivons le développement de notre application à travers la réalisation du deuxième et du troisième sprint. Le **Sprint 2** sera consacré à l'implémentation des fonctionnalités liées aux cours de soutien et à la gestion des groupes. Le **Sprint 3**, quant à lui, se focalisera sur le côté client, avec l'intégration de l'acteur « Apprenant ».

Nous détaillerons le *sprint backlog*, qui présentera l'ensemble des tâches à accomplir au cours de chaque sprint, accompagnées de leurs estimations temporelles et de leur niveau de priorité. Nous introduirons également un ensemble de diagrammes UML, tels que les diagrammes de classes, de cas d'utilisation et d'états-transitions, afin de structurer et clarifier les étapes menant à la phase de développement.

Enfin, nous présenterons les principales fonctionnalités développées à la fin de chaque sprint, illustrées à travers les interfaces utilisateur mises en place.

4.2 Sprint 2 : Cours de Soutiens & Groupes

Durant ce sprint, qui durera **3 semaines**, nous nous focaliserons sur les fonctionnalités liées au cours de soutien et les groupes d'apprenants qui assisteront à des séances dans l'un des services éducatifs. Nous commencerons par un diagramme de cas d'utilisation pour visualiser les principales fonctionnalités à développer, puis nous détaillerons le sprint backlog. Des diagrammes UML viendront appuyer notre modélisation, avant de conclure par une présentation des interfaces utilisateur développées au cours de ce sprint.

4.2.1 Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 2

Le diagramme de cas d'utilisation présenté dans la Figure 4.1 illustre les différents cas d'utilisation associés aux tâches prévues pour le sprint 2.

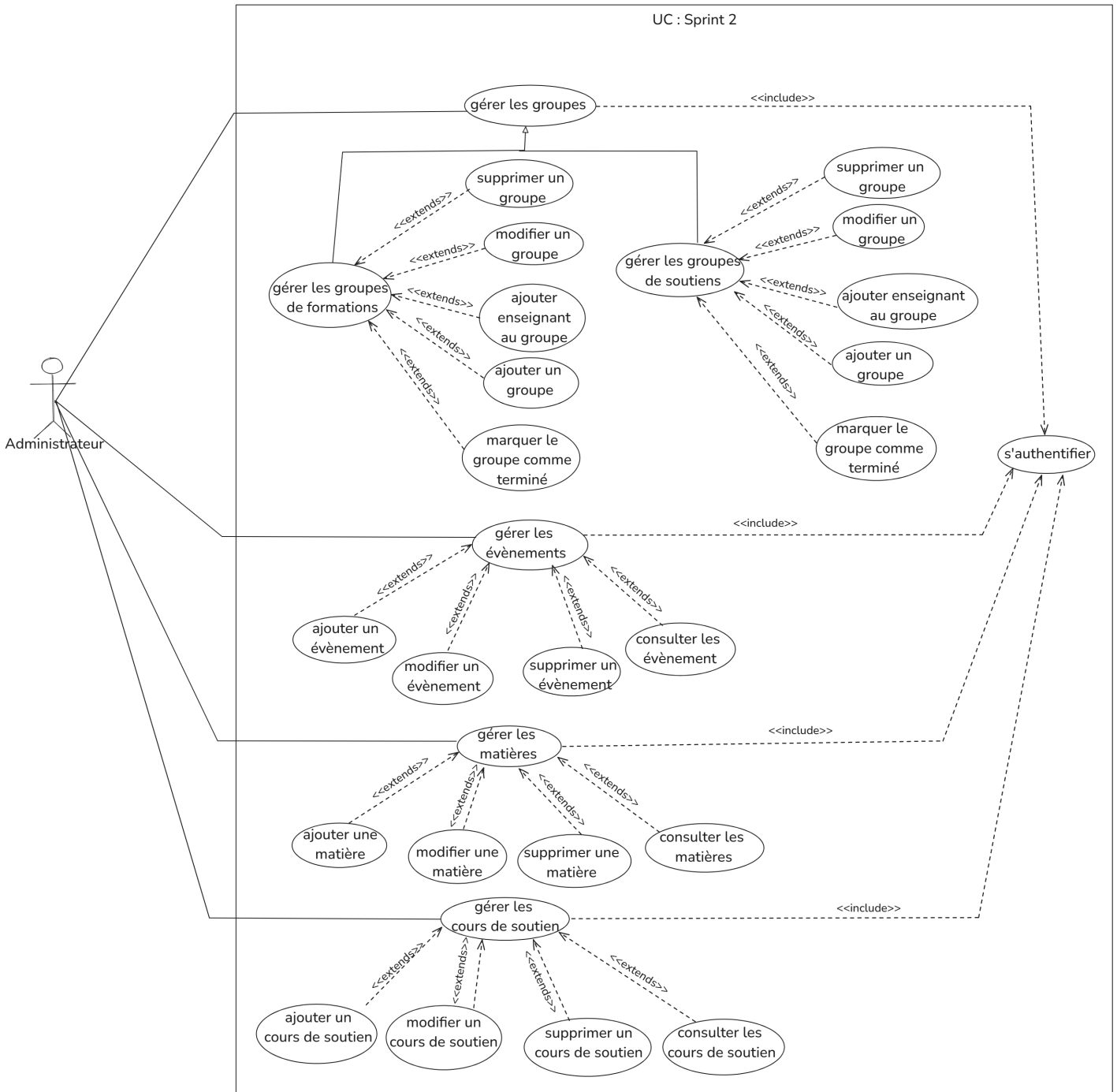


FIGURE 4.1 – Diagramme de cas d'utilisation du sprint 2

Pour mieux organiser le travail à réaliser, nous avons établi un Backlog détaillé des tâches à accomplir durant ce sprint, en précisant leur priorité, leur durée estimée ainsi que les responsables associés.

4.2.2 Sprint Backlog

Le tableau 4.1 illustre le backlog du Sprint 2, en présentant les tâches planifiées, leur durée

Fonctionnalité	Tâches	Responsable	Priorité	Durée
Gestion des groupes de formations	Implémenter le CRUD des groupe de formations	KT	Haute	5j
	Créer la page et les composants UI pour le CRUD des groupes de formations	YA	Haute	
	mettre en œuvre la fonctionnalité d'ajout de l'instructeur au groupe (backend)	KT	Haute	
	créer les composants UI nécessaires afin d'ajouter un instructeur au groupe	YA	Moyenne	
	Tester l'ensemble de flux de gestion des groupes de formations	YA + KT	Faible	
Gestion des cours de soutien	Implémenter le CRUD des cours de soutien	KT	Haute	6j
	Créer la page et les composants UI pour le CRUD des cours de soutien	YA	Haute	
	Mettre en œuvre la fonctionnalité d'ajout d'apprenants au cours de soutien (backend)	KT	Haute	
	créer les composants UI nécessaires afin d'ajouter les apprenants au cours de soutien	YA	Moyenne	
	Tester l'ensemble du flux de gestion des cours de soutien	YA + KT	Faible	
Gestion des groupes de cours de soutien	Implémenter le CRUD des groupe de cours de soutien	KT	Haute	4j
	Créer la page et les composants UI pour le CRUD des groupes de cours de soutien	YA	Haute	
	mettre en œuvre la fonctionnalité d'ajout de l'enseignant au groupe (backend)	KT	Haute	
	créer les composants UI nécessaires afin d'ajouter un enseignant au groupe	YA	Moyenne	
	Tester l'ensemble de flux de gestion des groupes de cours de soutien	YA + KT	Faible	
Gestion des évènements	Implémenter le CRUD des évènements	KT	Moyenne	3j
	Créer la pages et les composants UI pour le CRUD des évènements	YA	Moyenne	
	Tester l'ensemble du flux de gestion des évènements	KT + YA	Faible	
Durée estimée du sprint				18 jours

TABLE 4.1 – Sprint Backlog du Sprint 2

Afin de visualiser la répartition temporelle des différentes tâches planifiées, nous présentons dans la Figure 4.2 une décomposition graphique du sprint.

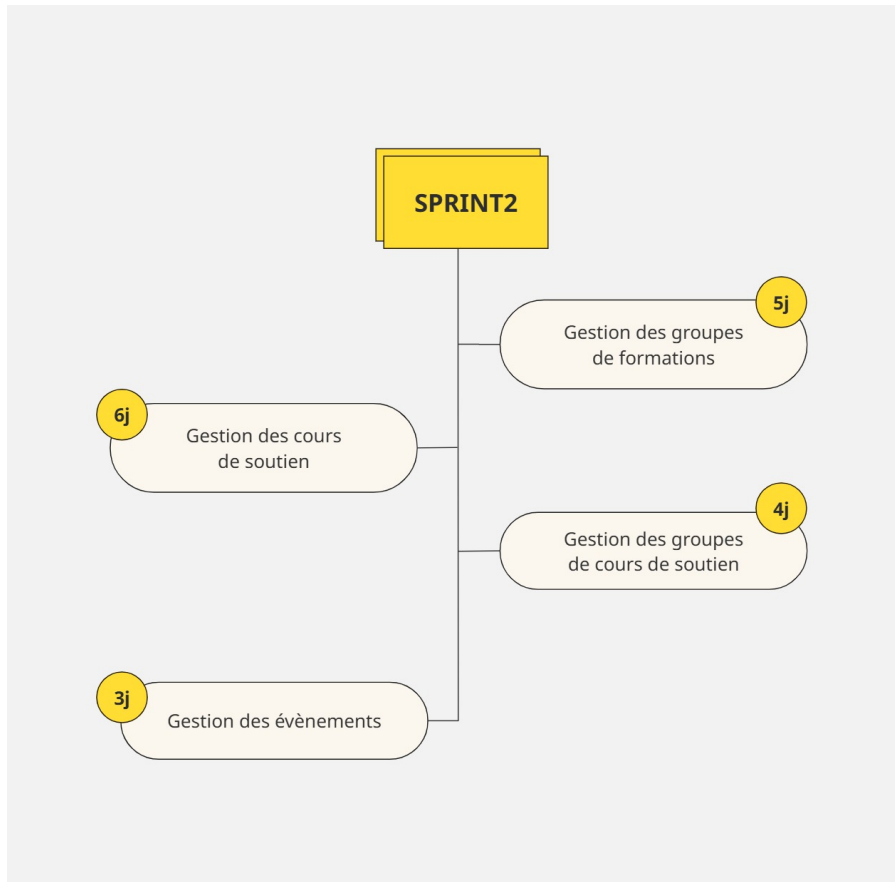


FIGURE 4.2 – Décomposition temporelle du sprint 2

Pour approfondir la compréhension de quelques cas d'utilisation identifiés, nous avons modélisé les interactions entre les acteurs et le système à l'aide de diagrammes de séquence.

4.2.3 Présentation des diagrammes de séquence du Sprint 2

Afin de simplifier et clarifier la compréhension de quelques cas d'utilisation, nous allons en décrire deux à l'aide de diagrammes de séquence :

- Créer un groupe de formation
- Modifier les apprenants d'un groupe de cours de soutien

Créer un groupe de formation

Le diagramme de séquence correspondant à ce cas d'utilisation est disponible en annexe (voir Figure A.7). Il illustre le processus par lequel un administrateur ajoute un nouveau groupe de formation à une formation existante via l'interface de gestion :

- L'administrateur se connecte et active la gestion des formations
 - L'interface récupère la liste des formations disponibles via `TrainingCtrl`
- Il sélectionne une formation spécifique
 - L'interface détaillée de la formation s'affiche
- Il clique sur "ajouter un groupe"
 - L'interface d'ajout s'affiche
- Il remplit le formulaire avec les informations du nouveau groupe
- À la soumission, `GroupCtrl` vérifie les données via l'objet `Group`
 - Si les données sont invalides :
 - Un message d'erreur s'affiche
 - L'administrateur est invité à corriger les informations
 - Si les données sont valides :
 - Le nom du groupe est généré automatiquement
 - Le groupe de formation est créé
 - Un message de confirmation est affiché à l'administrateur

Modifier les apprenants d'un groupe de cours de soutien

La Figure 5.10 représente le diagramme de séquence du cas d'utilisation : Modifier les apprenants d'un groupe de cours de soutien.

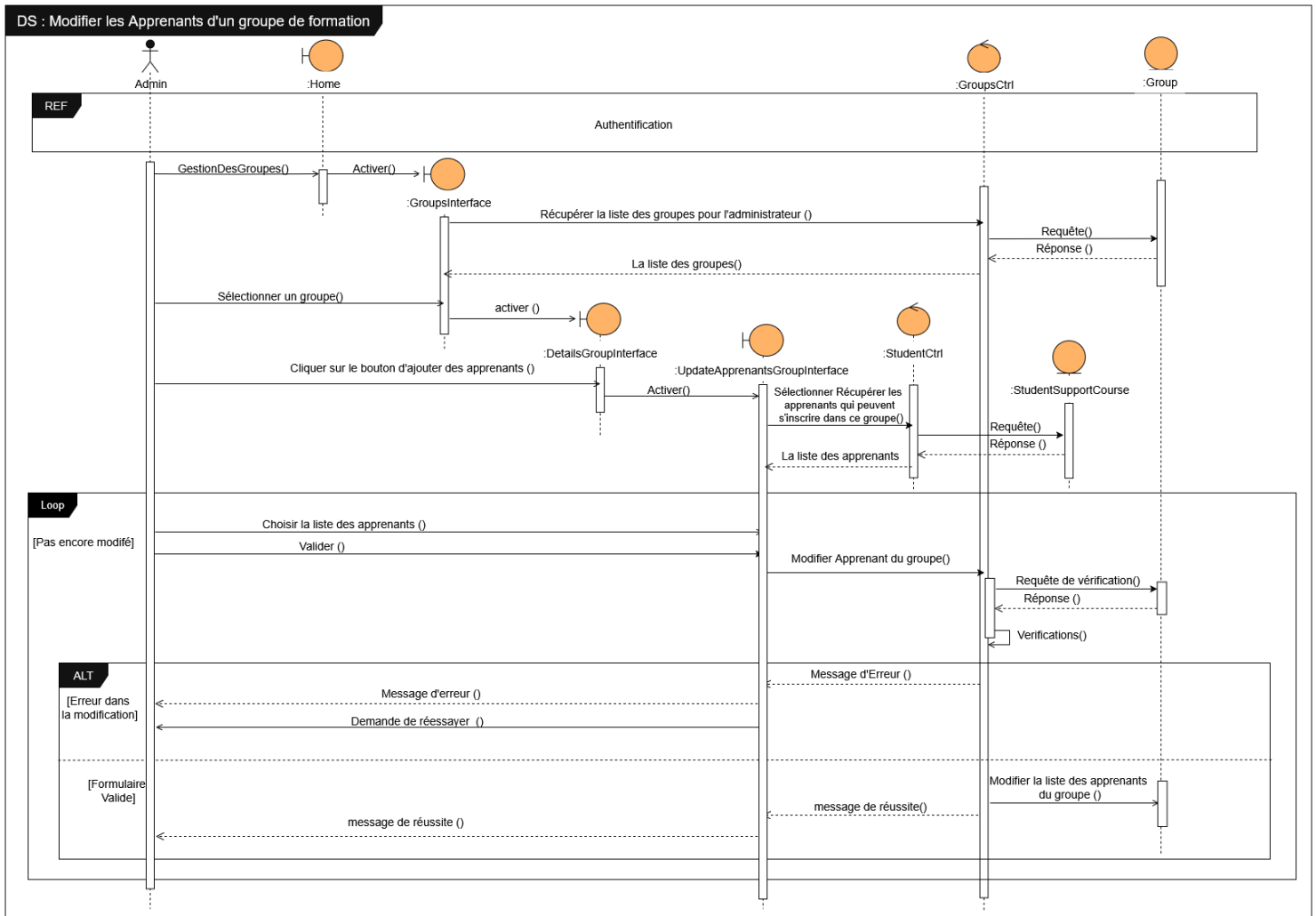


FIGURE 4.3 – Diagramme de séquence : Modifier les apprenants d’un groupe de cours de soutien.

Ce diagramme décrit le processus suivi par un administrateur pour modifier les apprenants d’un groupe de cours de soutien via l’interface de gestion :

- Accès à la gestion des groupes :
 - L’administrateur accède à la page d’accueil (:Home) et active la gestion des groupes.
 - L’interface récupère la liste des groupes disponibles via le contrôleur **GroupsCtrl**.
- Sélection du groupe à modifier :
 - L’administrateur sélectionne un groupe dans la liste affichée.
 - L’interface des détails du groupe est activée, puis l’interface de modification des apprenants (**UpdateApprenantsGroupInterface**) est affichée.
- Récupération des apprenants éligibles :
 - Le contrôleur **StudentCtrl** interroge **StudentSupportCourse** pour récupérer la liste des apprenants pouvant être inscrits dans ce groupe.

- Ajout ou modification des apprenants :
 - L'administrateur sélectionne les apprenants à ajouter ou à modifier.
 - Une boucle permet de traiter chaque apprenant sélectionné.
 - Le système effectue une vérification via `StudentSupportCourse`.
- Validation du formulaire :
 - En cas d'échec, un message d'erreur s'affiche, invitant à réessayer.
 - En cas de succès, un message de confirmation est affiché et la liste du groupe est mise à jour.

En complément des diagrammes de séquence, le diagramme de classe suivant permet de visualiser la structure statique des principales entités du système développées durant ce sprint.

4.2.4 Diagramme de classe du Sprint 2

Le diagramme de classe regroupant les entités définies durant ce sprint est présenté en annexe (voir **Figure A.2**).

Avant de démarrer la phase de développement de ce sprint, nous avons veillé à tirer les leçons du premier sprint afin de ne pas reproduire les mêmes erreurs, ce qui nous a permis d'identifier des axes d'amélioration et les mettre en place pour optimiser notre processus de développement lors des prochaines itérations.

4.2.5 Optimisation du processus de développement

Suite à la rétrospective du sprint précédent 3.8, les actions suivantes ont été mises en place pour améliorer l'organisation du travail (voir **Figure 4.4**) :

- **Priorisation des tâches** : chaque tâche a été classée par ordre de priorité dans ClickUp, ce qui a permis de mieux organiser le travail entre l'équipe.
- **Ajustement des durées** : la durée des tâches a été adaptée en tenant compte du temps alloué à la rédaction du mémoire, assurant ainsi une meilleure répartition de la charge.

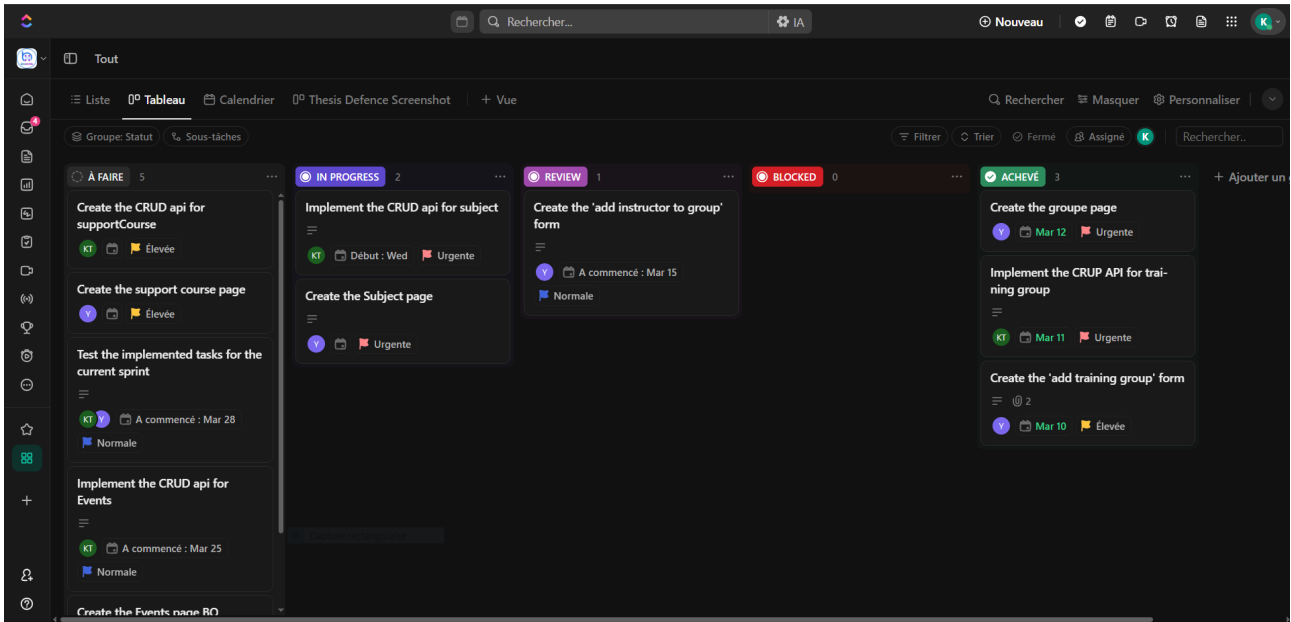


FIGURE 4.4 – Aperçu de l’organisation des tâches dans ClickUp

Grâce à ces améliorations organisationnelles et aux diagrammes définis précédemment, nous avons pu implémenter avec succès les fonctionnalités planifiées et réaliser l’ensemble des tâches prévues pour ce sprint. Nous présentons maintenant quelques interfaces clés qui matérialisent cette implémentation.

4.2.6 Vue des interfaces utilisateur

Dans cette section, nous présentons certaines interfaces utilisateur développées au cours du Sprint 2.

Interface d’ajout d’un groupe de formation

La Figure 4.5 illustre l’interface dédiée à l’ajout d’un nouvelle groupe de formation.

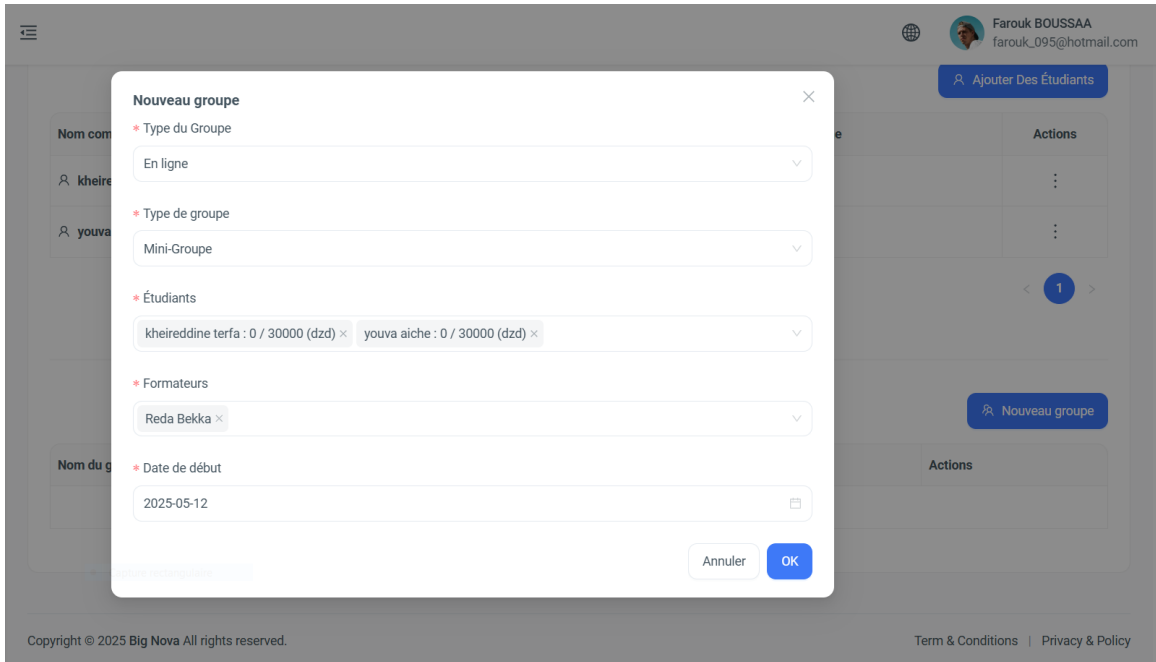


FIGURE 4.5 – Interface d’ajout d’un groupe formation

Interface des détails d’un événement

La Figure 4.6 présente l’interface affichant les informations détaillées d’un événement sélectionné.

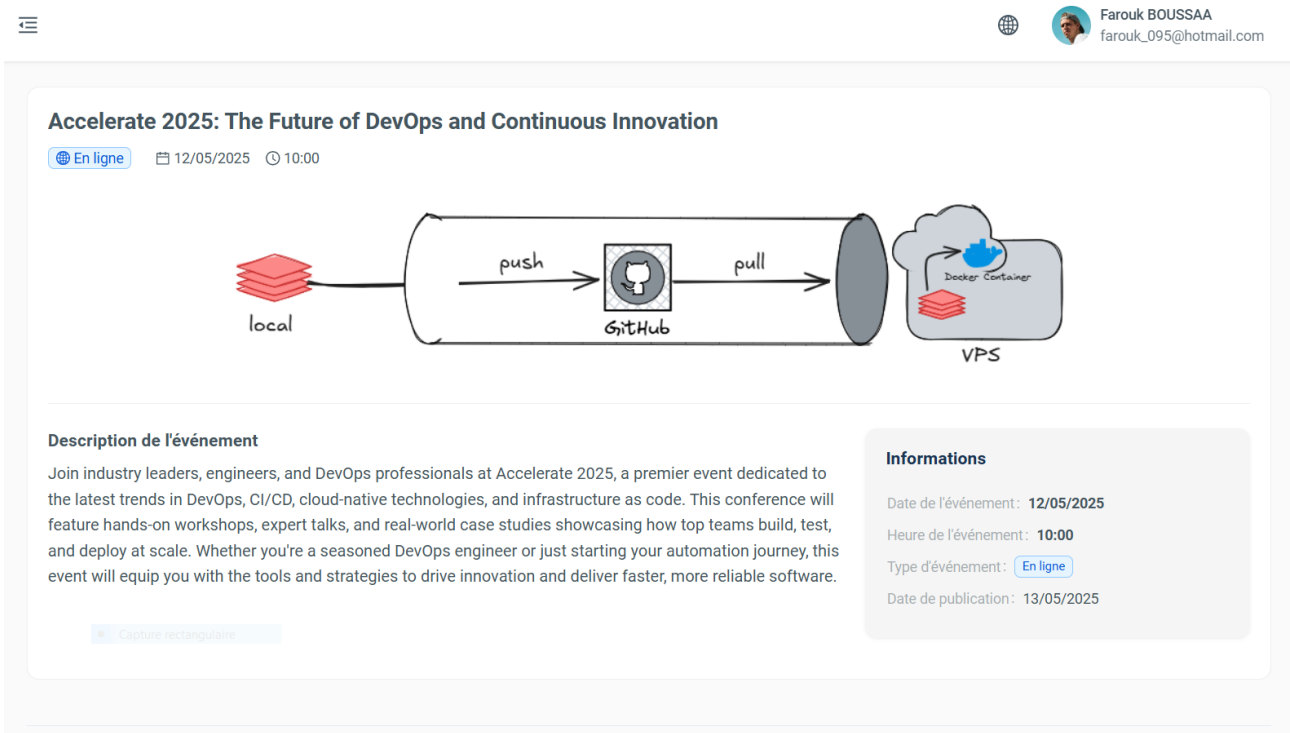


FIGURE 4.6 – Interface des détails d’un événement

Interface de consultation de la liste des cours de soutien

La Figure 4.7 montre l'interface dédiée à l'affichage de la liste des cours de soutien.

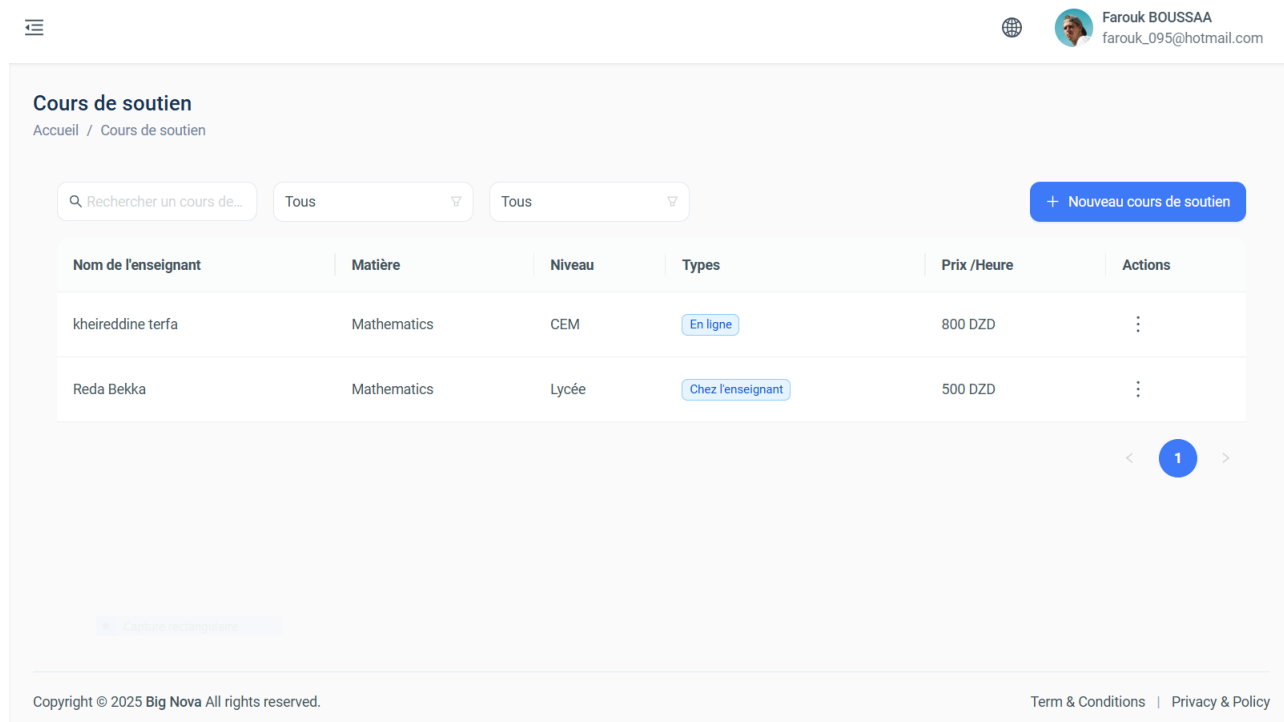


FIGURE 4.7 – Interface d'affichage de la liste des cours de soutien

Après avoir validé les objectifs du Sprint 2 lors de la revue avec le Product Owner, nous engageons le Sprint 3 en nous focalisant sur les fonctionnalités clés pour les apprenants et visiteurs. Comme pour chaque itération, les livrables seront présentés en démonstration au Product Owner lors de la sprint review, afin de valider l'adéquation avec les besoins et d'avoir des feedbacks pour l'ajustement.

4.3 Sprint 3 : Intégration de l'Apprenant & du Visiteur

Ce troisième sprint, avec **quatre semaines** de durée estimée, marque une étape essentielle dans notre projet : la mise en œuvre de la plateforme dédiée aux clients. Dans ce sprint, nous nous intéresserons principalement aux acteurs **Apprenant** et **Visiteur**.

L'objectif principal est de permettre aux apprenants de consulter les offres, de s'inscrire à des formations et à des cours de soutien, ainsi que d'acheter l'accès à des tutoriels. Le visiteur, quant à lui, pourra naviguer librement sur la plateforme afin de découvrir les services proposés.

Nous débuterons par la présentation du *sprint backlog*, précédée d'un diagramme de cas

d'utilisation illustrant les fonctionnalités à développer. Ensuite, nous structurerons notre démarche à l'aide de diagrammes UML, afin de modéliser clairement les composants du système.

Enfin, nous conclurons ce sprint par une présentation des fonctionnalités développées, illustrant les principales interactions disponibles pour ces deux types d'utilisateurs.

4.3.1 Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 3

La Figure 4.8 représente le diagramme de cas d'utilisation qui illustre les différents cas d'utilisation associés aux tâches prévues pour le sprint en cours.

Fonctionnalité	Tâches	Responsable	Priorité	Durée
Consultation du site et des offres	Concevoir l'interface publique d'accueil du site.	YA	Haute	6j
	Afficher la liste des offres disponibles (formations, cours de soutien, tutoriels, ia).	YA	Haute	
Gestion du compte étudiant	Implémenter l'API d'inscription	KT	Haute	6j
	Créer l'interface d'inscription	YA	Haute	
	Implémenter l'API de connexion	KT	Haute	
	Créer l'interface de connexion.	YA	Haute	
	Créer l'API "mot de passe oublié"	KT	Haute	
	Créer la page "mot de passe oublié"	YA	Haute	
	Créer l'API de mise à jour des informations personnelles	KT	Haute	
	Créer la page "profil étudiant" permettant de modifier les informations personnelles.	YA	Haute	
	Créer l'API de changement de mot de passe	KT	Haute	
	Créer le composant UI "modifier le mot de passe"	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de gestion du compte étudiant	YA + KT	Haute	
Inscriptions aux parcours éducatifs	Implémenter l'API d'inscription aux formations.	KT	Haute	12j
	Créer un formulaire d'inscription pour les formations.	YA	Haute	
	Implémenter l'API d'inscription aux cours de soutien.	KT	Haute	
	Créer un formulaire d'inscription pour les cours de soutien.	YA	Haute	
	Implémenter l'API d'inscription aux tutoriels.	KT	Haute	
	Créer un formulaire d'inscription pour les tutoriels.	YA	Haute	
	Tester l'ensemble de flux d'inscriptions aux parcours éducatifs	YA + KT	Haute	
Validation des inscriptions aux parcours éducatifs	Créer une API pour la validation des inscriptions	KT	Haute	5j
	Créer les pages et les composants UI pour la validation des inscriptions	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de la Validation des inscriptions aux parcours éducatifs	KT + YA	Haute	
Durée estimée du sprint				29 jours

TABLE 4.2 – Sprint Backlog du Sprint 3

La Figure 4.9 présente la planification temporelle des différents epics¹ définis pour ce sprint.

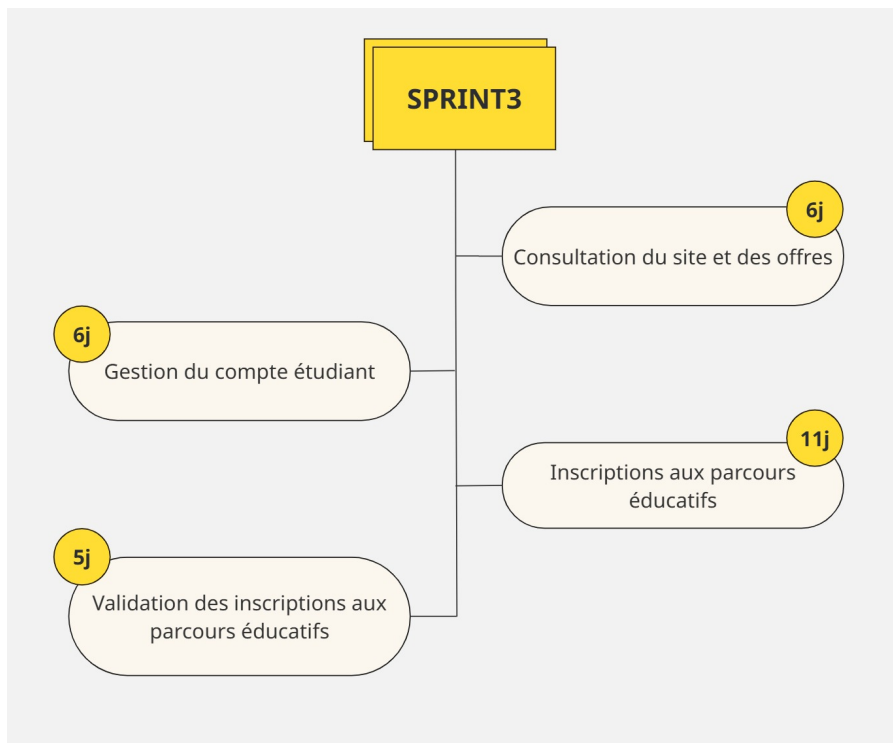


FIGURE 4.9 – Décomposition temporelle du sprint 3

4.3.3 Présentation des diagrammes de séquence du Sprint 3

Dans le cadre de ce sprint, nous présentons les diagrammes de séquence associés aux cas d'utilisation des trois fonctionnalités clés suivantes :

- Inscription en tant qu'apprenant (SignUp)
- Connexion en tant qu'apprenant (Login)
- Inscription d'un apprenant à une formation

Inscription en tant qu'apprenant (SignUp)

Le diagramme de séquence représentant ce cas d'utilisation est disponible en annexe (voir Figure A.8). Il illustre le processus d'inscription d'un visiteur en tant qu'apprenant sur la plateforme, depuis la page d'accueil jusqu'à la création de son compte :

- Le visiteur clique sur "Inscription" depuis la page d'accueil.
- L'interface d'inscription (`SignUpInterface`) est activée.
- L'utilisateur remplit le formulaire et valide son inscription.

1. Epic : désigne un ensemble de tâches ou de user stories liées entre elles, regroupées sous un même objectif fonctionnel ou thématique.

- Le contrôleur `StudentCtrl` reçoit la demande et effectue des vérifications via une requête au modèle `Student`.
- Si les données sont invalides :
 - Une boucle permet jusqu'à cinq tentatives de correction.
 - Un message d'erreur est affiché à l'utilisateur.
- Si les données sont valides :
 - Une instance de l'apprenant est créée.
 - Un message de bienvenue est envoyé par mail.
 - Un message de succès s'affiche à l'écran.
- L'utilisateur est redirigé automatiquement vers l'interface de connexion (`LoginInterface`).

Connexion d'un apprenant (Login)

La Figure 4.10 représente le processus d'authentification d'un visiteur qui souhaite se connecter en tant qu'apprenant à la plateforme.

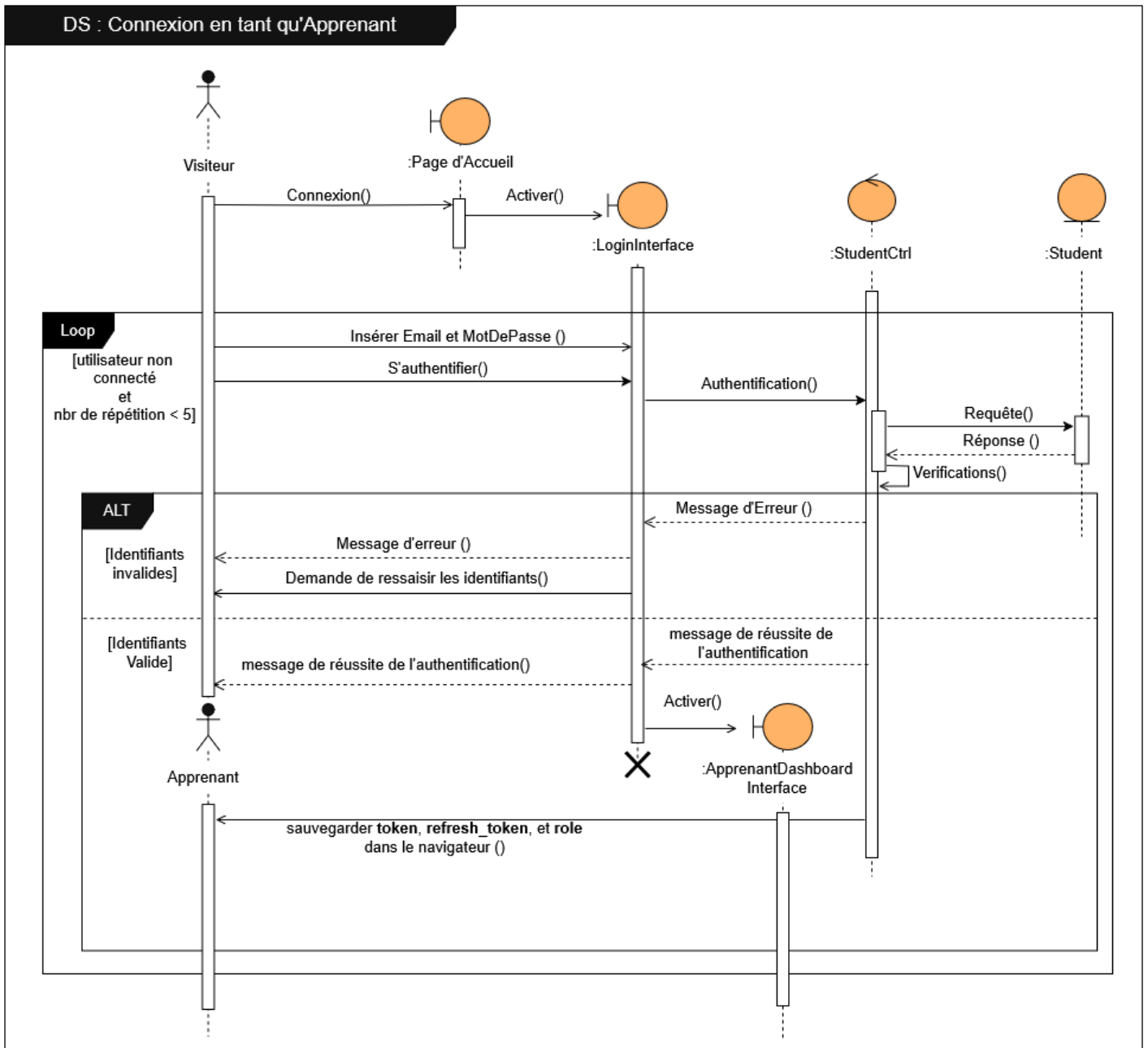


FIGURE 4.10 – Diagramme de séquence : Se connecter en tant qu'apprenant.

Inscription d'un apprenant à une formation

La Figure 4.11 décrit le processus par lequel un apprenant s'inscrit à une formation depuis l'interface de gestion jusqu'à la validation de l'inscription.

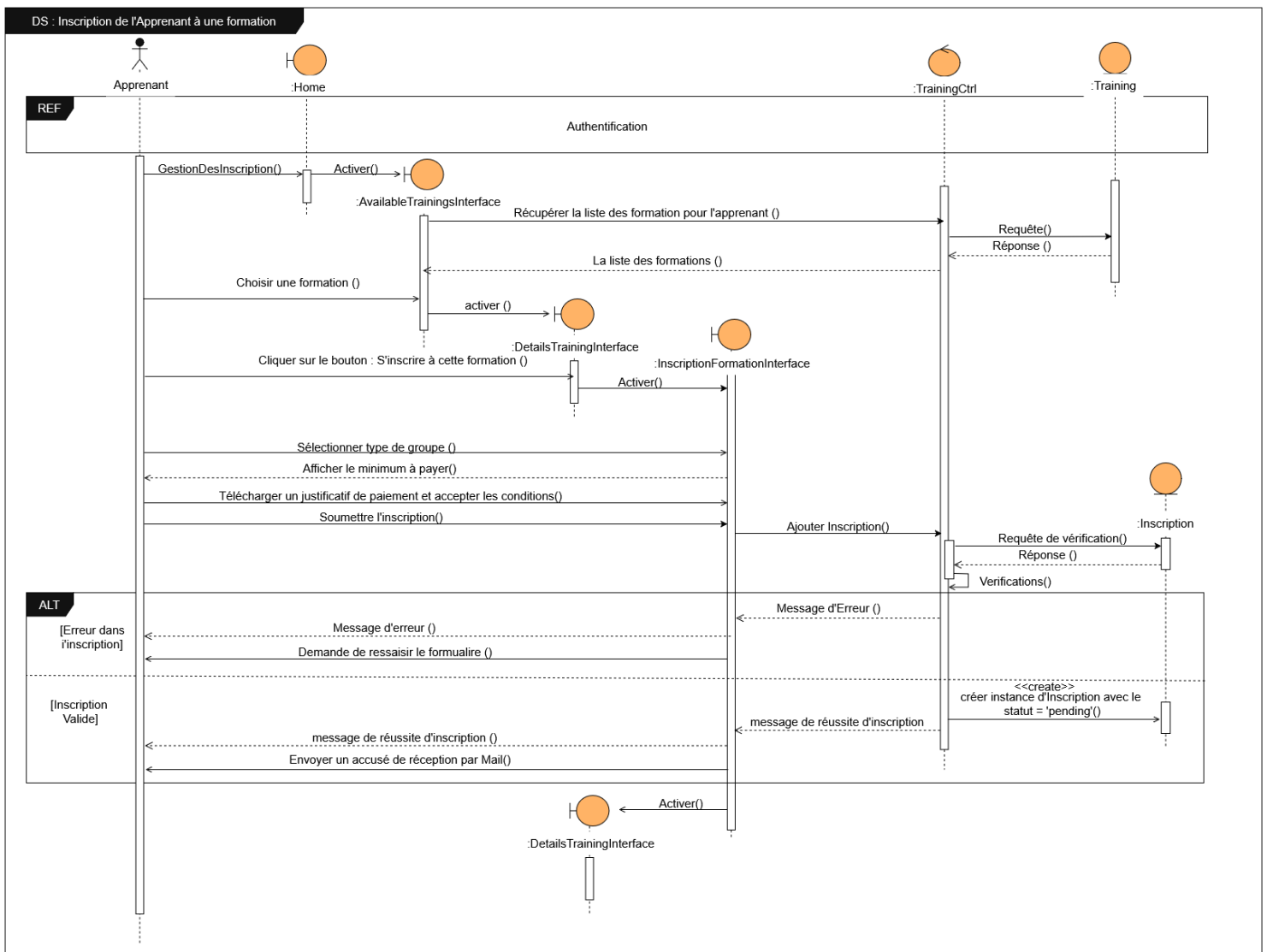


FIGURE 4.11 – Diagramme de séquence : Inscription d’un apprenant à une formation.

4.3.4 Diagramme de classe du Sprint 3

Le diagramme de classes représentant les entités développées ou mises à jour au cours de ce sprint est disponible en annexe (voir Figure A.3).

4.3.5 Adaptations et améliorations durant le sprint

Durant l’implémentation des fonctionnalités d’inscription, nous avons identifié une lacune importante dans notre modélisation initiale concernant la gestion tarifaire. Le système ne permettait pas de différencier correctement les prix entre : Les cours de soutien et formations suivies en **groupe** et celles suivies en **particulier**.

Cette problématique a émergé lors d’une réunion de suivi avec le Product Owner, mettant

en lumière un besoin métier non anticipé lors de la conception initiale. Ça nous a conduits aux ajustements suivants :

- Une refonte partielle des modèles de données pour introduire une structure tarifaire flexible.
- La modification des processus d'inscription pour prendre en compte ces variations.

Impact sur le planning :

Ces ajustements ont nécessité le **report** de l'épic "*Validation des inscriptions aux parcours éducatifs*" au sprint suivant, afin de respecter les délais des autres fonctionnalités critiques et permettre une refactorisation propre de l'architecture.

4.3.6 Vue des interfaces utilisateur

Afin d'illustrer l'incrément du troisième sprint, nous présentons certaines interfaces développées durant cette itération.

Interface d'inscription d'un apprenant

La Figure 4.12 présente la page d'inscription dédiée aux apprenants.

Student Login Student Sign up

Créer un compte

Vous avez déjà un compte ? [Se connecter](#)

Photo de profil (optionnelle)

Télécharger

* Nom complet

* Email

* Numéro de téléphone

* Adresse

* Date de naissance

* Numéro de carte d'identité

* Sexe

Groupe sanguin

Devise préférée

Comment avez-vous entendu parler de nous ?

Sécurité du compte

* Mot de passe

* Confirmer le mot de passe

J'accepte les conditions d'utilisation et la politique de confidentialité

S'inscrire

FIGURE 4.12 – Interface d'inscription en tant qu'apprenant

Interface profil de l'apprenant

La Figure 4.13 montre l'espace personnel de l'apprenant, plus précisément la page de profil où il peut consulter et modifier ses informations.

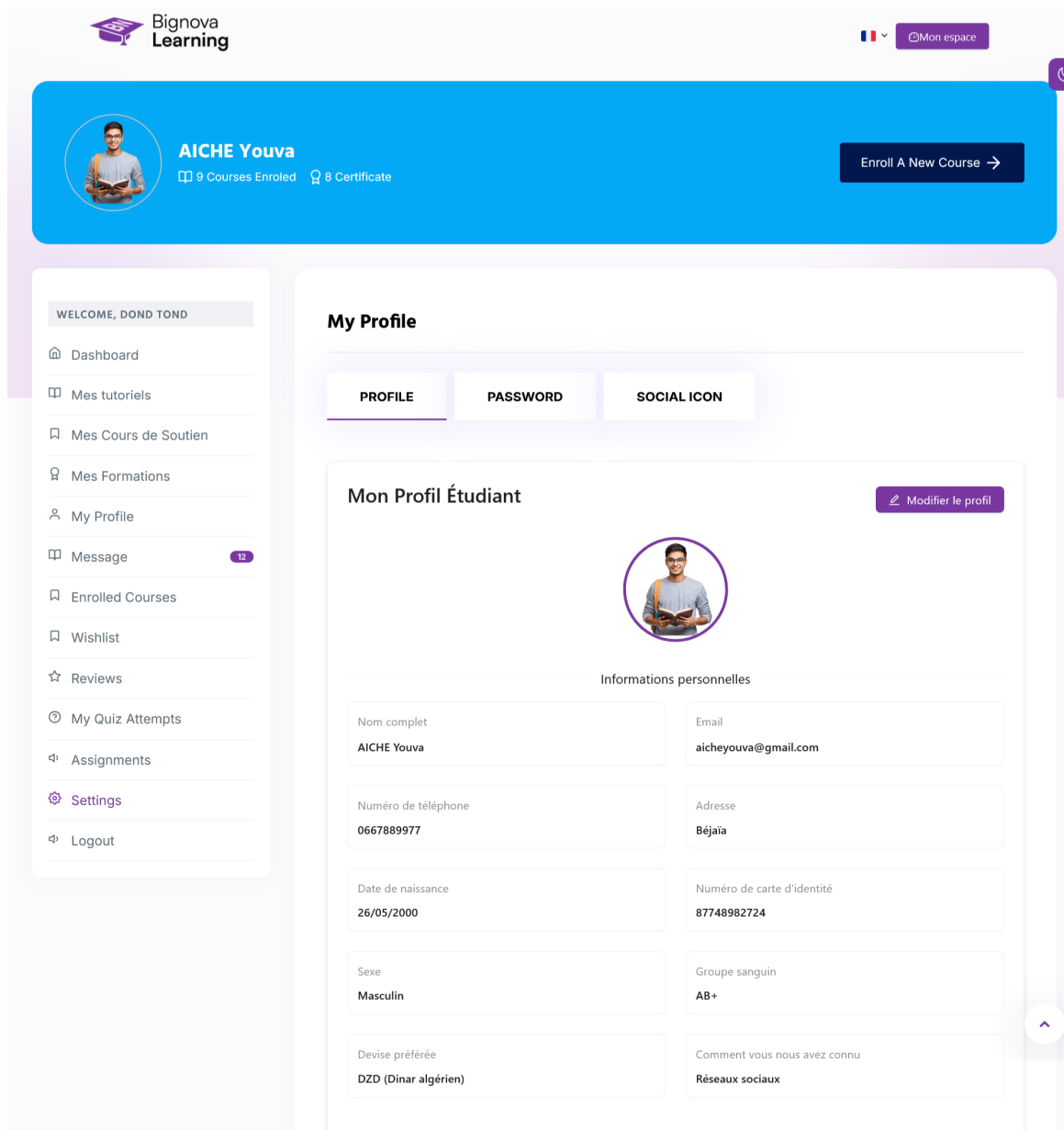


FIGURE 4.13 – Interface profil de l'apprenant

Interface d'inscription à un cours de soutien

La Figure 4.14 illustre le formulaire d'inscription à un cours de soutien. L'apprenant connecté peut y sélectionner le type d'enseignement et le nombre de séances, puis téléverser un justificatif de paiement.

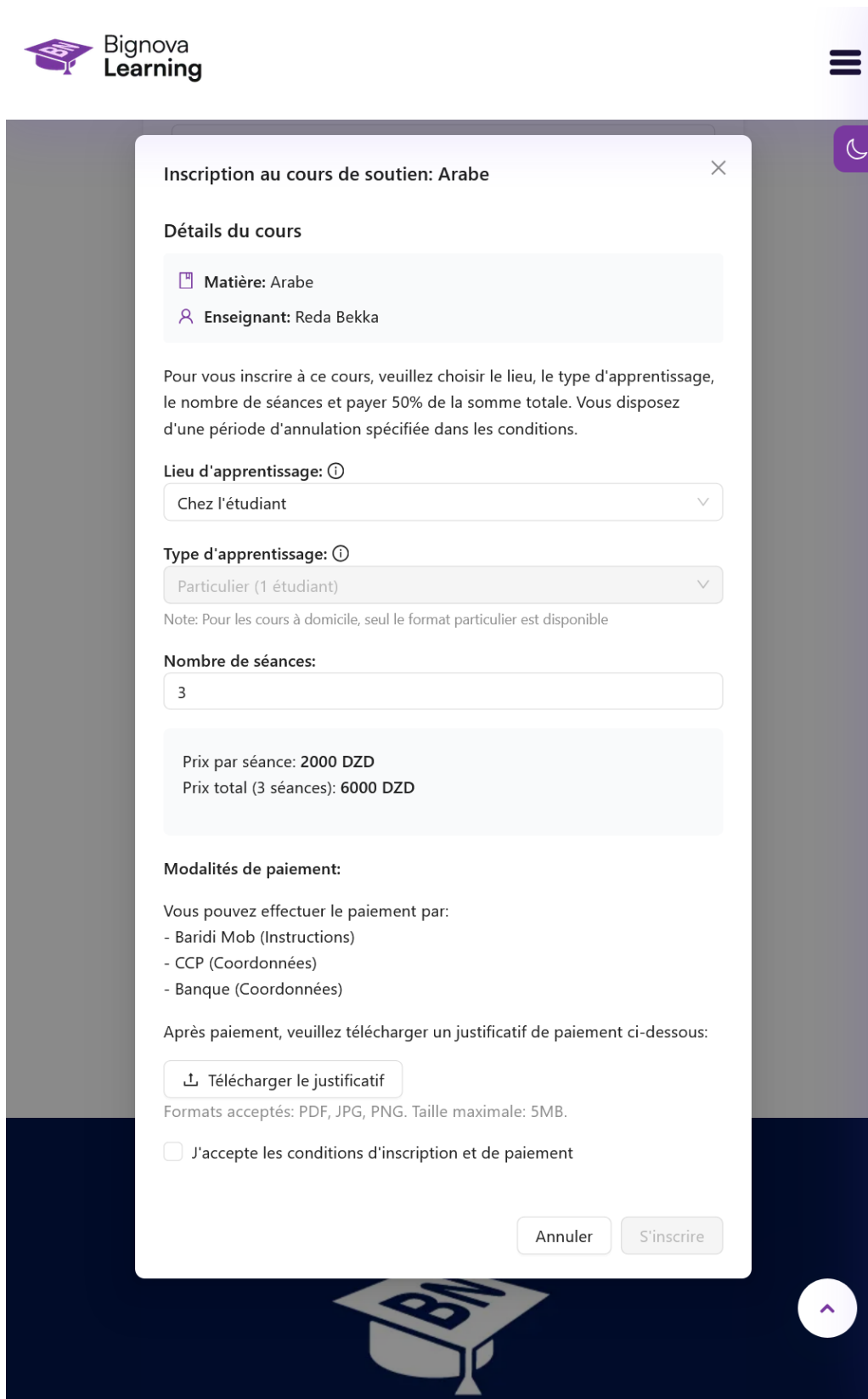


FIGURE 4.14 – Interface d'inscription à un cours de soutien

Ceci marque la fin du Sprint 3. L'équipe de développement organisera une démonstration

avec le Product Owner pour :

- Présenter les fonctionnalités implémentées
- Recueillir ses retours
- Identifier les éventuels ajustements nécessaires

Cette revue permettra de valider les livrables et d'orienter les améliorations pour les prochaines itérations.

4.4 Conclusion

Ce chapitre a présenté les réalisations clés des Sprints 2 et 3 dans le développement de BigNova Learning. Le Sprint 2 a jeté les bases techniques et administratives nécessaires, tandis que le Sprint 3 a concrétisé les premières fonctionnalités destinées aux apprenants et aux visiteurs. Chaque sprint s'est conclu par une revue avec le Product Owner, permettant de valider les livrables et d'intégrer rapidement les retours utilisateurs.

L'application rigoureuse de la méthodologie Scrum s'est révélée particulièrement efficace pour maintenir notre cadence de développement tout en conservant la flexibilité nécessaire. Les défis techniques rencontrés, comme la refonte du modèle tarifaire lors du Sprint 3 4.3.5, ont été surmontés grâce à une collaboration étroite entre l'équipe de développement et les parties prenantes métier.

Le chapitre suivant présentera les Sprints 4 et 5, axés principalement sur l'acteur Enseignant et ses fonctionnalités dédiées, ainsi que sur l'évolution des outils de gestion pédagogique et administrative.

Sprints 4 & 5

5.1 Introduction

Ce chapitre aborde les Sprints 4 et 5, se focalisant sur l'acteur Enseignant et l'optimisation des fonctionnalités existantes. Le Sprint 4 sera principalement dédié à la conception et à l'implémentation des outils pédagogiques destinés aux enseignants, leur permettant de gérer leurs comptes, de créer des contenus et de les gérer. Le Sprint 5, quant à lui, permettra de consolider les aspects administratifs et d'améliorer ainsi l'expérience globale de la plateforme.

5.2 Sprint 4 : Espace Enseignant & Validation des Parcours

Le Sprint 4, d'une durée de **quatre semaines**, marque une étape clé dans le développement de BigNova Learning avec l'intégration des fonctionnalités dédiées à l'acteur Enseignant. Ce sprint combine deux objectifs principaux : la finalisation du module de validation des inscriptions des apprenants aux parcours éducatifs, reporté depuis le Sprint 3, et la mise en place de l'espace enseignant.

Comme pour les sprints précédents, nous débiterons par la présentation du diagramme de cas d'utilisation illustrant les fonctionnalités à développer. Le sprint backlog viendra ensuite détailler les tâches planifiées, accompagné de quelques diagrammes UML. Enfin, nous présenterons les interfaces utilisateur clés développées au cours de ce sprint.

5.2.1 Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 4

Le diagramme de cas d'utilisation présenté dans la Figure 5.1 illustre les fonctionnalités spécifiques au rôle Enseignant développées durant ce sprint. À noter que les cas d'utilisation liés à la validation des inscriptions des apprenants, déjà modélisés lors du Sprint 3, ne figurent pas dans ce diagramme afin d'en conserver la lisibilité et d'éviter les répétitions.

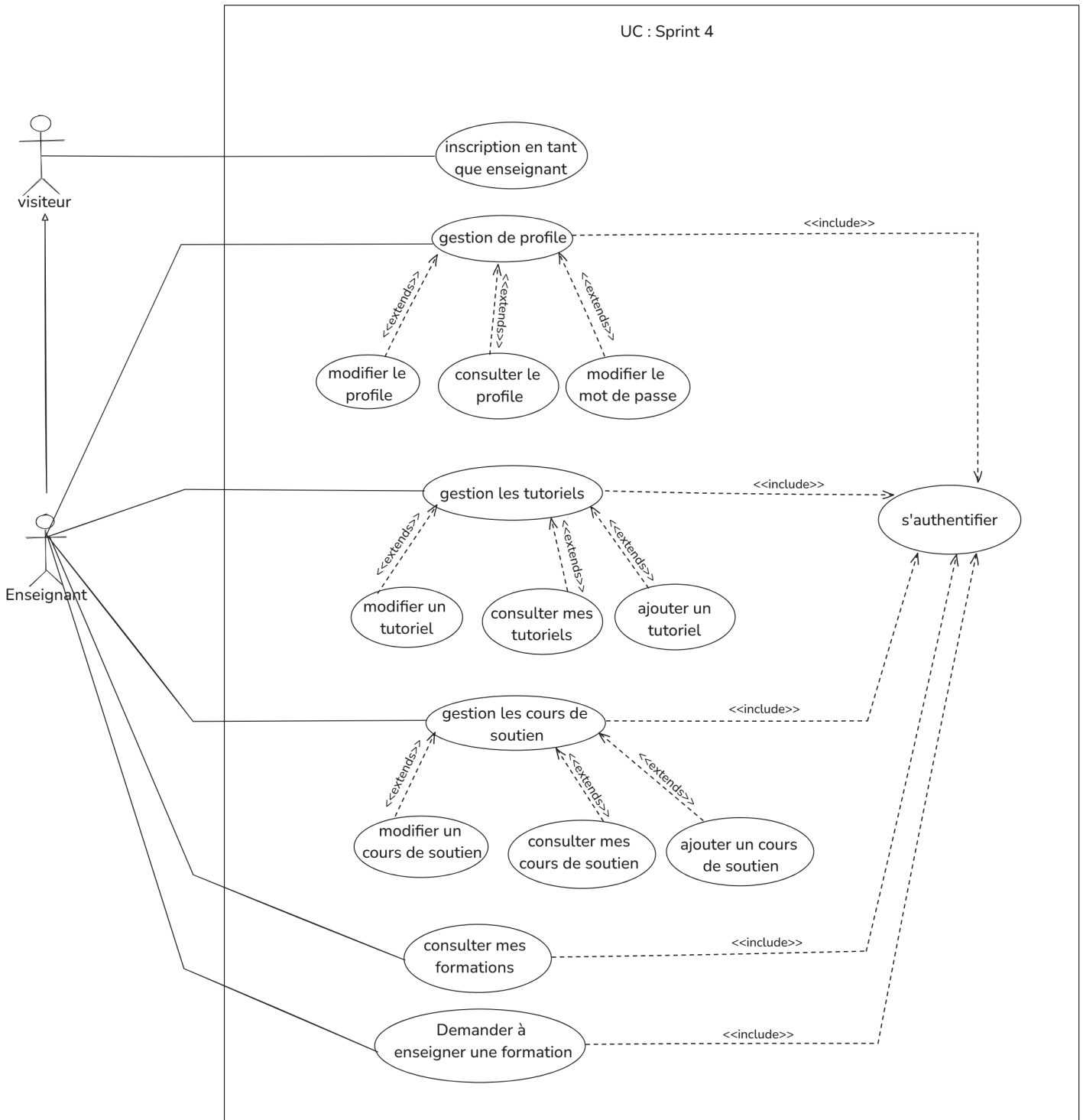


FIGURE 5.1 – Diagramme de cas d'utilisation du sprint 4

Le diagramme de cas d'utilisation étant défini, nous procédons maintenant à l'établissement du Sprint Backlog. Ce dernier détaillera l'ensemble des tâches à réaliser, avec leurs priorités, durées estimées et responsables désignés, structurant ainsi notre plan d'exécution pour cette itération.

5.2.2 Sprint Backlog

Le tableau 5.1 présente le backlog complet du Sprint 4, comprenant les nouvelles tâches dédiées à l'espace enseignant ainsi que les éléments reportés du Sprint 3 relatifs à la validation des inscriptions. Cette planification unifiée permet d'avoir une vision exhaustive des fonctionnalités

Fonctionnalité	Tâches	Responsable	Priorité	Durée
Validation des inscriptions aux parcours éducatifs	Créer une API pour la validation des inscriptions	KT	Haute	5j
	Créer les pages et les composants UI pour la visualisation et la validation des inscriptions	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de la Validation des inscriptions aux parcours éducatifs	KT + YA	Haute	
Gestion du compte enseignant	Implémenter l'API d'inscription et connexion enseignant	KT	Haute	6j
	Développer l'interface d'inscription	YA	Haute	
	Créer l'API de gestion du profil enseignant : modifier profil, changer mot de passe, etc.	KT	Haute	
	Développer les interfaces de l'espace enseignant	YA	Haute	
Gestion des tutoriels pour l'enseignant	Implémenter l'API de gestion de tutoriels pour l'enseignant	KT	Haute	7j
	Développer les interfaces de l'espace tutoriel pour l'enseignant : voir, ajouter, modifier, etc	KT	Haute	
	Tester le flux complet des tutoriels	YA + KT	Moyenne	
Gestion des cours de soutien pour l'enseignant	Implémenter l'API de gestion de cours de soutien pour l'enseignant	KT	Haute	7j
	Développer les interfaces de l'espace cours de soutien pour l'enseignant : voir, ajouter, modifier, etc.	KT	Haute	
	Tester le flux complet des cours de soutien	YA + KT	Moyenne	
Demande d'enseignement	Implémenter l'API de soumission des demandes	KT	Haute	3j
	Développer les interfaces de l'espace formation pour l'enseignant : voir mes formations, demander à enseigner, etc.	YA	Haute	
	Tester le flux des demandes	YA+KT	Moyenne	
Durée estimée du sprint				28 jours

TABLE 5.1 – Sprint Backlog du Sprint 4

Nous présentons dans la Figure 5.2 une décomposition graphique du sprint afin de visualiser la répartition temporelle des différentes tâches planifiées,



FIGURE 5.2 – Décomposition temporelle du sprint 4

Pour approfondir la compréhension de quelques cas d'utilisation identifiés, nous avons modélisé les interactions entre les acteurs et le système à l'aide de diagrammes de séquence.

5.2.3 Présentation des diagrammes de séquence du Sprint 4

Afin de simplifier et clarifier la compréhension de quelques cas d'utilisation, nous allons en décrire deux à l'aide de diagrammes de séquence :

- Demander à enseigner une formation
- Valider l'inscription d'un apprenant à un tutoriel

Demander à enseigner une formation

Le diagramme de séquence du cas d'utilisation *Demander à enseigner une formation*, illustre le processus par lequel un enseignant (instructor) effectue une demande pour enseigner une formation disponible sur la plateforme, est présenté en annexe (**voir Figure A.9**).

- L'enseignant accède à son tableau de bord (Dashboard) et sélectionne « Mes Formations ».
- L'interface `MyTrainingsInterface` est activée et récupère la liste des formations qu'il peut potentiellement enseigner.

- L'enseignant clique sur le bouton « Demander à enseigner ».
- L'interface `TrainingsToTeachInterface` est activée et affiche les formations auxquelles il peut s'inscrire en tant qu'enseignant.
- L'enseignant sélectionne la formation souhaitée, valide, puis confirme sa demande.
- La demande est transmise à `TrainingCtrl` et au modèle `Training`.
- Deux cas sont possibles (bloc ALT) :
 - **Erreur** : un message d'erreur s'affiche.
 - **Succès** :
 - L'instructeur est ajouté à la formation avec un statut « pending ».
 - Un message de succès est affiché à l'utilisateur.

Valider l'inscription d'un apprenant à un tutoriel

La Figure 5.3 représente le diagramme de séquence du cas d'utilisation : Valider l'inscription d'un apprenant à un tutoriel.

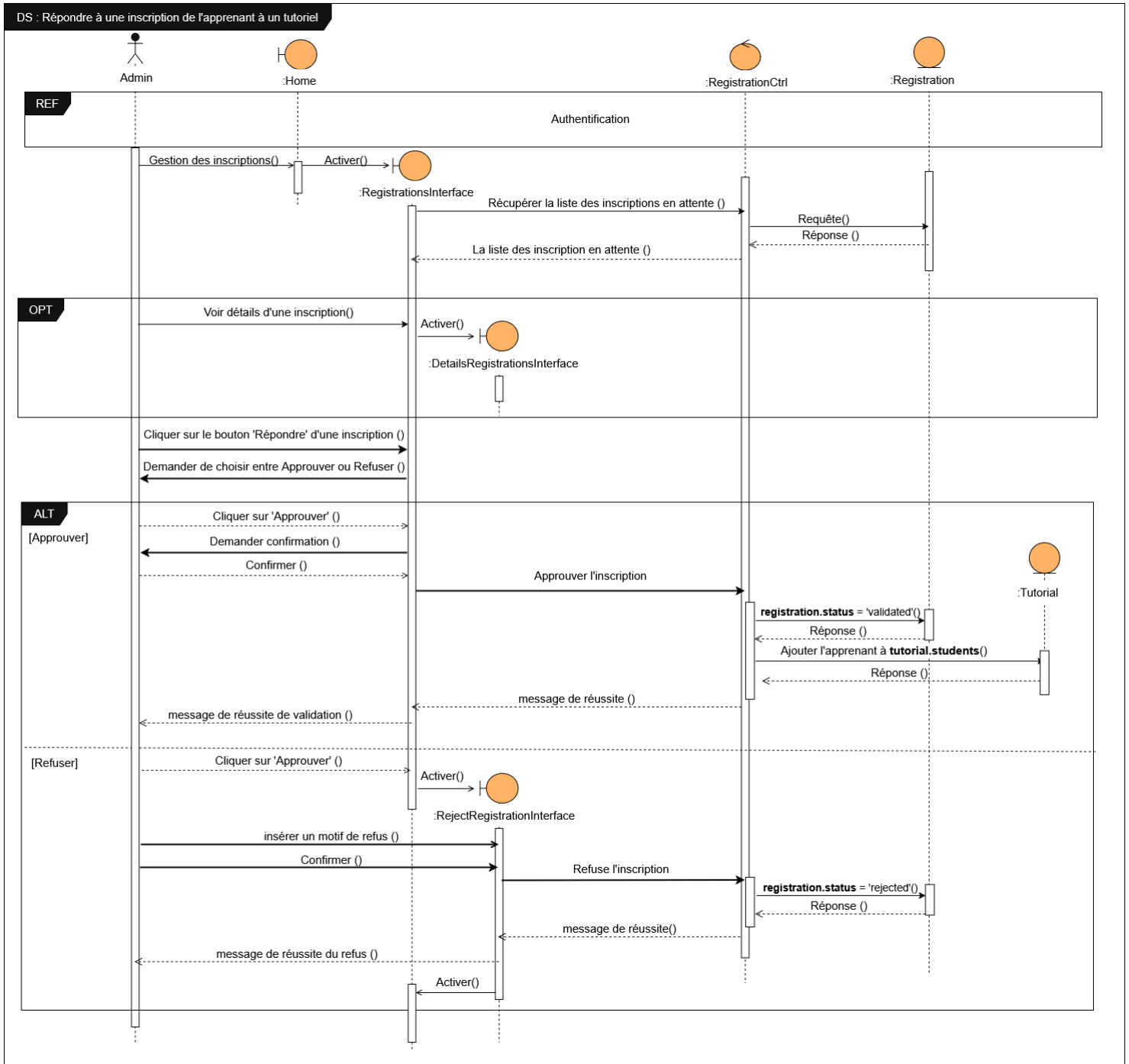


FIGURE 5.3 – Diagramme de séquence : Valider l’inscription d’un apprenant à un tutoriel.

En complément des diagrammes de séquence, le diagramme de classe suivant permet de visualiser la structure statique entités du système développées durant ce sprint.

5.2.4 Diagramme de classe du Sprint 4

La Figure 5.4 montre les classes principales du système définies pendant le Sprint 4.

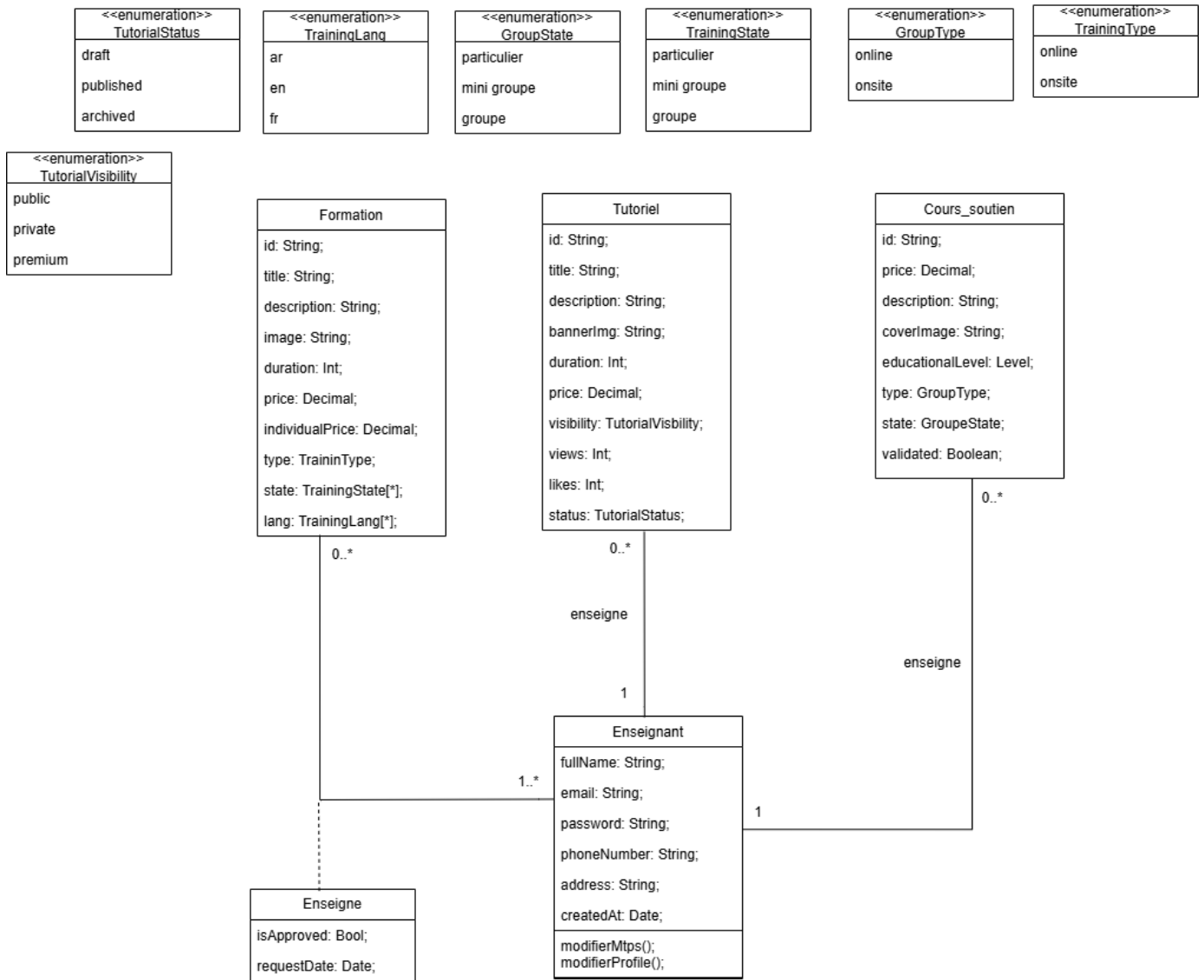


FIGURE 5.4 – Diagramme de classes du Sprint 4

Grâce aux diagrammes définis précédemment et au travail acharné de l'équipe de développement, nous avons pu implémenter avec succès les fonctionnalités planifiées et réaliser l'ensemble des tâches prévues pour ce sprint.

5.2.5 Vue des interfaces utilisateur

Dans cette section, nous présentons certaines interfaces utilisateur des fonctionnalités développées au cours du Sprint 4.

Interface de consultation de l'historique des inscriptions

La Figure 5.5 illustre l'interface dédiée à la consultation de l'historique des inscriptions, dotée d'un filtre et d'une barre de recherche pour faciliter l'expérience utilisateur.

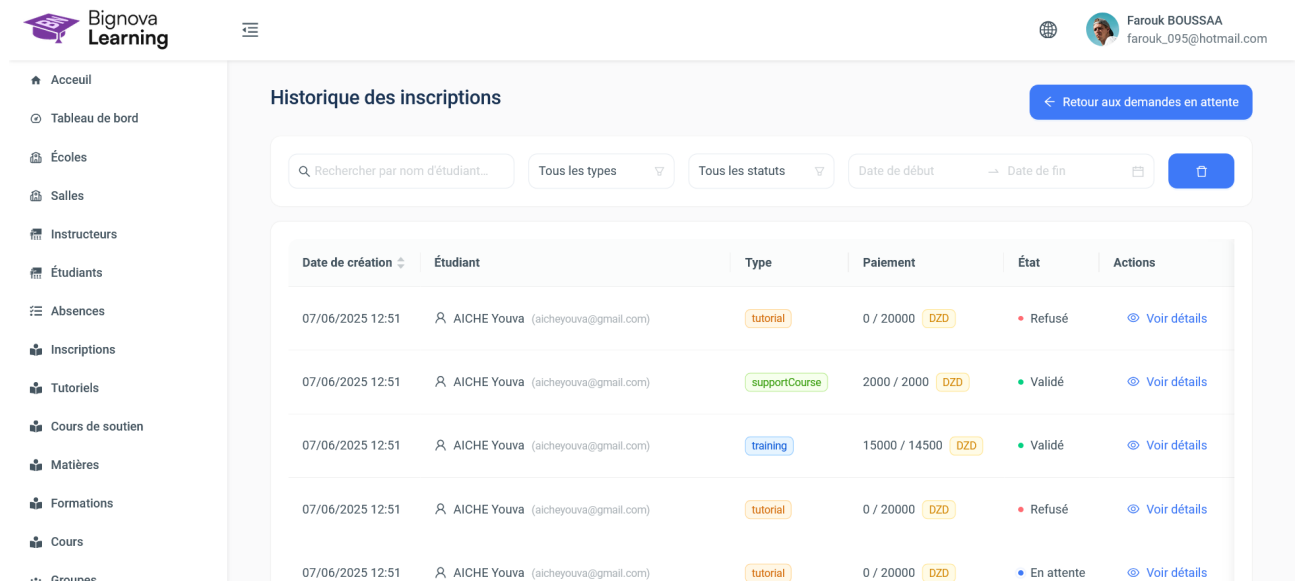


FIGURE 5.5 – Interface de consultation de l’historique des inscriptions

Interface d’ajout d’un cours de soutien pour l’enseignant

La Figure 5.6 illustre l’interface dédiée à l’ajout d’un cours de soutien pour l’enseignant.

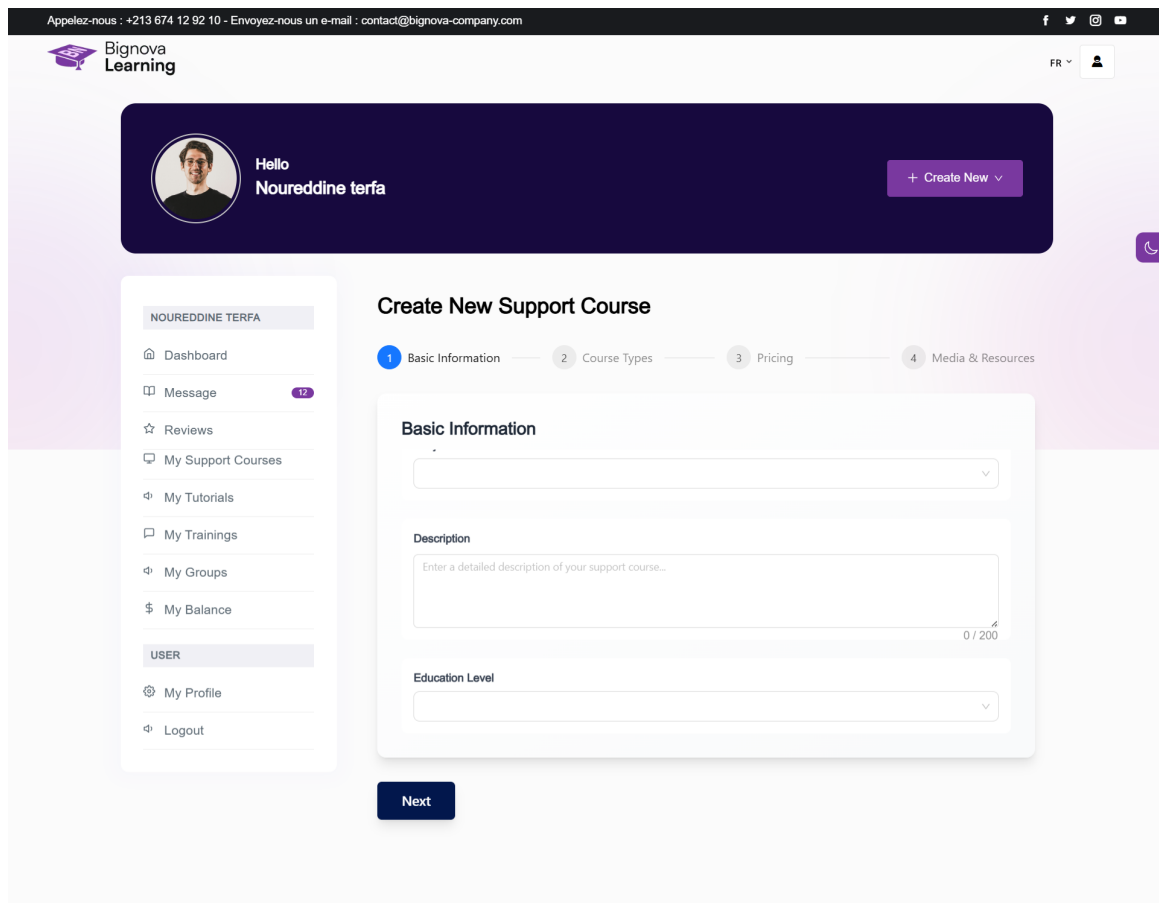


FIGURE 5.6 – Interface d’ajout d’un cours de soutien pour l’enseignant

Interface des détails d'un tutoriel pour l'enseignant

La Figure 5.7 illustre l'interface dédiée à la consultation des détails d'un tutoriel pour l'enseignant.

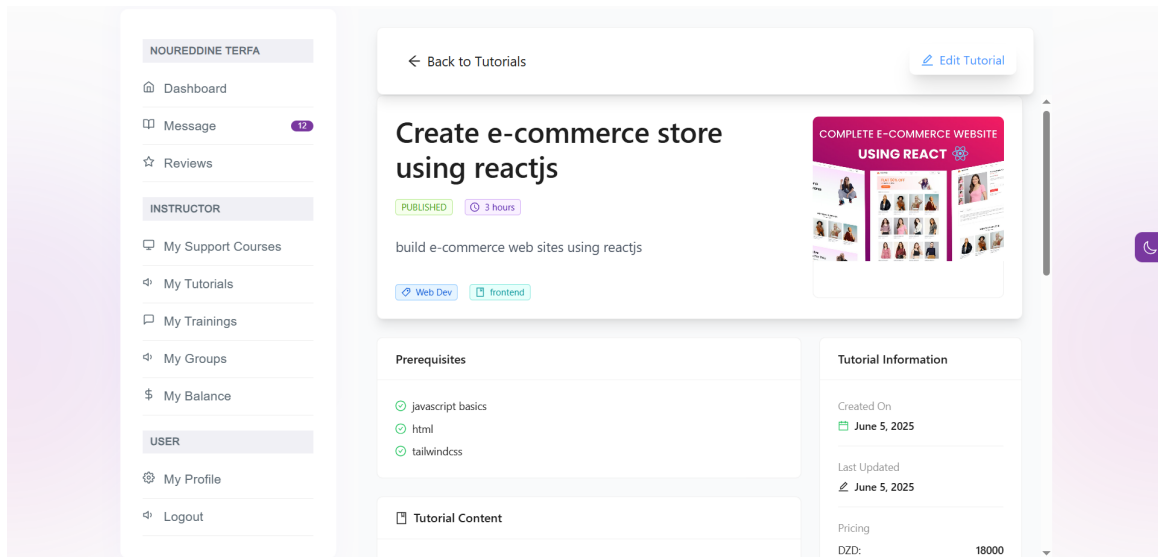


FIGURE 5.7 – Interface des détails d'un tutoriel pour l'enseignant

Après avoir validé les objectifs du Sprint 4 lors de la Sprint Review, nous engageons le Sprint 5 en nous focalisant sur les fonctionnalités clés pour la gestion des séances et validation des contenus éducatifs introduits par l'enseignant.

5.3 Sprint 5 : Validation des Contenus et Optimisations Administratives

Le Sprint 5, d'une durée de **quatre semaines**, poursuit le développement de BigNova Learning en se concentrant sur deux axes principaux : la validation des contenus pédagogiques et l'amélioration des outils de gestion. Cette itération introduit des mécanismes de validation pour les contenus pédagogiques proposés par les enseignants, tout en développant des fonctionnalités diverses incluant :

- La gestion des créneaux horaires avec des interfaces distinctes pour l'administration et la consultation
- Le suivi des rémunérations des enseignants
- Des tableaux de bord statistiques dédiés aux formateurs
- L'optimisation des espaces personnels pour les enseignants

Conformément à notre approche méthodologique, nous présenterons dans un premier temps le diagramme de cas d'utilisation spécifique à ce sprint. Le détail du sprint backlog viendra ensuite préciser l'organisation des tâches, suivi des diagrammes UML illustrant l'architecture technique. Nous concluons par une présentation des fonctionnalités clés réalisées au cours de cette itération.

Ces développements préparent l'intégration finale du module d'IA prévue dans le prochain sprint, tout en consolidant les fonctionnalités existantes de la plateforme.

5.3.1 Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 5

La Figure 5.8 représente le diagramme de cas d'utilisation qui illustre les différents cas d'utilisation associés aux tâches prévues pour le sprint en cours.

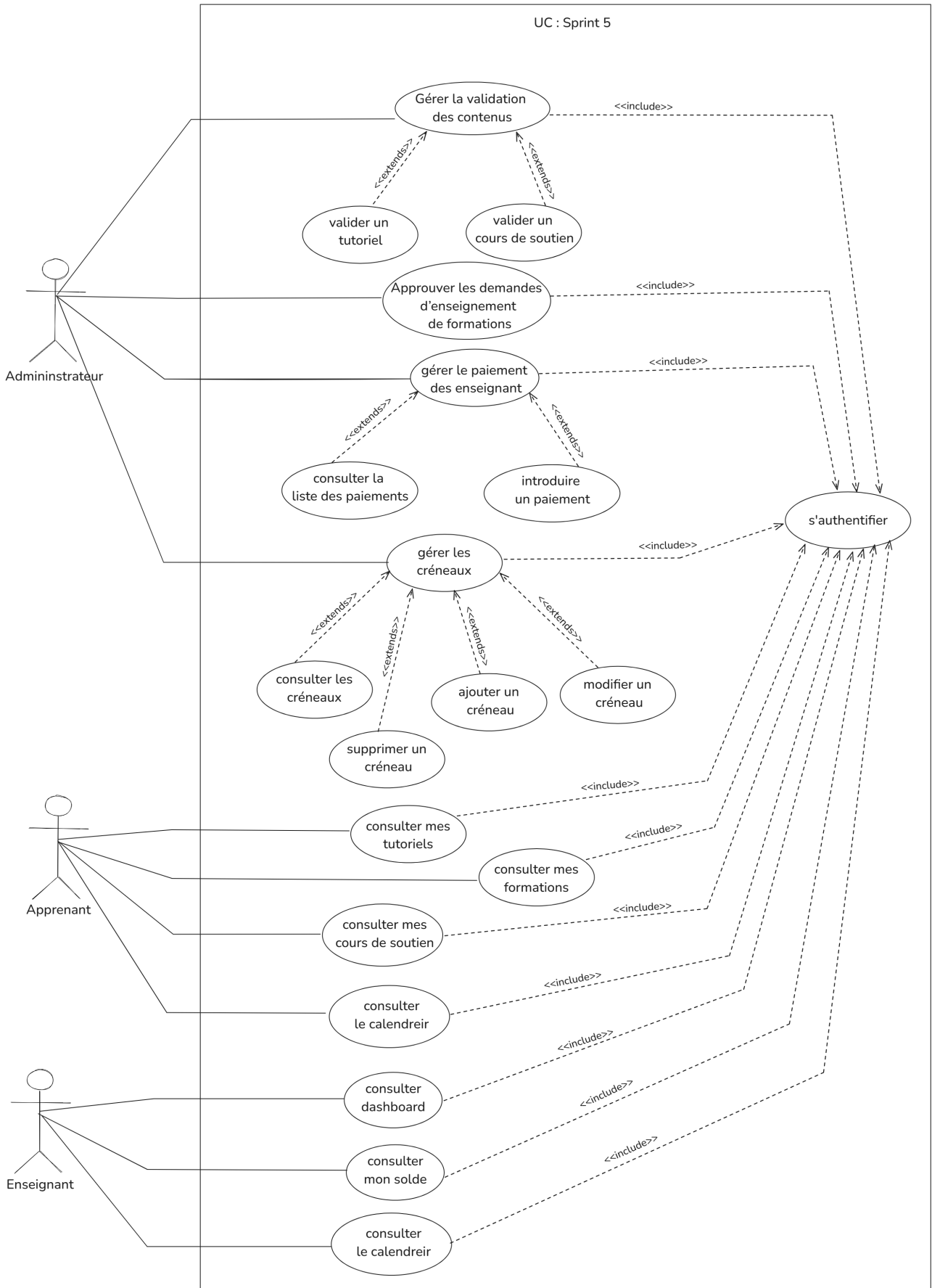


FIGURE 5.8 – Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 5

5.3.2 Sprint Backlog

Le tableau 5.2 illustre le backlog du Sprint 5, en présentant les tâches planifiées, leur durée

Fonctionnalité	Tâches	Responsable	Priorité	Durée
Consultation des parcours éducatifs à lesquels l'apprenant est inscrit	Implémenter l'API de consultation des parcours à lesquels l'apprenant a accès.	KT	Haute	6j
	Créer les interfaces pour la consultation des parcours éducatifs(mes cours de soutien, mes formation et mes tutoriel).	YA	Haute	
La validation des demandes d'enseignement des formations	Implémenter l'API pour la validation des demandes d'enseignement des formations	KT	Haute	3j
	Créer l'interface pour la validation des demandes d'enseignement des formations	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de la validation des demandes	YA + KT	Haute	
Gestion de la validation des cours de soutien et tutoriels	Implémenter l'API pour la validation du contenu des cours de soutien et tutoriels.	KT	Haute	5j
	Créer l'interface de la validation des cours de soutien et tutoriels.	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de gestion de la validation des cours de soutien et des tutoriels	YA + KT	Haute	
Gestion de paiement pour l'enseignant	Développer une API pour calculer les soldes issus des inscriptions des apprenants	KT	Haute	3j
	Concevoir l'interface d'ajout et de visualisation des paiements	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de gestion de paiement pour l'enseignant	KT + YA	Haute	
Gestion des créneaux	Implémenter l'API de gestion des créneaux (CRUD)	KT	Haute	7j
	Créer l'interface d'ajout et de modification des créneaux horaires	YA	Haute	
	Tester l'ensemble du flux de Gestion des créneaux	KT + YA	Haute	
Gestion des statistiques et calendrier	Implémenter l'API pour récupérer les statistiques globales	KT	Haute	4j
	Créer une interface de visualisation des statistiques (graphiques, totaux, filtres, calendrier)	YA	Haute	
Durée estimée du sprint				28 jours

TABLE 5.2 – Sprint Backlog du Sprint 5

La Figure 5.9 présente la planification temporelle des différents epics définis pour ce sprint.

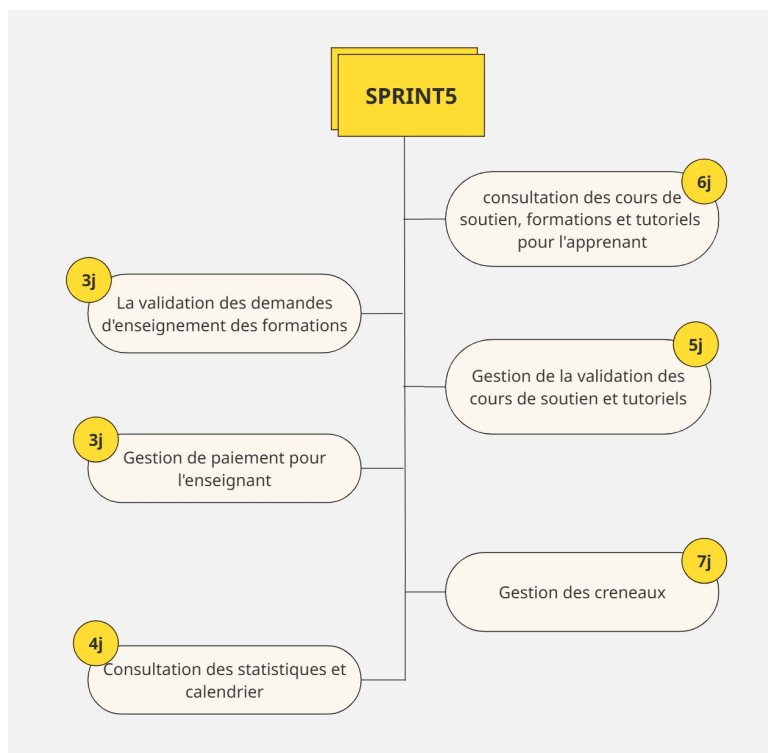


FIGURE 5.9 – Décomposition temporelle du sprint 5

5.3.3 Présentation des diagrammes de séquence du Sprint 5

Afin de simplifier et clarifier la compréhension de quelques cas d'utilisation, nous allons en décrire deux à l'aide de diagrammes de séquence :

- Verser un montant à un enseignant
- Planifier une séance

Verser un montant à un enseignant

Le diagramme du cas d'utilisation "Verser un montant à un enseignant" est présenté en annexe (voir Figure A.10). Illustrant le processus par lequel un administrateur effectue un versement à un enseignant à partir de la section dédiée à la gestion des salaires. Après avoir sélectionné l'enseignant concerné et renseigné les informations du paiement (montant, devise), le système procède à une vérification. En cas d'erreur, un message est affiché ; en cas de succès, le salaire est mis à jour et un accusé de réception est présenté à l'administrateur.

Planifier une séance

La Figure 5.10 représente le diagramme de séquence du cas d'utilisation : Planifier une séance.

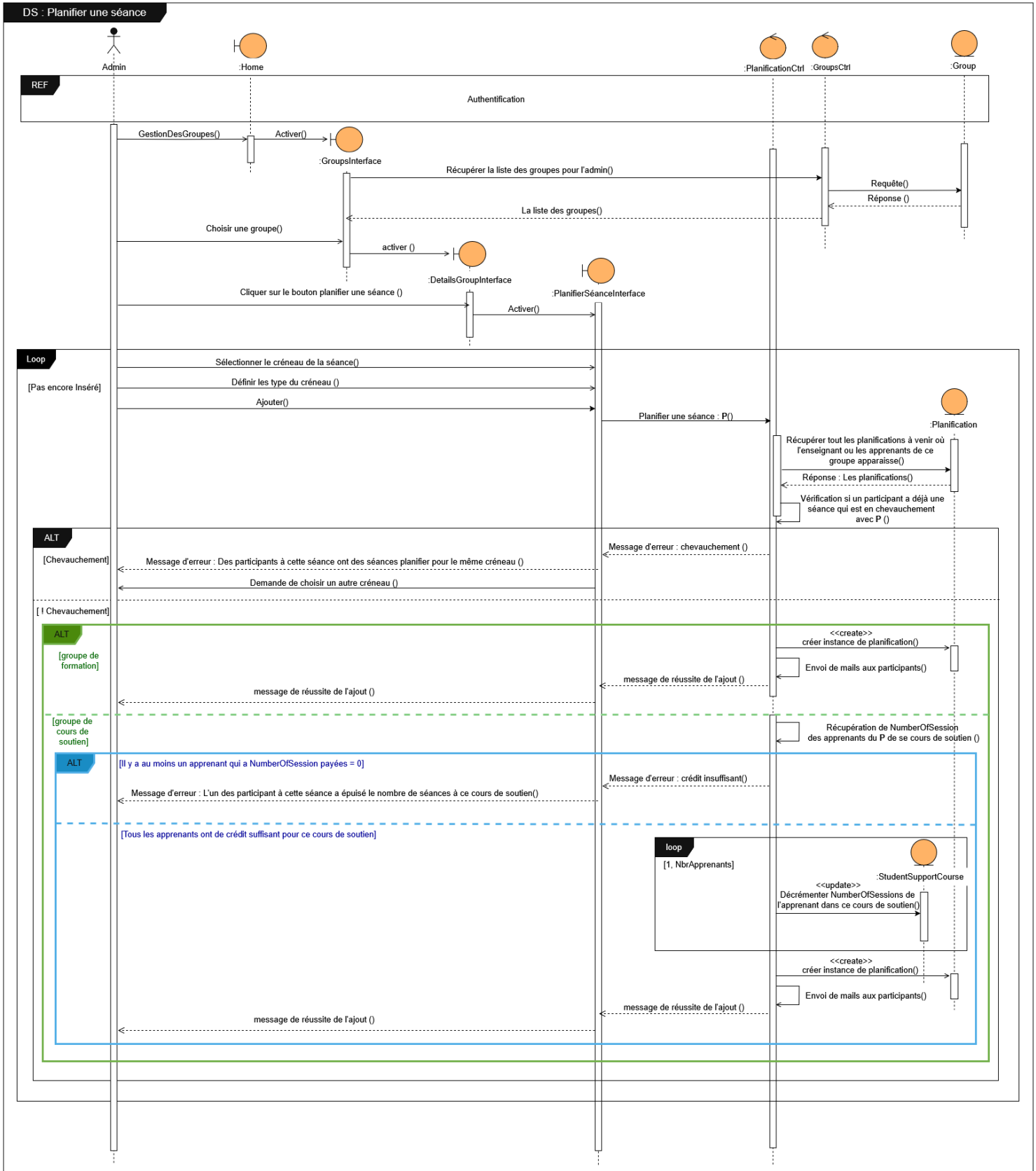


FIGURE 5.10 – Diagramme de séquence : Planifier une séance.

5.3.4 Diagramme de classe du Sprint 5

Le diagramme de classes du Sprint 5, présenté en **annexe A.4**, illustre les entités principales définies ou mises à jour durant ce sprint.

5.3.5 Vue des interfaces utilisateur

Afin d'illustrer l'incrément du cinquième sprint, nous présentons certaines interfaces développées durant cette itération.

Interface du calendrier de l'administrateur

La Figure 5.11 illustre l'interface de l'administrateur où il peut consulter les séances planifiées, voir leur détails, les modifier ou marquer une absence dans une séance passée.

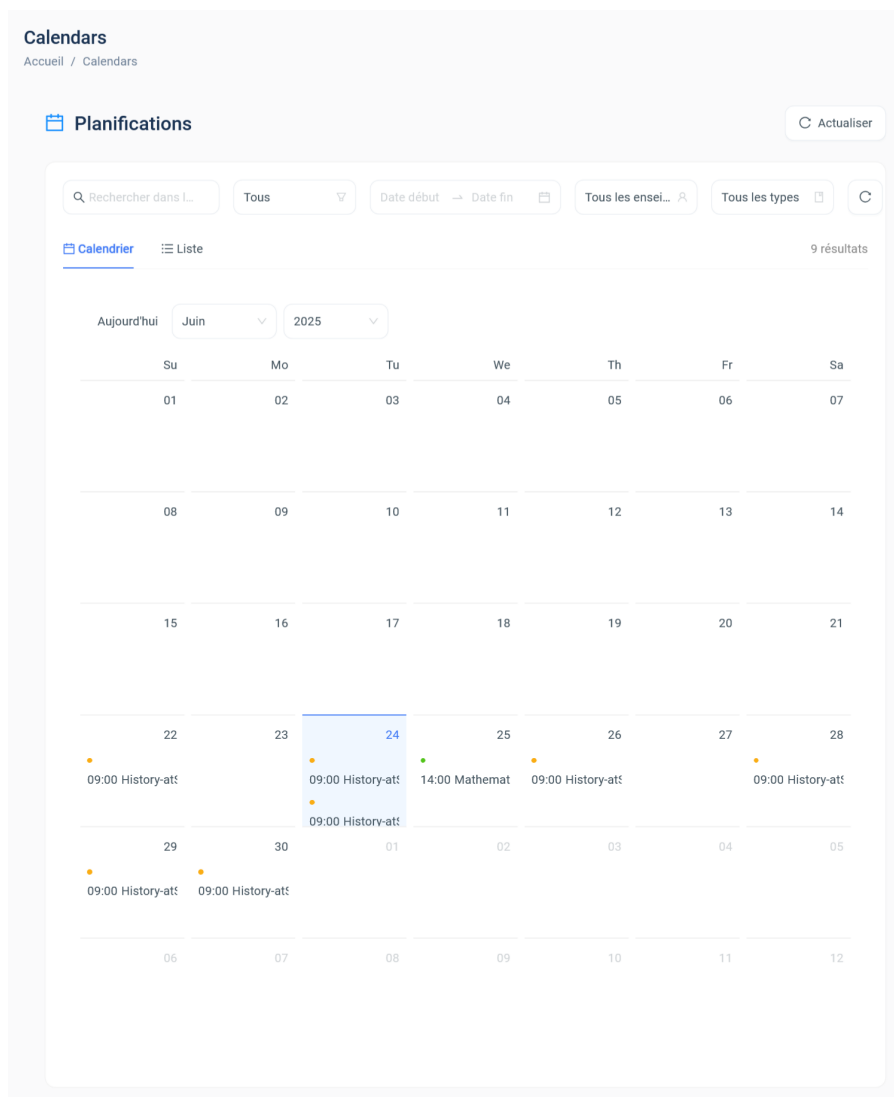


FIGURE 5.11 – Interface du calendrier de l'administrateur

Interface d'enregistrement de paiement pour l'enseignant

La Figure 5.12 illustre l'interface d'enregistrement de paiement pour l'enseignant par l'administrateur.

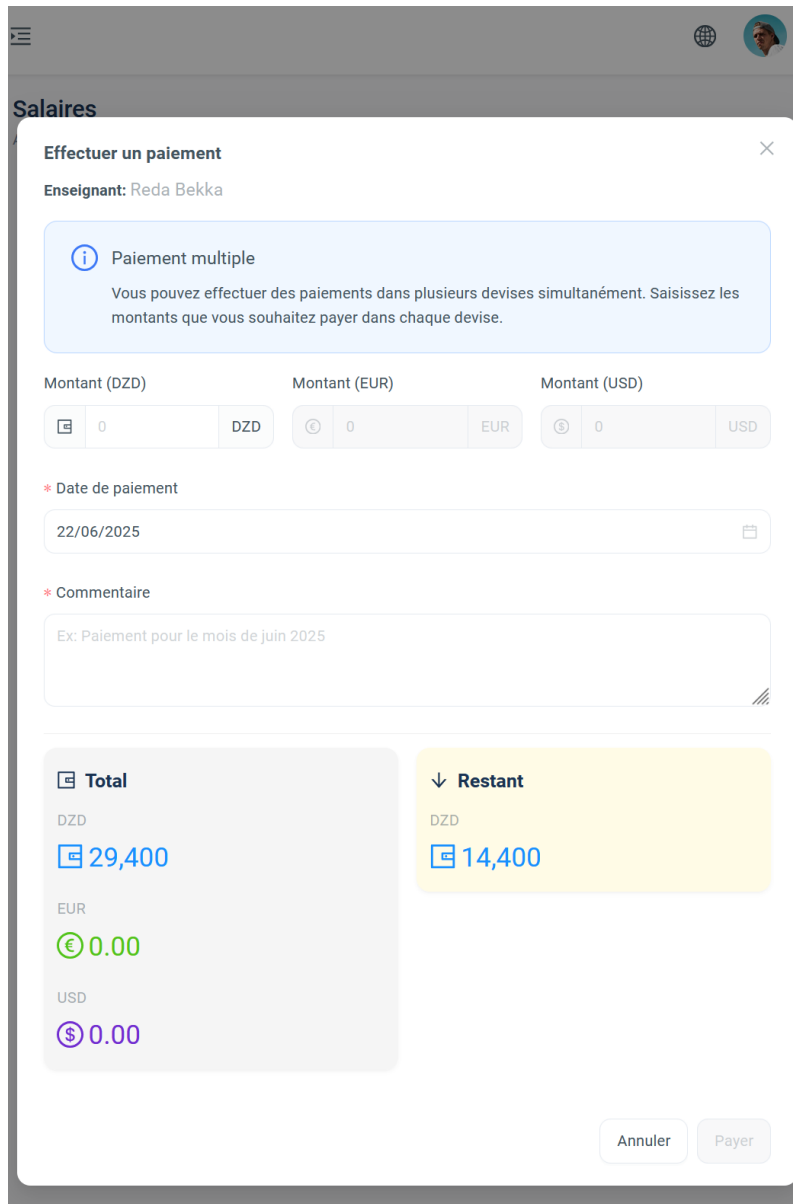


FIGURE 5.12 – Interface d'enregistrement de paiement pour l'enseignant

Ceci conclut le Sprint 5. L'équipe de développement organisera une démonstration avec le Product Owner pour présenter les fonctionnalités implémentées, recueillir ses retours et identifier les ajustements nécessaires. Cette revue permettra de valider les livrables du sprint et de préparer le Sprint 6, qui représentera la dernière phase de développement du projet.

5.4 Conclusion

Ce chapitre a présenté la réalisation des Sprints 4 et 5, marquant une étape cruciale dans le développement de BigNova Learning. Le Sprint 4 a permis la mise en place de l'espace enseignant et la finalisation du système de validation des inscriptions, tandis que le Sprint 5 a enrichi la plateforme avec des fonctionnalités avancées de gestion des contenus et des outils administratifs comme la planification des séances et la gestion de la rémunération des enseignants.

Les interfaces développées offrent désormais aux enseignants et administrateurs un environnement complet pour gérer les contenus pédagogiques, les créneaux horaires et les aspects financiers, tout en fournissant des tableaux de bord analytiques pertinents.

Le chapitre suivant clôturera ce mémoire en présentant les développements du Sprint 6, axé sur l'implémentation des systèmes de communication entre les acteurs et la mise en œuvre du chatbot pédagogique, venant ainsi compléter l'écosystème collaboratif de BigNova Learning.

Sprint 6 : Chatbot pédagogique & Messagerie

6.1 Introduction

Ce chapitre final, consacré au Sprint 6 d'une durée de trois semaines, abordera la fonctionnalité définie dès le Sprint 0, qui apportera à *BigNova Learning* une valeur considérable : l'intégration d'un **chatbot pédagogique intelligent**. Ce sprint représente l'aboutissement technologique du projet, concrétisant les recherches préliminaires sur les modèles de langage (LLMs) et les spécifications fonctionnelles initiales.

Deux axes majeurs structurent ce sprint :

1. **Le module chatbot** implémentant les techniques de *prompt engineering* et d'*apprentissage in-context* pour générer des exercices alignés sur le programme éducatif algérien, conformément aux objectifs initiaux définis dans la section 1.7.1.
2. **La messagerie unifiée** permettant les interactions entre apprenants, enseignants et administrateurs, complétant ainsi l'écosystème collaboratif de la plateforme.

Dans ce chapitre, nous suivrons la même méthodologie que pour les sprints précédents, avec en complément une section dédiée à l'implémentation technique du chatbot et à la présentation des résultats.

Afin de cadrer le travail de ce sprint et d'identifier clairement les modules à développer, nous modélisons les besoins fonctionnels sous forme d'un diagramme de cas d'utilisation.

6.2 Diagramme de cas d'utilisation du Sprint 6

Le diagramme de cas d'utilisation présenté dans la Figure 6.1 illustre les différents cas d'utilisation associés aux tâches prévues pour le sprint en cours.

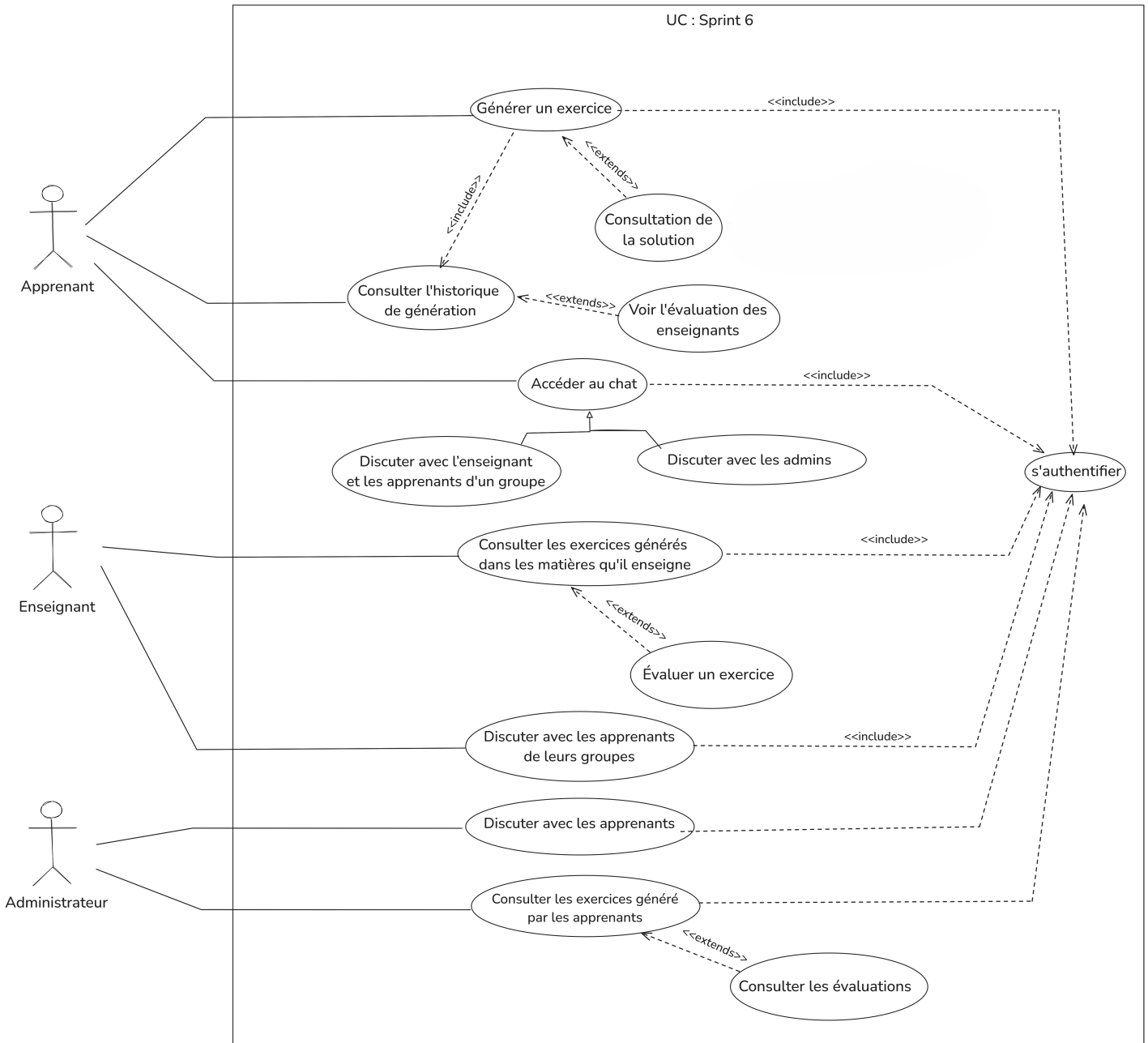


FIGURE 6.1 – Diagramme de cas d’utilisation du sprint 6

Après avoir représenté les différents cas d’utilisation du Sprint 1, nous pouvons désormais passer à la planification des tâches à travers le Sprint Backlog.

6.3 Sprint Backlog

Le Sprint Backlog 6.1 permet de visualiser clairement la répartition du travail et de suivre l’avancement des tâches.

Fonctionnalité	Tâches	Responsable	Priorité	Durée
Système de messagerie	Implémenter et intégrer les API du système de messagerie	YA	Haute	7j
	Créer les interfaces de chat entre les enseignants et les apprenants de leurs groupes	YA	Haute	
	Créer les interfaces de chat entre les administrateurs et les apprenants	YA	Moyenne	
	Réaliser des tests de fonctionnement du système de messagerie	KT + YA	Moyenne	
Chatbot : générateur d'exercices	Tester un ensemble d'API pour choisir le modèle adéquat	KT	Haute	10j
	Concevoir le prompt optimal pour la génération d'exercices répondant aux objectifs	KT + YA	Haute	
	Implémenter les API de génération de prompt et de communication avec le modèle	KT	Haute	
	Implémenter les interfaces d'interaction pour l'apprenant, ainsi que la consultation de l'historique de génération	KT	Haute	
	Évaluer les résultats produits par le chatbot	KT + YA	Moyenne	
Chatbot : évaluation des exercices par les enseignants	Implémenter les API d'évaluation des exercices	KT	Haute	6j
	Créer les interfaces et les composants UI pour l'espace d'évaluation des exercices	KT	Haute	
	Revoir le prompt de génération d'exercices et intégrer le few-shot learning	KT + YA	Moyenne	
	Tester l'ensemble du flux de gestion des formations	YA + KT	Faible	
Groupes pour les apprenants	Implémenter les API de récupération des groupes pour les apprenants	KT	Haute	3j
	Créer les interfaces des espaces de formation et des cours de soutien en cours	KT	Moyenne	
Durée estimée du sprint				21j

TABLE 6.1 – Sprint Backlog du Sprint 6

La Figure 6.2 représente le séquençement des epics de ce sprint. On remarque que les deux premiers epics débutent en parallèle car ils sont répartis entre les deux développeurs.

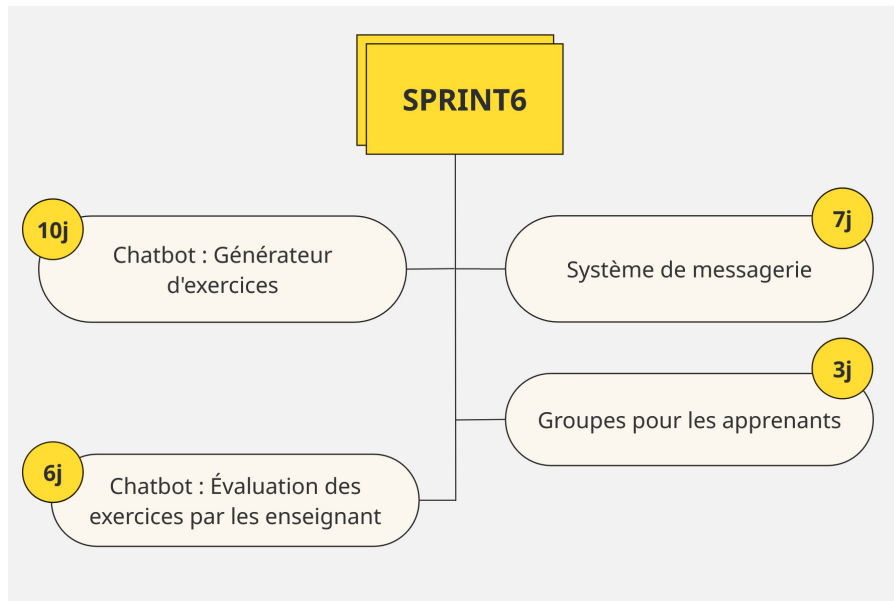


FIGURE 6.2 – Décomposition temporelle du sprint 6

6.4 Présentation des diagrammes de séquence

Pour illustrer l'un des cas d'utilisation les plus significatifs de ce sprint, nous proposons le diagramme de séquence suivant :

- Générer un exercice

6.4.1 Générer un exercice

La Figure 6.3 représente le diagramme de séquence du cas d'utilisation : Générer un exercice. Nous décrirons ensuite le processus et les techniques associés à ce cas d'utilisation.

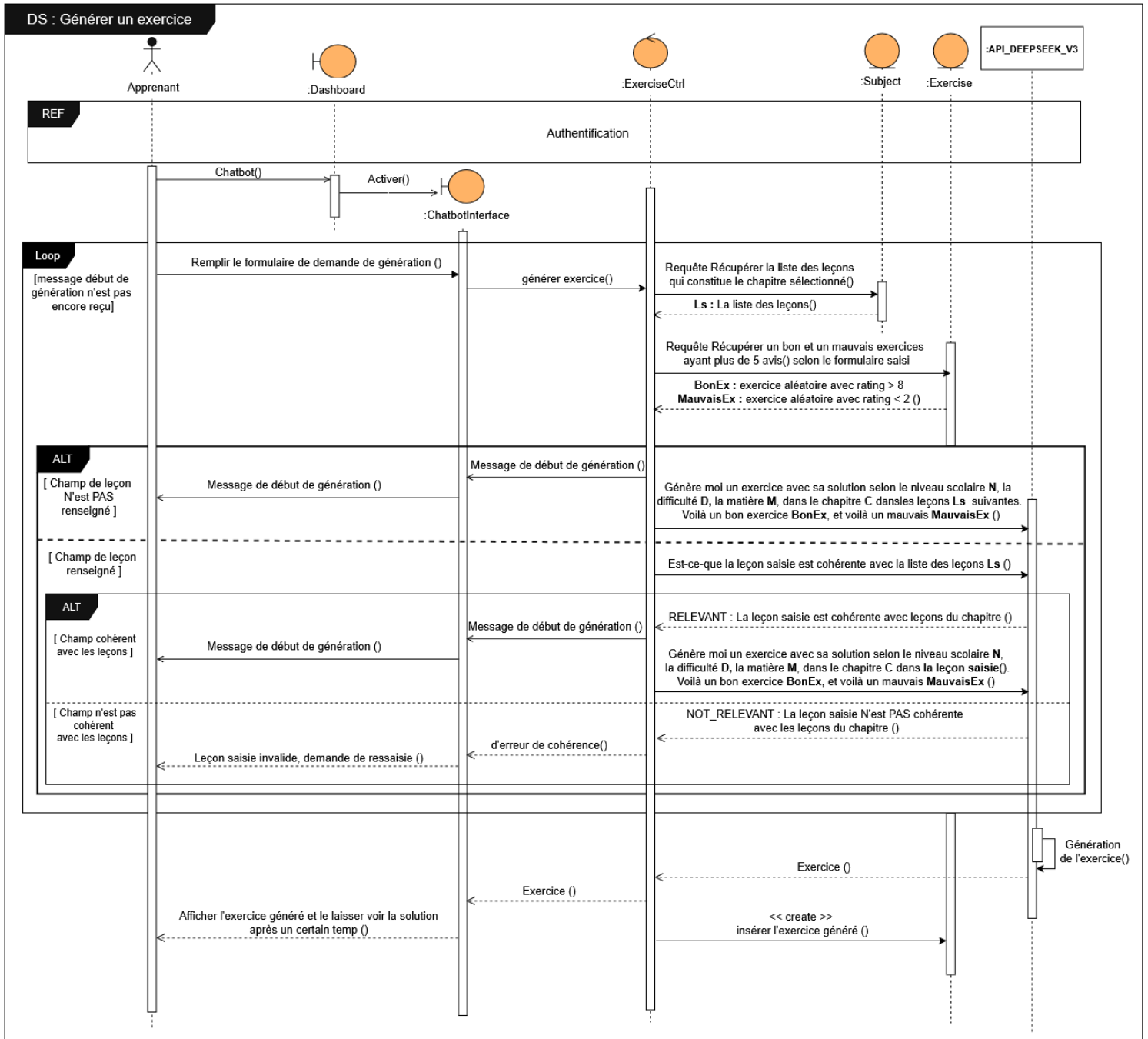


FIGURE 6.3 – Diagramme de séquence : Générer un exercice.

6.5 Diagramme de classe du sprint 6

Le diagramme de classe relatif à ce sprint est disponible en annexe (voir Figure A.5).

Dans le cadre de la présentation des fonctionnalités du sprint, le chatbot pédagogique fera l'objet d'une analyse séparée en raison de ses spécificités techniques (intégration LLM, génération de contenu, exemples, comparaison) avant de présenter les autres composants comme la

messagerie.

6.6 Implémentation du Chatbot Pédagogique

Cette section détaille l'implémentation du chatbot pédagogique, visant à concrétiser les objectifs définis lors du Sprint 0 1.7.1. Notre approche combine un modèle de langage avancé avec une structuration rigoureuse des contenus éducatifs, tout en intégrant des mécanismes de contrôle pour garantir la pertinence des exercices générés.

6.6.1 Choix du Modèle : DeepSeek-V3 03-24

Le modèle retenu pour le chatbot est **DeepSeek-V3 (03-24)**, fourni par **Fireworks AI**, sélectionné selon les critères suivants :

- **Performance en arabe** : Capacité avérée à générer des réponses concises et grammaticalement correctes en arabe standard.
- **Accès aux référentiels éducatifs** : Capacité à s'adapter au contexte local algérien.
- **Coût optimisé** : Tarification adaptée à une utilisation intensive dans un cadre éducatif.

Ce modèle offre un équilibre entre qualité de génération et efficacité économique, crucial pour notre plateforme de e-learning.

Cependant, DeepSeek-V3 03-24 n'a pas une connaissance approfondie de la répartition des chapitres par matière et par année scolaire dans le système éducatif algérien, ce qui nécessite une orientation spécifique pour combler cette lacune.

6.6.2 Collecte des programmes des matières

Pour assurer la pertinence pédagogique, nous avons structuré, comme première version, les données autour des programmes officiels¹ du cycle CEM (enseignement moyen) en Algérie, en nous concentrant sur un ensemble de matières choisies (mathématiques, physique, anglais, histoire, etc.).

La Figure 6.4 illustre le diagramme de classes conçu pour organiser les chapitres et leurs leçons. Par exemple, pour la matière "physique" en première année moyenne (CEM), un chapitre "Phénomènes électriques" contient des leçons comme "circuit électrique" ou "court-circuit".

1. Les programmes des matières sont extraits des répartitions annuelles officielles fournies par le ministère de l'Éducation nationale algérien

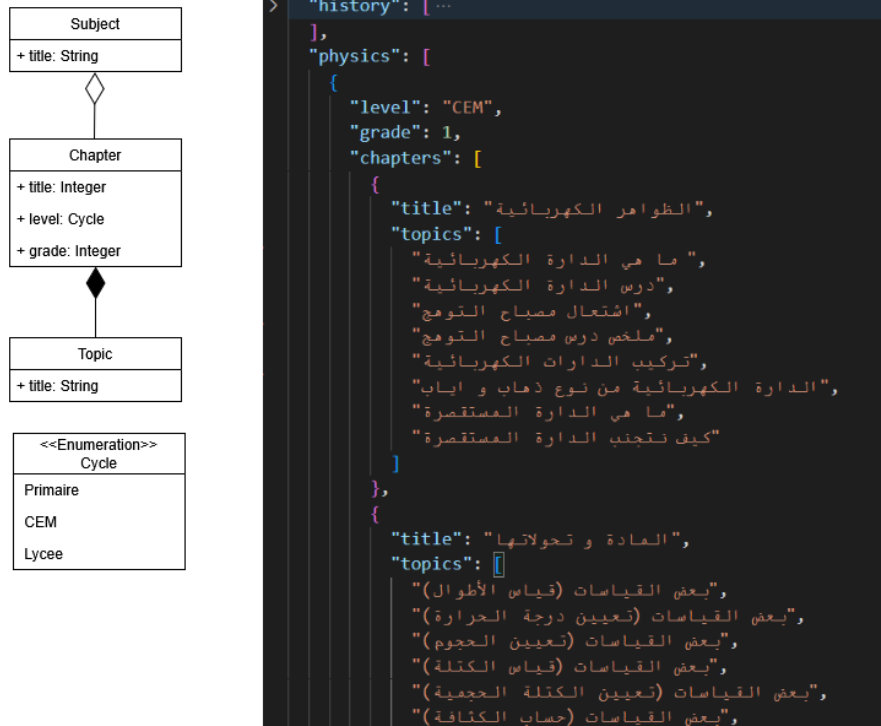


FIGURE 6.4 – Structure des contenus pédagogiques par matière et chapitre

6.6.3 Contrôle des Prompts et Gestion des Incohérences

Afin d'éviter que les élèves envoient des prompts incohérents ou imprécis qui pourraient affecter la qualité des résultats en raison de leur manque de connaissance, le processus de génération d'exercices repose sur un formulaire guidé où l'utilisateur sélectionne :

- **Cycle** (Primaire, CEM, lycée)
- **Niveau** (1ère année, 2ème année, etc.)
- **Matière**
- **Chapitre**
- **Degré de difficulté** (facile, moyen, difficile)
- **Leçon** (*champ optionnel*)

La Figure 6.5 illustre le formulaire de demande de génération d'exercice, où ils peuvent renseigner les champs sous-mentionnés.

FIGURE 6.5 – Interface utilisateur du générateur d'exercice

Problématique : Le champ "leçon", bien qu'utile pour **personnaliser** et **préciser** la demande, peut introduire des incohérences si l'utilisateur saisit une notion étrangère au chapitre sélectionné, ce qui affecterait la qualité de l'exercice généré.

Solution : Un prompt de vérification est envoyé à l'API avant la génération : "La leçon [X] fait-elle partie ou a-t-elle une relation avec les leçons du chapitre [Y] en [matière]? Réponds uniquement par 'oui' ou 'non'."

- Si **oui** → Génération de l'exercice
- Si **non** → Retour d'une erreur à l'utilisateur ("*Cette leçon ne fait pas partie du chapitre sélectionné.*")

6.6.4 Génération et Réception des Prompts

Le prompt final envoyé à l'API est généré automatiquement par le backend selon les principes du *prompt engineering* ??, optimisé pour le modèle DeepSeek-V3. Sa construction suit une logique pédagogique stricte :

Structure du prompt :

1. **Identité de l'IA :** Positionnée comme un "enseignant algérien expérimenté"
2. **Cadrage éducatif :** Précise le niveau scolaire, la matière, le chapitre et éventuellement le thème spécifique

3. Consignes rigoureuses :

- Contextualisation adaptée au vécu algérien
- Génération de 2 à 4 questions variées avec solutions et explications pédagogiques
- Format JSON strict pour faciliter le traitement (stockage, affichage, etc.)
- Adaptation linguistique (arabe standard, caractères latins pour les sciences)

Garanties de qualité :

- **Clarté** : Instructions explicites sans ambiguïté
- **Contextualisation** : Scénarios ancrés dans la réalité algérienne
- **Précision** : Format de réponse contraint (JSON) avec validation automatique
- **Pertinence** : Filtrage des thèmes hors-programme via vérification préalable

Exemple de sortie attendue :

```
{
  "context": "Un marchand de Tlemcen achète 150 kg de dattes...",
  "questions": [
    {
      "question": "Calculez son bénéfice si...",
      "answer": "1250 DZD",
      "explanation": "Le calcul nécessite d'appliquer..."
    },
    {...}
  ]
}
```

L'exercice généré est présenté à l'élève : d'abord le contexte seul, puis les questions avec un chronomètre (2 minutes) avant révélation des solutions. Cette mécanique stimule la réflexion active tout en s'adaptant au rythme d'apprentissage.

6.6.5 Évaluation des Exercices et Intégration en Few-Shot Learning

Les exercices générés sont stockés dans la base de données pour évaluation par les enseignants. Chaque enseignant habilité à dispenser des cours de soutien dans une matière donnée peut noter les exercices de cette matière sur 10 avec possibilité de laisser un commentaire. Cette étape cruciale permet :

- De valider la qualité pédagogique du contenu
- De constituer un corpus pour d'éventuels fine-tuning de LLM
- D'alimenter la bibliothèque d'exemples pour le *few-shot learning*

La Figure 6.6 ci-dessous illustre l'interface dédiée à l'enseignant pour l'évaluation d'un exercice. Celui-ci peut attribuer une note sur 10 et ajouter un commentaire. Ces évaluations, une fois déposées, sont consultables par les apprenants, ce qui leur permet de bénéficier d'un retour pédagogique constructif.

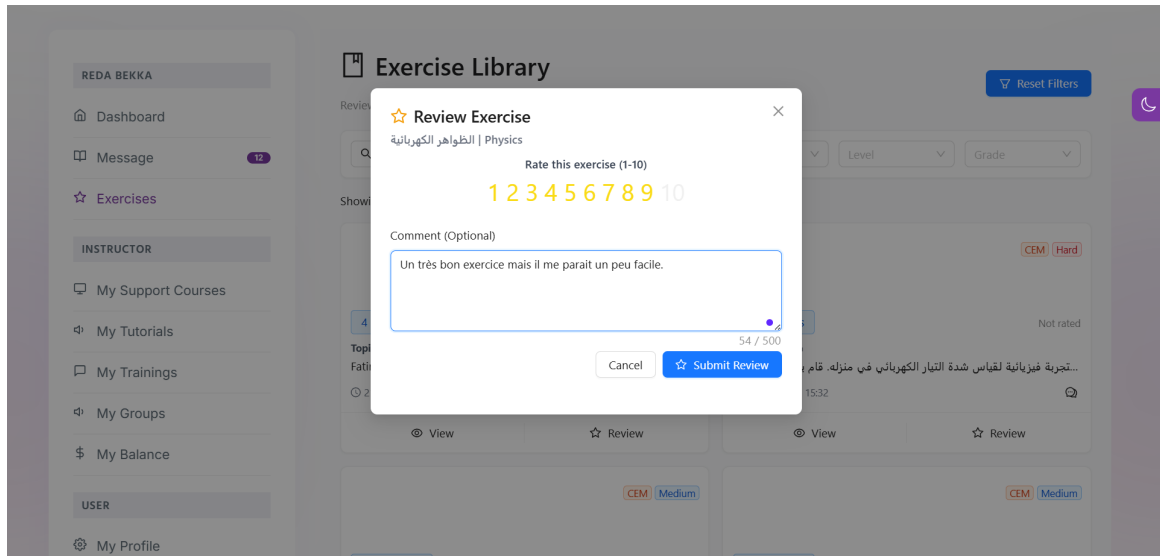


FIGURE 6.6 – Interface d'évaluation d'un exercice par un enseignant

Mécanisme de sélection pour le few-shot learning :

Avant chaque génération, le système vérifie si des exercices évalués correspondent aux critères demandés (matière, niveau, chapitre). Si des exercices ayant au moins 5 évaluations existent :

1. **Bon exemple** : Intègre un exercice noté ($> 8/10$) comme référence de qualité
2. **Mauvais exemple** : Inclut un exercice noté ($< 2/10$) pour éviter le risque de reproduire le même

Le fonctionnement global de ce processus est illustré dans la Figure 6.7, qui montre comment un exercice est généré à partir d'une requête d'un apprenant, enrichi par des exemples évalués, puis inséré dans la base de données avant d'être affiché.

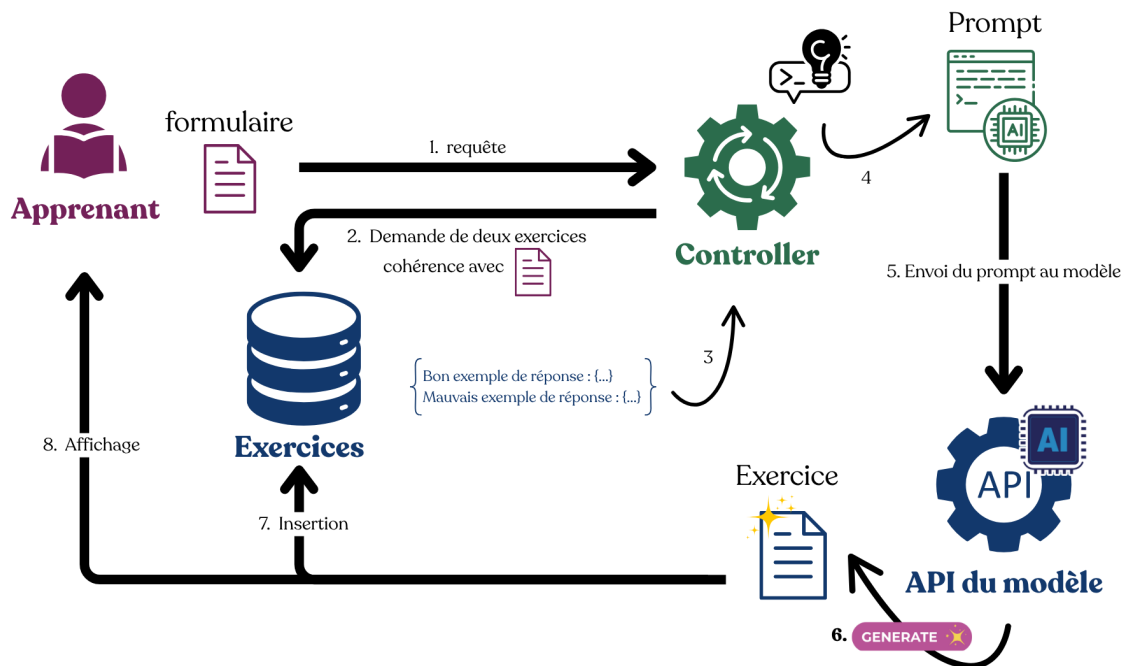


FIGURE 6.7 – Processus de génération et intégration d'exemples pour le few-shot learning

Cette méthode permet au modèle de s'aligner sur les attentes pédagogiques des enseignants, d'éviter de reproduire des erreurs courantes et d'améliorer progressivement la pertinence des exercices générés.

6.6.6 Comparaison des Exercices Générés avec des Sujets Réels des Examens du CEM

Dans cette section, nous présentons une comparaison directe entre deux exercices générés automatiquement par le chatbot et deux exercices extraits d'examens officiels des Collèges d'Enseignement Moyen (CEM) algériens.

Exercice 1

L'exercice ci-dessous 6.8 a été généré après que l'apprenant a rempli les champs suivants : cycle = CEM, niveau = 4, matière = Mathématiques, chapitre = Les fonctions linéaires et affines, difficulté = difficile.

جملة معادلتين من الدرجة الأولى بمجهولين + الدالة الخطية والتناسبية + الدالة التآلفية Hard CEM 4

في إحدى المدارس الجزائرية، قررت إدارة المدرسة تنظيم رحلة مدرسية إلى مدينة تلمسان. لتحديد تكلفة الرحلة، تم تقسيم التكاليف إلى قسمين: تكلفة النقل وتكلفة الطعام. تكلفة النقل تعتمد على عدد الطلاب المشاركين، بينما تكلفة الطعام تعتمد على عدد الوجبات التي سيتم تقديمها. تم تحديد أن تكلفة النقل لكل طالب هي 500 دينار جزائري، بينما تكلفة الوجبة الواحدة هي 300 دينار جزائري. إذا كان مجموع التكاليف للرحلة هو 35000 دينار جزائري، وعدد الوجبات المطلوبة هو ضعف عدد الطلاب، فما هو عدد الطلاب المشاركين في الرحلة؟

1 ما هي جملة المعادلتين التي تمثل هذا الموقف؟

الإجابة: $x = \text{عدد الطلاب}$ ، $y = \text{عدد الوجبات}$ ؛ المعادلة الأولى: $500x + 300y = 35000$ ؛ المعادلة الثانية: $y = 2x$

شرح: تمثل المعادلة الأولى التكلفة الإجمالية للرحلة، حيث $500x$ هي تكلفة النقل و $300y$ هي تكلفة الطعام. المعادلة الثانية توضح أن عدد الوجبات يساوي ضعف عدد الطلاب.

2 ما هو عدد الطلاب المشاركين في الرحلة؟

الإجابة: 25 طالبا

شرح: باستبدال y في المعادلة الأولى بـ $2x$ ، نحصل على: $500x + 300(2x) = 35000 \rightarrow 500x + 600x = 35000 \rightarrow 1100x = 35000 \rightarrow x = 35000 / 1100 = 25$.

3 إذا كانت الدالة الخطية $f(x)$ تمثل تكلفة النقل فقط، فما هي قيمة $f(30)$ ؟

الإجابة: 15000 دينار جزائري

شرح: الدالة الخطية $f(x) = 500x$ ، حيث x هو عدد الطلاب. إذن، $f(30) = 500 * 30 = 15000$.

4 إذا كانت الدالة التآلفية $g(x)$ تمثل التكلفة الإجمالية للرحلة، فما هي قيمة $g(20)$ ؟

الإجابة: 22000 دينار جزائري

شرح: الدالة التآلفية $g(x) = 500x + 300y$ ، حيث $y = 2x$. إذن، $g(20) = 1100 * 20 = 22000$.

FIGURE 6.8 – Exercice généré sur les fonctions

Il est comparé à l'exercice 6.9 issu de la deuxième partie du sujet officiel de mathématiques du BEM 2019 [6].

الجزء الثاني: (08 ن)

يقترح مدير المسبح البلدي على السباحين التسعيرتين الآتيتين:

-التسعيرة الأولى : $100DA$ للحصة الواحدة لغير المنخرطين.

- التسعيرة الثانية : $80DA$ للحصة الواحدة مع اشتراك شهري قدره $400DA$.

(1) ما هو عدد الحصص التي يمكنك الحصول عليها في كل تسعيرة إذا دفعت مبلغ $2800 DA$ ؟

(2) باعتبار : x عدد الحصص في الشهر و بالاستعانة بتمثيل بياني، أعط أفضل التسعيرتين حسب عدد الحصص خلال شهر واحد.

FIGURE 6.9 – Exercice du BEM 2019 [6]

L'exercice officiel du BEM 2019 Figure 6.9 propose une situation simple et concrète autour de deux formules de tarification d'un service public (accès à une piscine). Il demande à l'élève de faire un calcul de nombre de séances possible, puis de représenter le coût mensuel sous forme d'une expression en fonction du nombre de séances.

L'exercice généré 6.8, quant à lui, place l'élève dans un contexte plus complexe : un voyage scolaire où il faut répartir des coûts selon deux types de dépenses (transport et nourriture), en fonction du nombre de participants. Le problème mobilise deux équations et conduit à la création de deux fonctions, ce qui rend l'exercice plus technique étendu à deux leçons : "les fonctions" et "ensemble de deux équations de premier degré".

Malgré cette différence de complexité, les deux exercices visent le même type de compétences de base : traduire une situation réelle en langage mathématique, effectuer des calculs numériques, et interpréter des résultats à partir d'un modèle. Le style des consignes est similaire, avec une progression dans les questions, et les deux utilisent des situations proches du quotidien des élèves.

On peut dire que l'exercice généré reprend la logique du sujet d'examen réel, tout en allant un peu plus loin dans la modélisation et la réflexion mathématique.

Exercice 2

L'exercice ci-dessous 6.10 a été généré après que l'apprenant a rempli les champs suivants : cycle = CEM, niveau = 1, matière = Physique, chapitre = Phénomènes optiques et astronomiques, difficulté = moyenne.

الظواهر الضوئية و الفلكية Medium CEM 1

في يوم مشمس، قرر أحمد وزميلته ليلي إجراء تجربة بسيطة لفهم الظواهر الضوئية. قاموا بوضع مصباح صغير على طاولة في غرفة مظلمة وأشعلوه. ثم وضعوا كرة صغيرة على مسافة 50 سم من المصباح. لاحظوا أن الضوء يسقط على الكرة ويخلق ظلًا على الحائط خلفها. أثناء التجربة، ناقشوا أيضًا كيف أن دوران الأرض حول الشمس يؤثر على طول النهار والليل في الجزائر. بالإضافة إلى ذلك، تذكر أن المجموعة الشمسية تتكون من الشمس والكواكب التي تدور حولها، بما في ذلك الأرض.

1 ما هو الوسيط الضوئي الذي يسمح بانتشار الضوء من المصباح إلى الكرة في هذه التجربة؟

الإجابة:

شرح:

2 إذا كانت الكرة على مسافة 50 سم من المصباح، فما هو السبب في تكوّن ظل للكرة على الحائط؟

الإجابة:

شرح:

3 كيف يؤثر دوران الأرض حول الشمس على طول النهار والليل في الجزائر؟

الإجابة:

شرح:

4 ما هي الكواكب التي تدور حول الشمس في المجموعة الشمسية؟

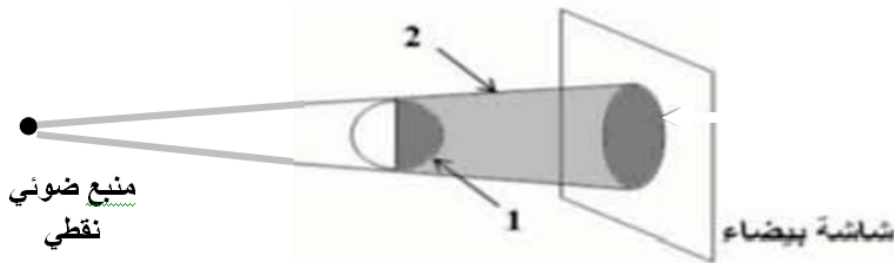
الإجابة:

شرح:

FIGURE 6.10 – Exercice généré sur les phénomènes optiques

Il est comparé à un exercice de physique donné au troisième trimestre 2022/2023 en première année, CEM de la wilaya de Béjaïa, proposé par M. Belhoucine Lounes [7] illustré dans la Figure 6.11.

- ❖ بعد دراستك لمقطع الظواهر الضوئية سألك زميلك حول نشاط قمتم به أثناء الدرس, فعرض عليك الشكل الموالي:
- لاحظ الشكل و ساعد زميلك في الإجابة عن الأسئلة:



- 1- ما اسم التجربة الموضحة في الشكل؟
- 2- سم البيانات 1 و 2.
- 3- ما الظاهرة الطبيعية التي تحدث عند دوران الأرض حول نفسها, المشابهة لهذا النشاط.
- 4- عند استبدال المنبع الضوئي النقطي بمنبع واسع, أرسم على ورقتك الشكل في تلك الحالة محددًا البيانات.

FIGURE 6.11 – Exercice officiel de physique [7]

L'exercice officiel de physique Figure 6.11 propose une situation expérimentale simple centrée sur l'observation des ombres. Il demande à l'élève d'identifier les éléments d'un schéma optique, d'expliquer le phénomène de formation des ombres, et de réaliser un dessin dans le cas d'une source lumineuse étendue.

L'exercice généré 6.10, quant à lui, place l'élève dans un contexte plus complet : une expérience concrète avec manipulation réelle (lampe et boule) qui aborde simultanément les phénomènes optiques (formation d'ombres) et astronomiques (mouvement des planètes). Le problème mobilise deux thématiques du programme : "propagation de la lumière" et "système solaire", ce qui élargit la portée pédagogique de l'exercice.

Malgré cette différence d'approche, les deux exercices visent les mêmes compétences fondamentales : observer un phénomène physique, l'expliquer scientifiquement, et faire des liens avec des situations concrètes. Le style des questions est similaire, avec une progression du simple au complexe, bien que l'exercice généré fournisse des explications plus détaillées pour chaque réponse.

On peut noter que l'exercice généré ne peut pas inclure de consignes graphiques (comme le dessin demandé dans l'exercice officiel), ce qui représente une limitation technique actuelle. Cependant, il compense cette lacune par une contextualisation plus riche et des explications théoriques plus développées.

6.6.7 Conclusion

L'implémentation du chatbot pédagogique a permis de combiner les capacités des modèles de langage avancés avec une structuration rigoureuse des contenus scolaires algériens. En intégrant des formulaires guidés, un contrôle de cohérence des prompts et un mécanisme d'évaluation par les enseignants, le système garantit une génération d'exercices contextualisés, pédagogiquement pertinents et alignés sur le programme officiel.

L'usage du few-shot learning, nourri par des exemples validés localement, renforce progressivement la qualité des générations futures. La comparaison avec des sujets d'examens officiels montre que les exercices produits par l'IA s'inscrivent dans les formats attendus par l'école algérienne, tout en proposant parfois des contextes plus élaborés et des explications plus développées.

Au terme de cette phase d'implémentation, on peut affirmer que les objectifs fixés lors du Sprint 0 ont été atteints. Le chatbot est capable de générer des exercices contextualisés, adaptés au programme algérien et enrichis par des retours des enseignants. Les mécanismes mis en place assurent un bon équilibre entre accessibilité, pertinence pédagogique et cohérence technique.

6.7 Vue des interfaces utilisateur

Dans cette section, nous présentons uniquement une interface, étant donné que celles liées au chatbot ont déjà été abordées dans la section précédente 6.6.

6.7.1 Interface de la conversation du groupe d'enseignement

La Figure 6.12 illustre l'espace de discussion collective d'un groupe d'enseignement. L'apprenant peut y échanger avec l'enseignant ainsi qu'avec les autres membres de son groupe.

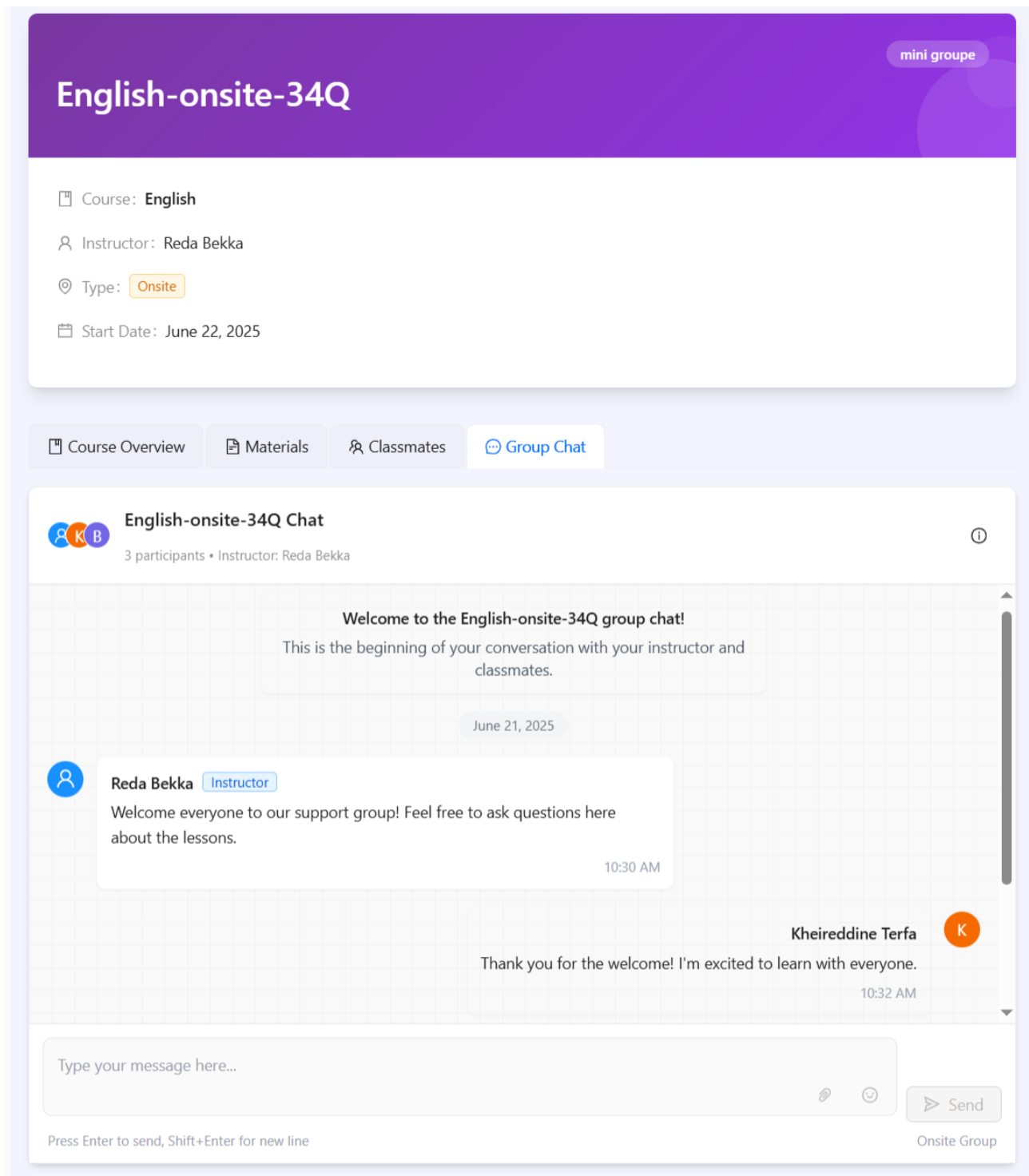


FIGURE 6.12 – Interface de discussion d'un groupe d'enseignement

6.8 Conclusion

Pour conclure, ce chapitre a exposé de manière rigoureuse les différentes étapes du Sprint 1, en mettant l'accent sur son organisation, sa phase de conception ainsi que les aspects liés au développement. Ce premier sprint a constitué une étape clé dans le déroulement du projet, permettant de valider des

fonctionnalités essentielles et d'adapter l'ancienne solution à nos besoins. L'application méthodique de la démarche Scrum nous a permis d'instaurer un cadre de travail structuré, de faciliter la coordination entre les membres de l'équipe et de consolider une vision partagée du produit à réaliser. À l'issue de ce sprint, une première version opérationnelle de l'application a pu être **livrée**. Une réunion de rétrospective a également été organisée afin d'évaluer les résultats obtenus et de planifier de manière réfléchie le sprint suivant, en définissant les objectifs à atteindre et les tâches à entreprendre.

Conclusion Générale

Le présent travail a porté sur la conception et le développement de la plateforme **BigNova Learning**, une solution e-learning conçue pour répondre aux besoins spécifiques d'un établissement de formation dans le contexte algérien. L'objectif était double : moderniser la gestion administrative et pédagogique de l'école BigNova, tout en offrant aux apprenants un environnement numérique riche, interactif et évolutif.

Pour atteindre cet objectif, notre travail a été organisé selon une démarche agile, découpée en six sprints, permettant une progression incrémentale du projet avec des livrables concrets à chaque sprint. Les technologies choisies (React, Next.js, Node.js, MongoDB, API de Deepseek-v3, WebSocket, etc.) ont permis de mettre en place une architecture robuste, tout en assurant une expérience utilisateur fluide. L'intégration d'un module intelligent de génération d'exercices adaptés au niveau et au programme algérien, reposant sur l'utilisation de LLM via des API, a constitué un apport majeur, renforçant la dimension pédagogique de la plateforme.

Ce projet a permis non seulement de proposer une solution adaptée aux réalités d'une école de formation locale, mais aussi de mettre en œuvre les compétences acquises durant le cursus de Master, en matière d'analyse, de conception, de développement fullstack et d'intégration d'intelligences artificielles. Il a également mis en lumière l'importance de concevoir des outils numériques contextualisés, capables de répondre à des besoins éducatifs concrets, tout en restant accessibles, flexibles et évolutifs.

Des perspectives d'amélioration peuvent être envisagées, telles que l'extension de la plateforme via une application mobile, ou encore l'élargissement des modules de gestion aux autres cycles éducatifs. Il serait également pertinent d'ajouter la prise en charge d'exercices comportant des figures ou des schémas, afin d'enrichir la diversité des contenus générés. Par ailleurs, l'ensemble des exercices produits est conservé de manière structurée, formant progressivement un corpus réutilisable dans des recherches futures en intelligence artificielle, notamment pour l'entraînement de modèles à partir de zéro ou dans le cadre de stratégies de fine-tuning.

Enfin, BigNova Learning constitue un socle solide pour accompagner la transition numérique de la formation en Algérie, tout en demeurant ouvert à des évolutions techniques et pédagogiques futures.

Bibliographie

- [1] Udemy. À propos de udemy. <https://about.udemy.com/fr/>, 2023. Consulté le 03/03/2025.
- [2] Courassy. Plateforme de cours de soutien en algérie. <https://courassy.com/>, 2024. Consulté le 03/03/2025.
- [3] Meet In Class. Plateforme de cours de soutien française. <https://www.meetinclass.com/>, 2024. Consulté le 03/03/2025.
- [4] PM Partners. What is scrum? an overview of scrum and the agile journey. <https://www.pm-partners.com.au/insights/the-agile-journey-a-scrum-overview/>, 2024. Capture d'écran personnelle (date : 20/05/2025).
- [5] Wikipédia. Modèle-vue-contrôleur, 2025. Dernière modification le 1 février 2025.
- [6] Ministère de l'Éducation Nationale. Sujet d'examen : Mathématiques - bem 2019 (2eme partie). <https://www.dzexams.com/ar/Annales/aV1NeFFDQWVQYUJXZ0tIe1ZCVi9ZZz09>, 2019. Algérie.
- [7] Lounes Belhoucine. Exercice de physique — examen du 3e trimestre, 1re année moyenne, cem 11 chahid tighilt bouchakfa- ait arzine, années scolaire : 2023/24, 2024. Année scolaire 2022/2023.
- [8] BigNova. Site officiel de bignova. <https://bignova-company.com/>, 2023. Consulté le 22/02/2025.
- [9] Office National des Statistiques (ONS). Résultats de l'enquête annuelle sur les salaires auprès des entreprises - mai 2021. https://www.ons.dz/IMG/pdf/Salaire_Mai2021.pdf, mai 2021. Consulté le 06/05/2025.
- [10] Nathan Zamboni. Méthodologies agile et classique en gestion de projet, quelles différences, avantages et inconvénients?, 2023.
- [11] Ken Schwaber and Jeff Sutherland. *Le Guide Scrum - Guide de Référence : Les règles du jeu*. 2020. Version française, traduit par Kamel Kaouech.
- [12] Samia Boulkrinat. Génie logiciel, cours 5 : Unified modeling language. Cours dispensé à l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB) en Licence 2, 2022. Consulté le 19 mars 2025.
- [13] Samia Boulkrinat. Génie logiciel, cours 6 : Diagramme de cas d'utilisation (use-cases). Cours dispensé à l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB) en Licence 2, 2022. Consulté le 19 mars 2025.

- [14] Samia Boulkrinat. Génie logiciel, cours 8 : Diagramme de classes. Cours dispensé à l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB) en Licence 2, 2022. Consulté le 19 mars 2025.
- [15] Samia Boulkrinat. Génie logiciel, cours 10 : Diagramme de séquence. Cours dispensé à l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB) en Licence 2, 2022. Consulté le 19 mars 2025.
- [16] Len Bass, Ingo Weber, and Liming Zhu. *DevOps : A Software Architect's Perspective*. Addison-Wesley Professional, 2015.
- [17] Ruoyu Su and Xiaozhou Li. Modular monolith : Is this the trend in software architecture? *arXiv preprint arXiv :2401.11867*, 2024.
- [18] Stuart Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence : A Modern Approach*. Pearson, 2016.
- [19] Tom M. Mitchell. *Machine Learning*. McGraw-Hill, 1997.
- [20] Muhammad Naveed and al. Capabilities and limitations of large language models in natural language processing. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 76 :123–145, 2023.
- [21] Teven Le Scao. *Grands modèles de langage multilingues en données limitées*. PhD thesis, Université de Lorraine, 2023.
- [22] Tom B Brown, Benjamin Mann, Nick Ryder, Melanie Subbiah, Jared Kaplan, Prafulla Dhariwal, Arvind Neelakantan, Pranav Shyam, Girish Sastry, Amanda Askell, et al. Language models are few-shot learners. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 33, pages 1877–1901, 2020.
- [23] Md Nuruzzaman and Omar Khadeer Hussain. *Chatbots : An Introduction and Future Perspectives*. Springer, Cham, Switzerland, 2018.
- [24] Victor Paulnarefonka. Prompt engineering - intelligence (ia) et sémantique. Document pédagogique sur Scribd, 2025.
- [25] Dave Bergmann. Qu'est-ce que l'apprentissage zero-shot et few-shot. Article IBM, 2024.
- [26] Florent Lucas. Sprint 0 : la bonne base d'un projet agile. The Tribe, 6 2022. Consulté le 05/04/2025.
- [27] Braham Zakaria Hamis Sonia. Conception et réalisation d'une application informatique dédiée aux activités philanthropiques. Master's thesis, Université de Béjaïa, 2023. Mémoire de Master Professionnel en Génie Logiciel, encadré par M. Achroufene Achour.

Diagrammes UML

Diagramme de classes du Sprint 2

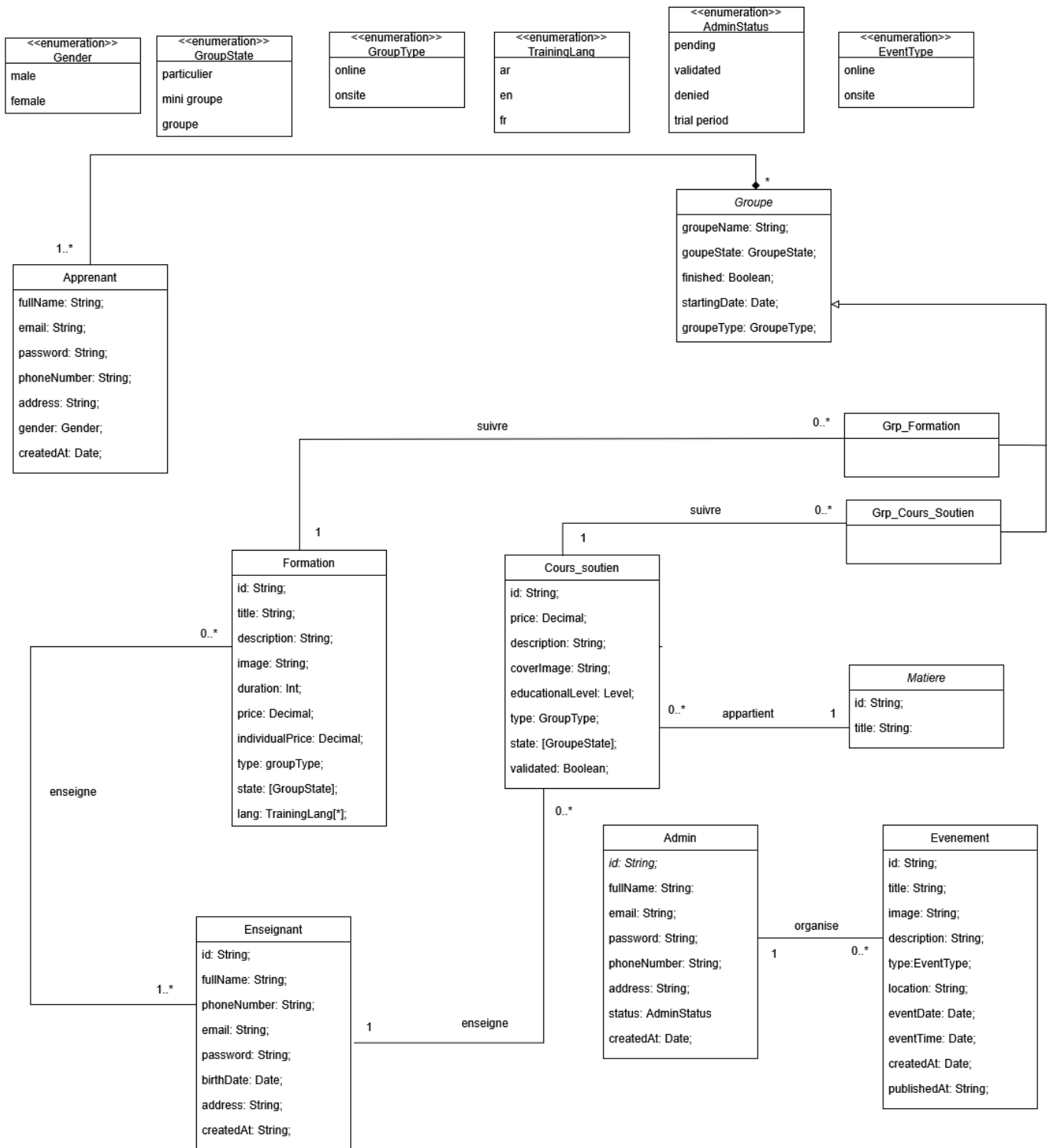


FIGURE A.2 – Diagramme de classes du Sprint 2

Diagramme de classes du Sprint 3

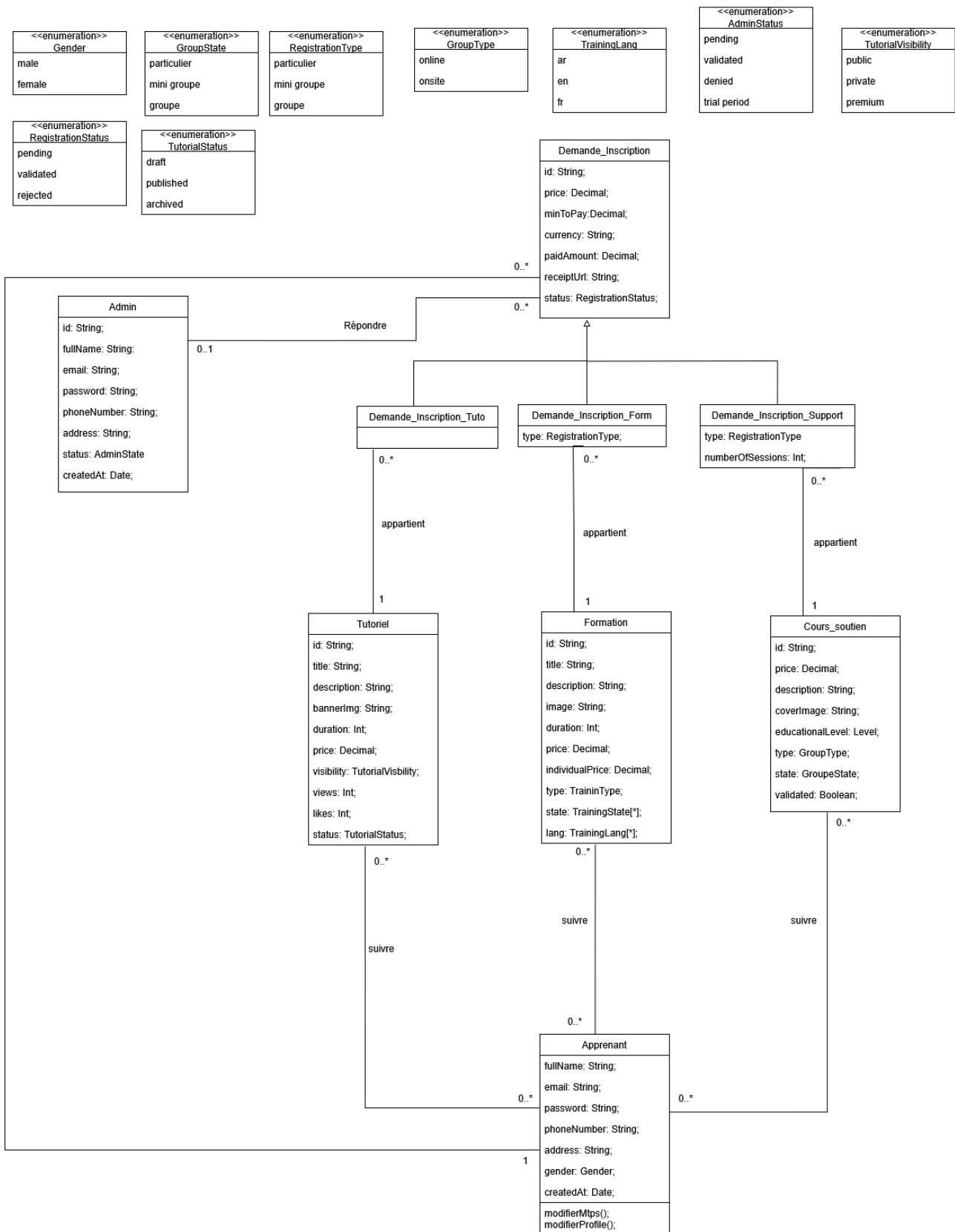


FIGURE A.3 – Diagramme de classes du Sprint 3

Diagramme de classes du Sprint 6

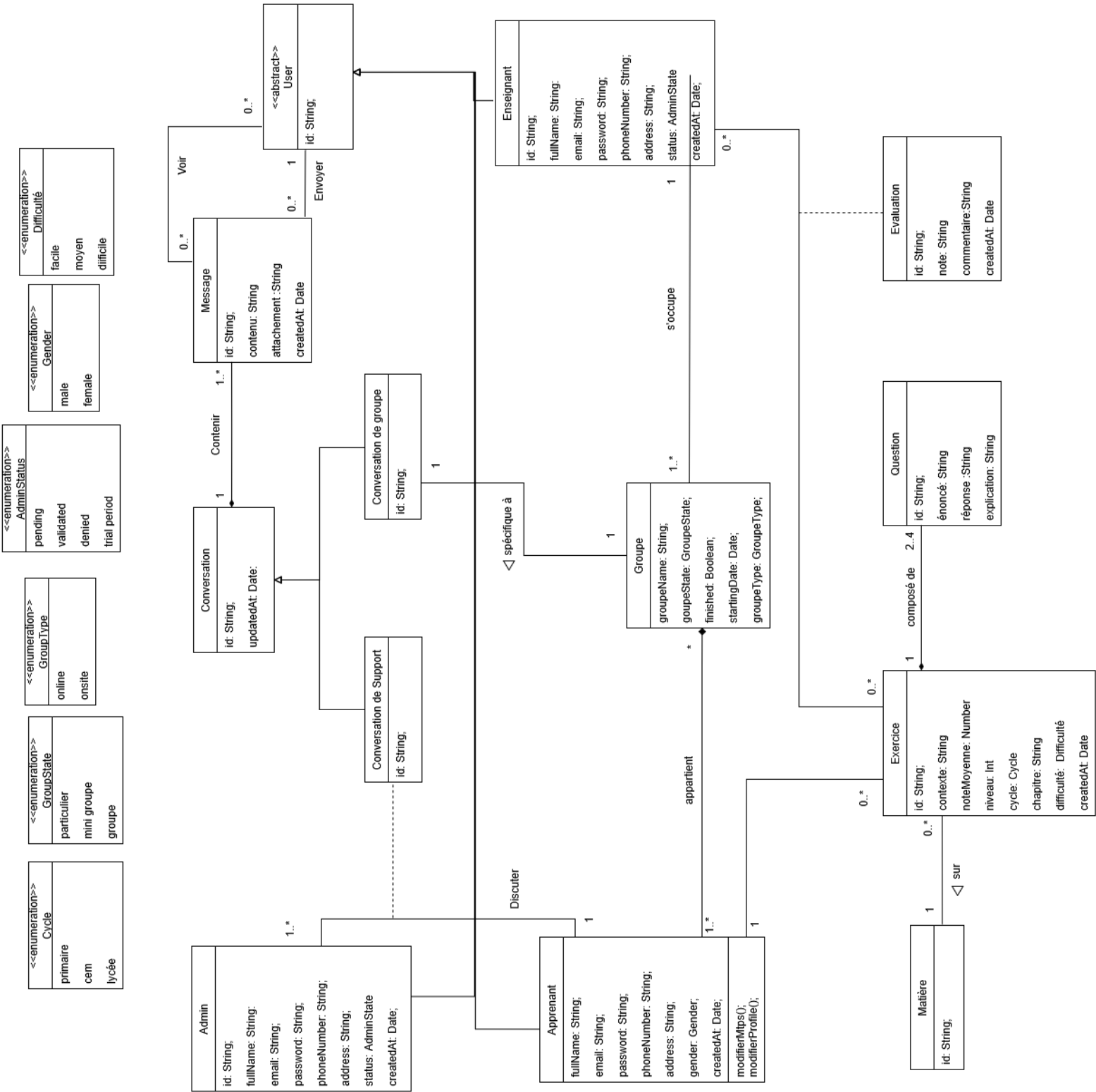


FIGURE A.5 – Diagramme de classe du sprint 6

Ajouter un apprenant à la plateforme

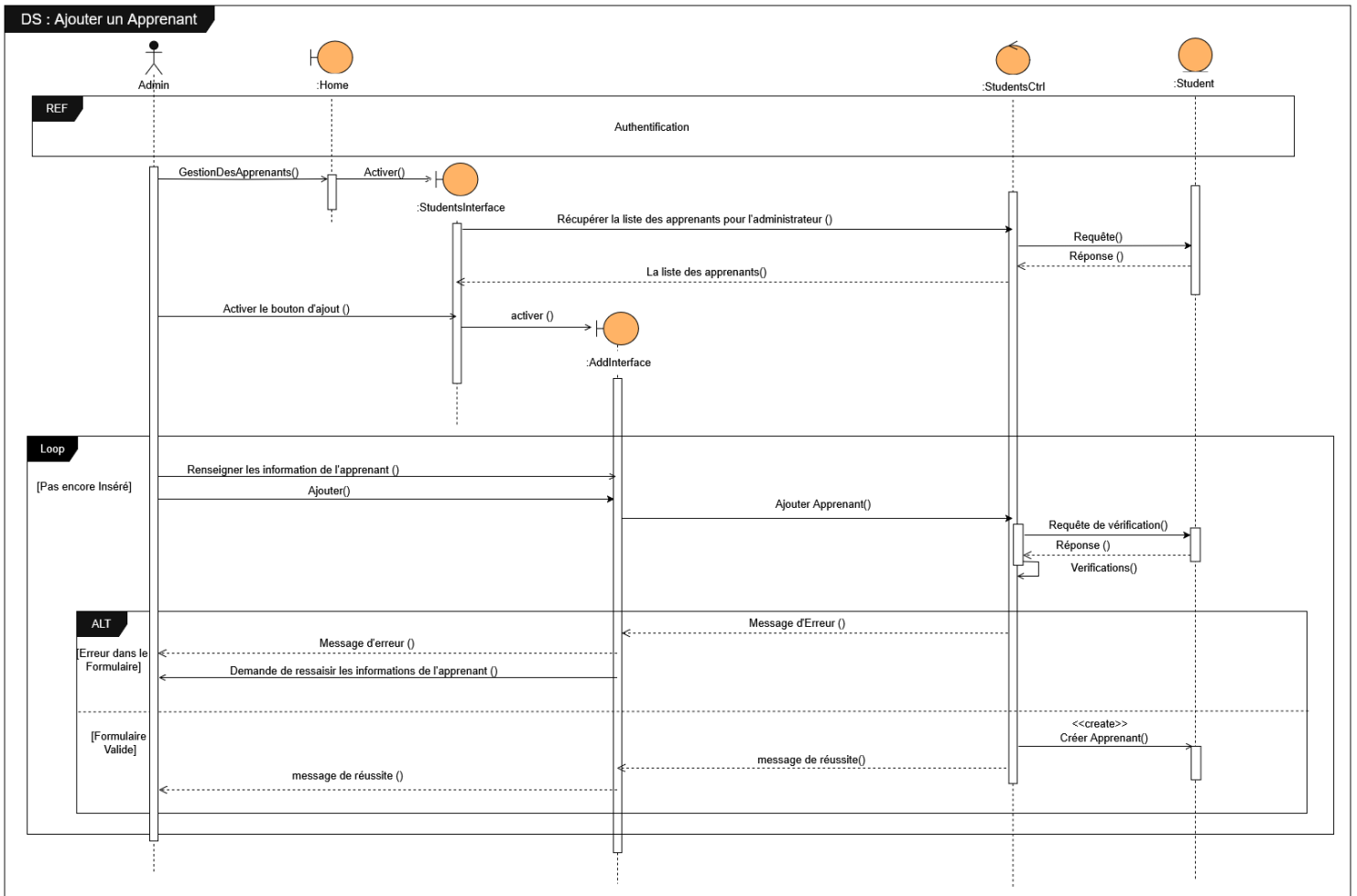


FIGURE A.6 – Diagramme de séquence : Ajouter un apprenant à la plateforme.

Créer un groupe de formation

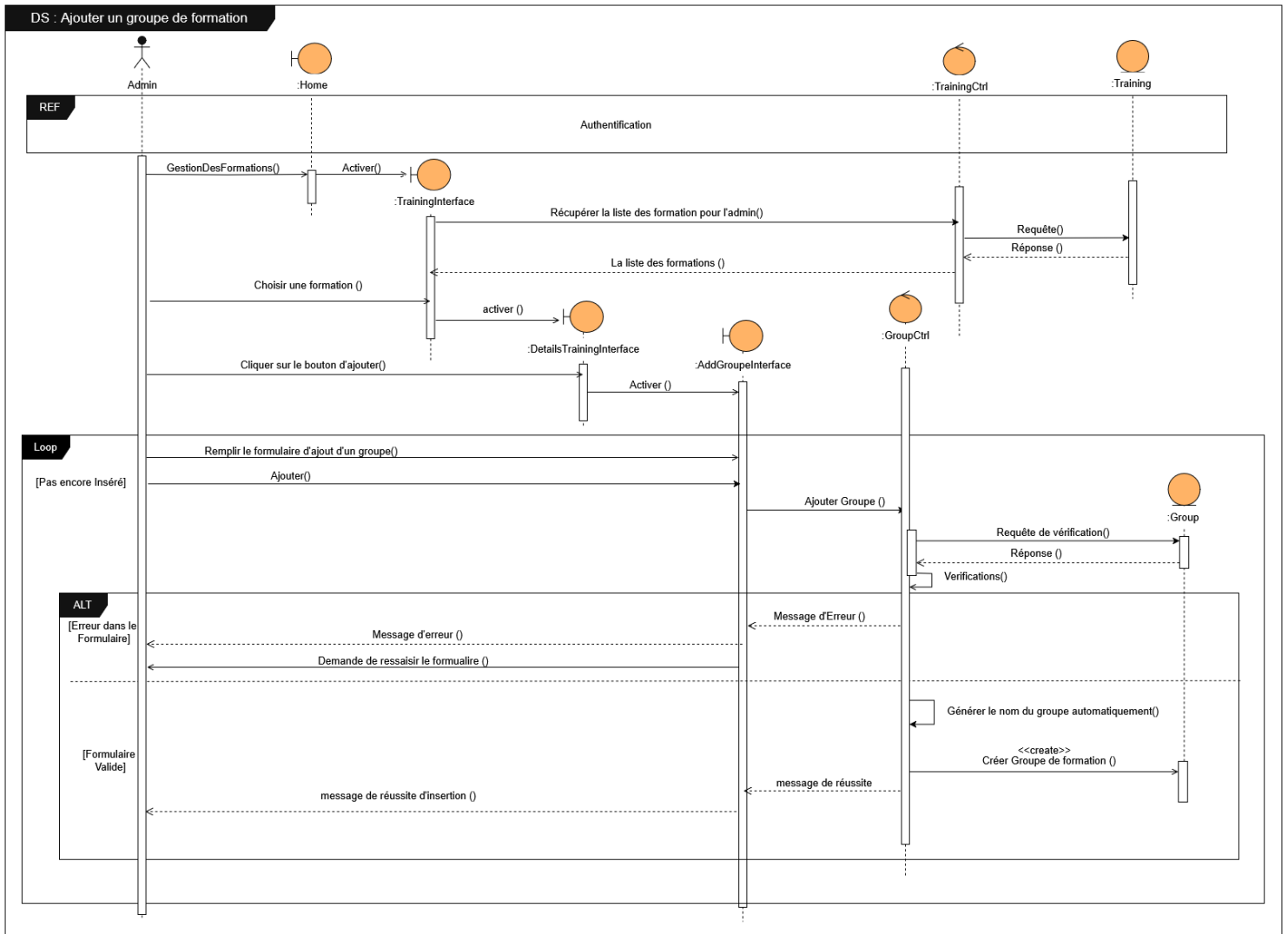


FIGURE A.7 – Diagramme de séquence : Créer un groupe de formation.

S'inscrire en tant qu'apprenant

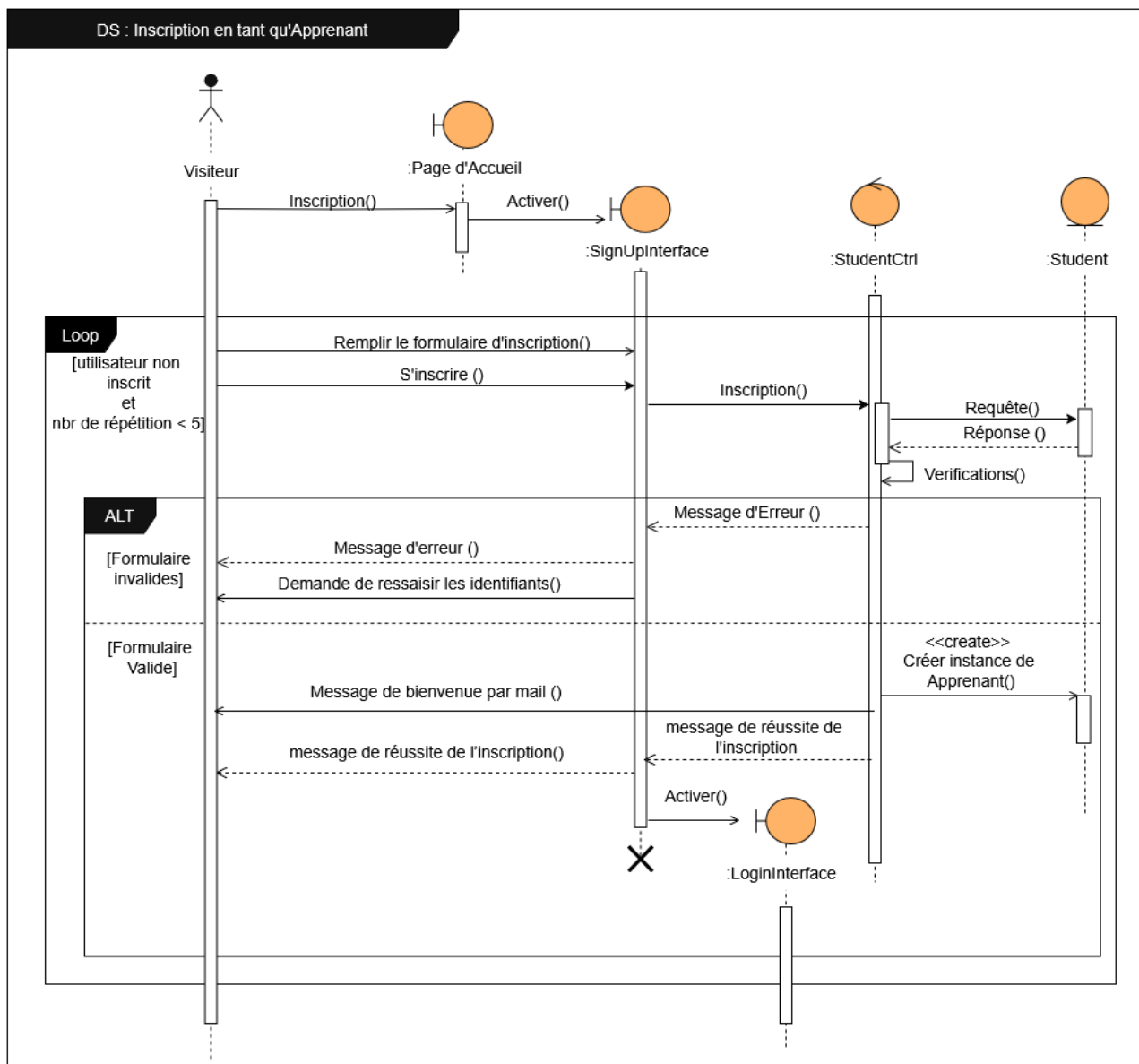


FIGURE A.8 – Diagramme de séquence : S'inscrire en tant qu'apprenant.

Demander à enseigner une formation

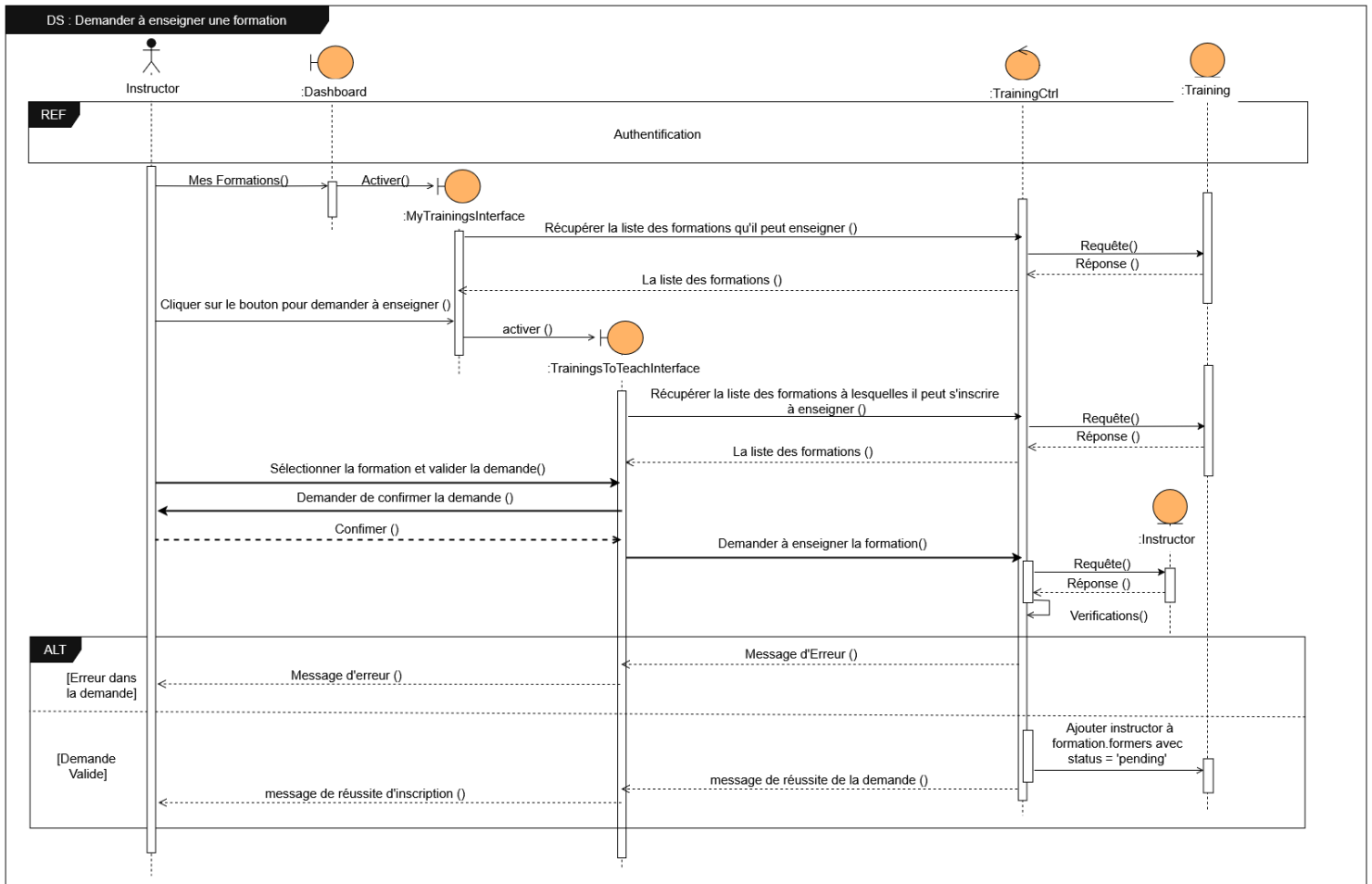


FIGURE A.9 – Diagramme de séquence : Demander à enseigner une formation.

Verser un montant à un enseignant

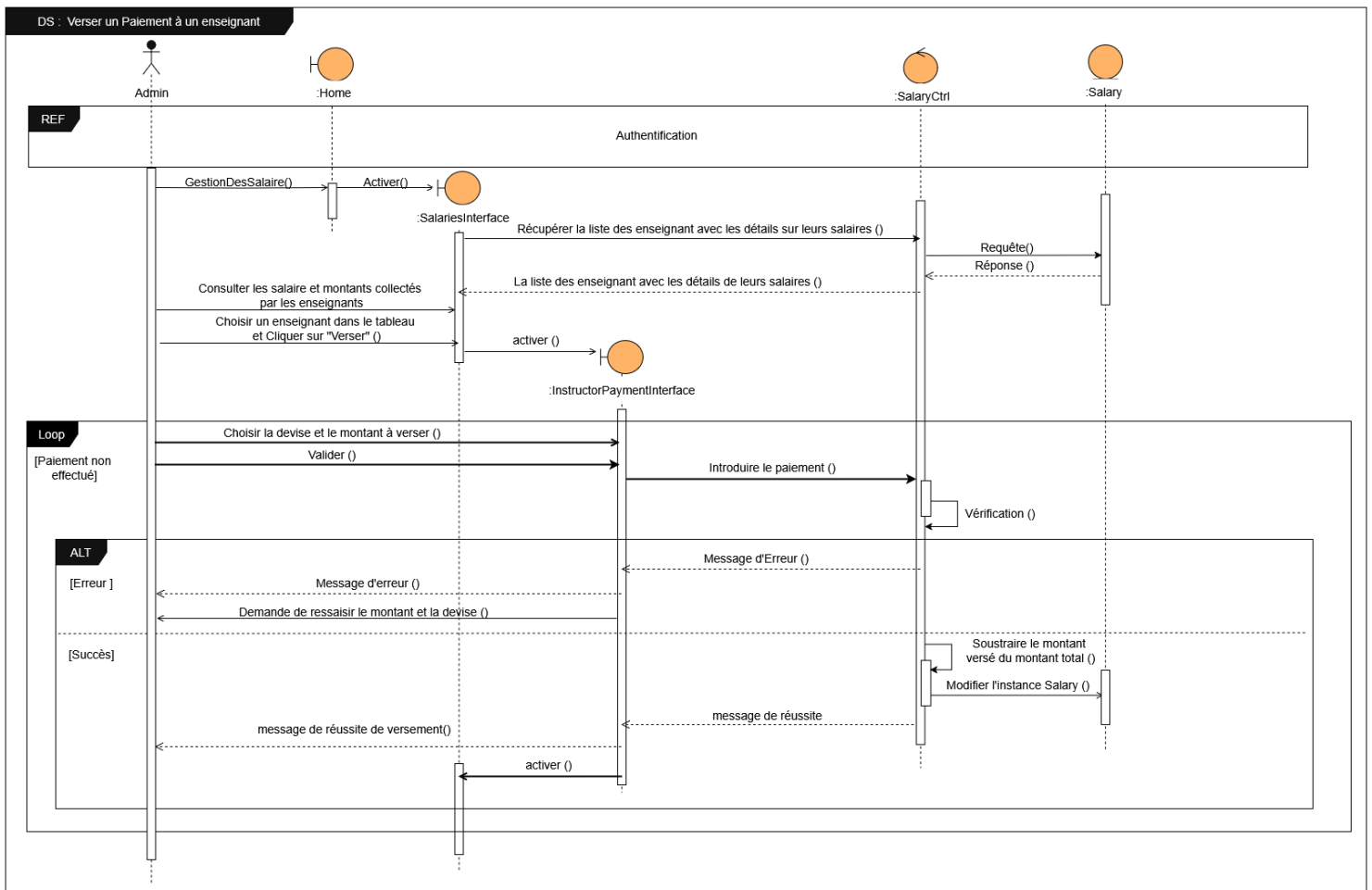


FIGURE A.10 – Diagramme de séquence : Verser un montant à un enseignant.

RÉSUMÉ

Ce mémoire présente la conception et le développement de **BigNova Learning**, une plateforme e-learning pensée pour transformer la gestion pédagogique d'un établissement de formation algérien. Dans un contexte où l'accès à une éducation numérique de qualité devient indispensable, de nombreux apprenants restent freinés par des outils classiques peu adaptés et par une difficulté à exploiter pleinement les potentialités des technologies d'intelligence artificielle. Bien que ces outils soient de plus en plus accessibles, leur usage optimal requiert des repères pédagogiques que beaucoup d'élèves ne possèdent pas encore.

BigNova Learning propose une réponse innovante à cette double problématique en intégrant des modules de planification, de suivi des formations, de communication, ainsi qu'un générateur intelligent d'exercices fondé sur les modèles de langage (LLM). Le projet, mené selon une démarche agile en six sprints, s'appuie sur un socle technologique moderne : React, Next.js, Node.js, MongoDB et DeepSeek-V3. Cette plateforme vise à offrir un environnement d'apprentissage contextualisé, accessible et enrichi par l'IA, sans exiger des apprenants une expertise technique préalable.

Mots-clés : e-learning, école de formation, LLM, React, DeepSeek, Scrum, chatbot.

ABSTRACT

This thesis presents the design and development of **BigNova Learning**, an e-learning platform aimed at transforming the pedagogical and administrative management of a training institution in Algeria. In a context where access to quality digital education is becoming a necessity, many learners are still hindered by outdated tools and by the challenge of making full use of artificial intelligence technologies. While these tools are increasingly accessible, optimal usage still requires educational guidance that many students have not yet developed.

BigNova Learning provides an innovative response to this dual challenge by integrating modules for planning, training tracking, messaging, and an intelligent exercise generator based on Large Language Models (LLMs). Developed on six-sprints following an Agile methodology, the platform is built on modern technologies including React, Next.js, Node.js, MongoDB, and DeepSeek-V3. It offers a contextualized and accessible learning environment enhanced by AI, without requiring prior technical expertise from learners.

Keywords : e-learning, training institution, LLM, React, Dee