

DÉDICACE

À MA FAMILLE

## REMERCIEMENTS

Le présent ouvrage est le fruit d'un travail de recherche rendu possible grâce à la collaboration de nombreuses personnes à qui nous exprimons toute notre gratitude. à :

- ★ Le superviseur Pr. JAZET Pierre Michel pour les conseils pour l'amélioration de ce mémoire de fin d'étude ;
- ★ L'encadreur académique M. ESSONO Ella Junior pour les conseils et recommandation dans l'aboutissement de notre projet de fin d'étude ;
- ★ L'encadreur professionnel M. KITIO Christian pour ses conseils dans la concrétisation de notre travail ;
- ★ Le président fondateur M. GUIMEZAP Paul pour l'accueil dans son institut universitaire ;
- ★ Le directeur général de Monglo Technologies, M. MONGLO Germain pour avoir accepté de nous recevoir au sein de son entreprise ;
- ★ Le chef de département des CS2I M. TEKOU DJOU François, pour ses conseils et son soutien tout au long de cette année académique ;
- ★ M. SOB Chamberlain et M. TAKA Boniface, respectivement principal du collège Jean Paul II et proviseur du lycée bilingue de logpom pour leur accueil chaleureux dans leur institution lors de notre passage pour la collecte des données ;
- ★ Les enseignants de l'IUC pour les connaissances et les conseils ;
- ★ Mes oncles, tantes et soeur, pour le soutien et les encouragements ;
- ★ Mes amis qui n'ont cessé de m'encourager et de me motiver ;
- ★ Mes Camarades de classe pour le partage et l'entraide ;
- ★ Sans oublier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvez en ces mots l'expression de ma grande considération.

Nos travaux découlant d'un constat selon lequel la mathématique a toujours été difficile à assimiler par les apprenants, Celui-ci s'avère vrai à travers notre vécu et vérifié lors de nos travaux d'investigation sur le terrain. Face à ce dilemme qui empêche une éducation saine au sein de notre société, nous nous sommes demandés comment recommander les cours à chaque apprenant en fonction de ses difficultés spécifiques. D'où nous avons pensé à une solution pouvant garantir une appréhension aisée de cette unité de formation. Ce qui sera une garantie pour l'amélioration de l'apprentissage des mathématiques et servira de levier incommensurable pour le devenir des apprenants dès la base. Ainsi, ce mémoire présente AREDU, un système de recommandation de cours basé sur une nouvelle approche qui utilise le filtrage collaboratif (FC) et la décomposition à valeurs singulières (SVD) pour implémenter un système de recommandation vu la limite du FC conventionnel dont la rareté des données et le démarrage à froid. En partant des données réelles collectées au sein de trois (03) établissements dans la ville de Douala, nous avons entraîné notre modèle de telle sorte à recommander des cours à l'apprenant selon sa difficulté suite à un exercice ou une évaluation traitée. Les résultats de l'expérience se sont avérés concluant selon les multiples tests effectués.

**Mots clés :** Système de recommandation, filtrage collaboratif, factorisation des matrices, SVD.

Our work stems from the observation that mathematics has always been difficult for learners to assimilate. We have experienced this through our own experience and verified it during our fieldwork. Faced with this dilemma that prevents a healthy education in our society, we wondered how to recommend courses to each learner according to his specific difficulties. Hence, we thought of a solution that could guarantee an easy apprehension of this training unit. This will be a guarantee for the improvement of the learning of mathematics and will serve as an immeasurable lever for the future of the learners from the base. Thus, this dissertation presents AREDU, a course recommendation system based on a new approach that uses collaborative filtering (CF) and singular value decomposition (SVD) to implement a recommendation system given the limitation of conventional CF including data sparsity and cold start. Based on real data collected in three (03) highschool in the city of Douala, we trained our model in such a way as to recommend courses to the learner according to his difficulty following an exercise or a processed evaluation. The results of the experiment were conclusive according to the satisfaction of the feedbacks.

**Keywords :** Artificial intelligence, Recommender system, CF, matrix factorization, SVD.

<b>Dédicace</b>	<b>i</b>
<b>Remerciements</b>	<b>ii</b>
<b>Résumé</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>iv</b>
Sommaire	v
Liste des abbréviations	vii
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	ix
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>I ETAT DE L'ART</b>	<b>3</b>
<b>1 Revue de littérature</b>	<b>4</b>
1.1 Intelligence artificielle dans l'éducation . . . . .	4
1.2 Apprentissage adaptatif . . . . .	10
1.3 Système de recommandation . . . . .	12
<b>2 Présentation du projet</b>	<b>19</b>
2.1 Compréhension du sujet . . . . .	19
2.2 Etude de l'existant . . . . .	20
2.3 Proposition de solution et approche scientifique . . . . .	21

2.4	Cadrage du projet . . . . .	29
<b>II</b>	<b>MISE EN OEUVRE DU SYSTÈME</b>	<b>39</b>
<b>3</b>	<b>Analyse et Conception</b>	<b>40</b>
3.1	Etudes préliminaires . . . . .	40
3.2	Analyse du système . . . . .	48
3.3	Conception générale . . . . .	69
<b>4</b>	<b>Implémentation de la solution et résultats</b>	<b>77</b>
4.1	Description de l'environnement et outils de développement . . . . .	77
4.2	Approche de développement et tests . . . . .	79
	<b>Bibliographie</b>	<b>87</b>
	<b>Annexe</b>	<b>89</b>
	<b>Table de matières</b>	<b>93</b>

<b>ACP</b>	Analyse à Composants Principals
<b>APC</b>	Approce Par Compétences
<b>CNIL</b>	Conseil National de l'Informatique et des Libertés
<b>EAI</b>	Environnement Apprentissage Intelligent
<b>IA</b>	Intelligence Artificielle
<b>IAED</b>	Intelligent Artificial for EDucation
<b>ITS</b>	Intelligent Tutorial System
<b>LMS</b>	Learning Management System
<b>LXP</b>	Learning Experience Platform
<b>ML</b>	Machine Learning
<b>MOOC</b>	Massive Open Online Course
<b>NLP</b>	Natural Language Processing
<b>SR</b>	Système de Recommandation
<b>SVD</b>	Decomposition Value Singular
<b>TALN</b>	Traitement Automatique du Langage Naturelcc
<b>UML</b>	Unified Modeling Language

## LISTE DES TABLEAUX

2.1	Tableau récapitulatif des méthodes de recherche . . . . .	25
2.2	Estimation de la main d'oeuvre . . . . .	32
2.3	Estimation matérielle et logicielle . . . . .	33
2.4	Tâches du projet . . . . .	35
2.5	Moyens matériels . . . . .	37
2.6	Equipe projet . . . . .	38
3.1	Comparaison des approches de gestion de projet . . . . .	41



## TABLE DES FIGURES

1.1	Schéma d'un VTE . . . . .	9
1.2	Architecture ITS . . . . .	11
1.3	Système de recommandation collaboratif . . . . .	13
1.4	Système de recommandation collaboratif . . . . .	14
1.5	Système de recommandation hybride . . . . .	15
2.1	Illustration de la différence entre personne, échantillon et population .	26
2.2	Diagramme de GANTT . . . . .	36
3.1	Diagramme de bête à corne . . . . .	49
3.2	Diagramme cas d'utilisation "gestion compte" . . . . .	53
3.3	Diagramme cas d'utilisation gestion chapitre . . . . .	53
3.4	Diagramme cas d'utilisation gestion leçons . . . . .	54
3.5	Diagramme cas d'utilisation gestion notion . . . . .	54
3.6	Diagramme cas d'utilisation gestion exercice . . . . .	55
3.7	Diagramme cas d'utilisation gestion evaluation . . . . .	55
3.8	Diagramme usecase gestion tests . . . . .	56
3.9	Diagramme global cas d'utilisation . . . . .	57
3.10	Diagramme sequence authentication . . . . .	59
3.11	Diagramme séquence créer chapitre . . . . .	60
3.12	Diagramme séquence modifier contenu leçon . . . . .	61
3.13	Diagramme séquence supprimer notion . . . . .	63
3.14	Diagramme séquence éditer exercice . . . . .	64
3.15	Diagramme séquence éditer exercice . . . . .	65
3.16	Diagramme activité créer exercice . . . . .	67
3.17	Diagramme activité ajouter question . . . . .	68
3.18	Diagramme de classe . . . . .	70
3.19	Diagramme déploiement . . . . .	71
3.20	Comparaison des approches de recommandation . . . . .	72
3.21	Architecture de la décomposition à valeur singulière . . . . .	76
4.1	Architecture physique du système . . . . .	78
4.2	Dataset 1 . . . . .	80
4.3	Dataset 2 . . . . .	80
4.4	Facteurs latents . . . . .	81
4.5	Récapitulatif des résultats des systèmes de recommandation SVD étudié	81

## INTRODUCTION

L'observation des pratiques d'enseignement au Cameroun au départ de la recherche combinée aux entretiens menés a permis de constater que ces derniers éprouvent d'énormes difficultés dans la gestion des apprentissages et de la classe. Bien que l'application de l'approche par compétence apporte une perception positive de l'apprentissage, il n'en demeure pas moins que la satisfaction ne s'est pas à son comble [1]. En effet, environ 20% des élèves de sixième présentent de gros problèmes dans les matières scientifiques et pour cause : la massification de l'enseignement. Face à des classes généralement plus remplies, les enseignants sont contraints de délivrer le même enseignement à tout le monde, sans prendre en compte le niveau de chacun. Ceci suscite un intérêt particulier dans le domaine de l'éducation et l'un des moyens adéquats pour pallier ce problème pourrait être la recommandation personnelle d'où il est nécessaire de se demander comment recommander les cours à chaque apprenant en fonction de ses difficultés spécifiques. Cette dernière interrogation semble pertinente et résonne comme un appel urgent à mettre en place des outils d'analyse et d'accompagnement optimale afin de proposer un système de recommandation qui identifiera les besoins de l'apprenant et lui proposera des leçons adaptées.

C'est fort de cette idée de solution que nous avons choisi de répondre à la problématique énoncée sous la thématique suivante : ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTEME DE RECOMMANDATION POUR L' APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN CLASSE DE 6e AU CAMEROUN. Ce qui nous confère comme objectif, proposer un système de recommandation qui identifie les besoins de l'apprenant et lui propose des leçons adaptées. Afin de traiter ce sujet, nous avons établi un plan de recherche qui consiste dans un premier temps à effectuer une série de tests sur un échantillon

d'élèves dans trois lycées de la ville de Douala. Dans un second temps, nous avons mené des entretiens semi-directifs avec des enseignants des collèges et lycées d'enseignement secondaires ainsi qu'avec des acteurs du système éducatif au Cameroun. La recherche empirique a été complétée par de nombreuses lectures sur le sujet.

Le présent mémoire qui tient lieu de la restitution du déroulement de cette expérience cruciale va s'articuler autour de 04 chapitres répartis en 2 parties. La première partie, portant sur l'état de l'art, se divise en deux chapitres notamment la revue de littérature qui traite de l'intelligence artificielle en milieu scolaire et de l'apprentissage adaptatif au premier chapitre et de la présentation du projet en deuxième chapitre. La deuxième partie intitulée mise en œuvre du système, qui elle aussi comporte deux chapitres parmi lesquels dont premier présente l'ensemble de notre dossier d'analyse et conception en tant que troisième chapitre, et le second, la réalisation du projet et ses résultats (quatrième chapitre). Le plan ainsi balisé servira d'ossature articulaire de notre présentation.

# **Première partie**

## **ETAT DE L'ART**

# CHAPITRE 1

## REVUE DE LITTERATURE

Ce chapitre permet de mettre en revue la thématique du système de recommandation, l'une des applications de l'intelligence artificielle les plus connues du moment en utilisant les ouvrages, articles édités auparavant. Cette revue de littérature met l'accent sur leur impact dans l'éducation en milieu scolaire. Avant d'entrer dans le vif du sujet, il est important d'expliquer certains concepts clés sur lesquels portent ce travail.

### 1.1 Intelligence artificielle dans l'éducation

De nos jours, nous avons une nouvelle éducation de la data par la data car elle a toujours été présente, elle est juste plus explicite aujourd'hui : les données étant produites et générées par certaines plateformes, on le sait et c'est pourquoi on ouvre de nouveaux espaces pour réfléchir à quelle quantité de données doit être utilisée pour la personnalisation, pour ce modèle d'apprentissage axé sur l'inconnu.

#### 1.1.1 L'intelligence artificielle

Bien que pensé il y a longtemps, l'histoire de l'IA n'est pas récente. Tenter de programmer une machine pour qu'elle interprète un langage et les concepts abstraits de façon à ce qu'elle résolve des problèmes jusqu'alors réservés aux humains est un projet bien ambitieux. L'IA pourrait se définir de nombreuses façons qui tiennent tant des objectifs du champ que des conditions qui sont posées pour la départager d'autres applications informatiques. Depuis 2010, les succès de l'IA sont dus aux approches du machine learning et du deep learning, succès rendu possible grâce à l'augmentation

des puissances de calculs et de stockage, ainsi qu'à la disposition des mégadonnées (big data) [13]; termes fréquemment retrouvés dans des articles d'actualité. Ce vocabulaire généralement utilisé dans le monde de la recherche, se vulgarise au grand public de jours en jours; et pour cause, l'on observe leur émergence au sein des entreprises par des services conçus à partir des solutions d'IA. Celles-ci suscitent un intérêt pédagogique et scientifique croissant depuis une trentaine d'années qui s'est accélérée récemment à la suite des performances de ses techniques. Alors, nous devons avoir un minimum de connaissance dans celle-ci pour autant qu'elle s'insère dans nos produits de consommation tels que les smartphones, tablettes, ... (tel que Alexa de Google ou encore Siri de Apple). Ceci laisse penser que la vulgarisation entraînera un changement non pas seulement dans nos habitudes de travail, mais également dans le quotidien et donc une dépendance d'où selon le point de vue de certains chercheurs (Stephen Hawking; « Le développement d'une intelligence artificielle intégrale pourrait signifier la fin de la race humaine. »), cette technologie pourrait déterminer l'avenir de la race humaine dans sa formule la plus élevée. Dans leur revue systématique de littérature, Zawacki-Richter et al identifient quatre applications principales de l'IA en enseignement supérieur [35] :

- le profilage et la prédiction (admission à un programme d'étude, décrochage scolaire) ,
- Les systèmes de tutorat intelligent (enseignement de contenus pédagogique, rétroaction),
- La mesure et l'évaluation (notation automatique, engagement scolaire) et
- les systèmes adaptatifs et personnalisés (recommandation et sélection de contenus personnalisés)

En revanche, les enjeux éthiques et critiques que soulève l'IA sont peu étudiés en enseignement supérieur et en éducation plus largement [12]. Souhaitant contribuer à cette émergence, nous proposons d'abord quelques enjeux éthiques et critiques de l'IA, sans toutefois prétendre à l'exhaustivité, ainsi que de formuler quelques pistes d'action permettant de mieux les prendre en compte, tant du point de vue de la conception que de l'usage.

## **1.1.2 Les enjeux éthiques et critiques de l'intelligence artificielle liés à l'éducation**

### **1.1.2.1 Enjeux liés aux données massives**

Le lien entre le big data et l'intelligence artificielle est important. Les écosystèmes qui recueillent un grand nombre de données permettent aux systèmes qui ont recours à l'IA de les exploiter. Les enjeux éthiques et critiques liés au big data que nécessitent l'IA peuvent induire des biais éventuels et posent la question de la vie privée sur les acteurs d'école scolaire. C'est le cas par exemple de la suite éducative Google, qui collecte des données sans consentement libre des élèves et du personnel scolaire (en contradiction avec leur politique et celle des Etats) et les exploite de manière opaque. Les données du personnel et des élèves sont donc utilisées à leur insu, causant ainsi un manquement au respect de leur vie privée.

### **1.1.2.2 Enjeux liés aux algorithmes**

Les algorithmes sont au cœur de l'IA. Il s'agit d'une suite d'instructions visant à définir le comportement d'un système pour permettre d'obtenir un résultat à partir de données fournies en entrée. Parfois confronté à des algorithmes si complexes qu'on ne peut résoudre de façon optimale à l'instant t, il est nécessaire d'utiliser des algorithmes heuristiques qui produiront des solutions pas nécessairement optimales mais qui feront l'affaire à cet instant. Par ailleurs, l'IA principalement produite par des entreprises privées plutôt que des instances scolaires génère des enjeux éthiques et critiques relatifs aux expertises et représentations éducatives mobilisées par les équipes de conception. En dehors de l'éducation, plusieurs études ont déjà souligné le manque de diversité au sein des équipes de conception, ce qui se traduit par des biais de représentativité allant de la sous-représentation de certains groupes sociaux à leur discrimination, stigmatisation ou exclusion. Ceci s'observe en 2015 avec l'algorithme de Google photos qui associe une photo de deux personnes noires américaines au tag "gorilles". faute d'avoir été suffisamment entraîné à identifier des visages à la peau foncée.

### **1.1.2.3 Enjeux relatifs à l'autonomie et au jugement professionnels des enseignant(e)s et à l'agentivité des élèves en fonction de la distribution des tâches entre eux et l'IA**

Les systèmes de gestion des comportements permettent aux enseignant(e)s de documenter les comportements nuisibles des élèves qui sont ensuite compilés et signalés automatiquement à l'administration scolaire en vue d'appliquer des conséquences proportionnelles. Faute de temps en salle de classe, certain(e)s enseignant(e)s documentent les comportements après les cours, parfois sans en avoir informé les élèves concernés. Les élèves peuvent donc être mis.es en retrait pour une suite de comportements nuisibles dont elles ou ils n'ont pas souvenir, ce qui met à mal les principes mêmes de cohérence et de justice, en éducation.

### **1.1.2.4 Vers une écologie de l'attention**

A l'ère du 21e siècle, la technologie, dont l'IA devient indispensable. Mais les utilisateurs commencent à se rendre compte des différentes dérives de ces outils numériques. D'où la question : Si elle était mieux connue, la manipulation de l'attention à des fins commerciales serait-elle socialement acceptée? Il est question ici d'amener l'utilisateur à être conscient de l'impact de son utilisation du numérique sur son bien être physique et psychologique.

### **1.1.3 Prévenir les enjeux de l'intelligence artificielle**

De ces types d'enjeux éthiques et critiques, il est possible d'esquisser quelques pistes de réflexion et d'action. En premier lieu, ces enjeux gagnent à être pris en compte dès la phase de conception, afin de prévenir autant que possible des retombées négatives éventuelles lors de l'usage. On peut alors se poser la question suivante : dans quelle mesure les équipes de conception intègrent-elles des expertises et des représentations éducatives lorsqu'elles développent des technologies impliquant l'IA? Un premier pas pour s'en assurer consiste, pour les équipes de conception, à opter pour des modèles centrés usager » dans le but de maximiser la prise en compte des expertises et des représentations éducatives et de préserver la finalité éducative des finalités économiques et techniques. Un pas supplémentaire consiste à adopter et respecter des principes éthiques de conception, comme le fait d'informer systématiquement et explicitement les usagers lorsqu'elles ou ils sont en interaction avec un système d'intelli-



gence artificielle. Sur le plan de l'usage, sensibiliser les élèves et le personnel scolaire aux enjeux de l'IA en éducation implique d'intégrer une dimension éthique et critique explicite à la formation aux technologies. Pour être complète, cette dimension gagnerait à ne pas se limiter aux « bons usages » de l'IA, mais à s'articuler autour de la compréhension des interactions entre la conception et l'usage de l'IA d'une part, et entre les usages et leurs implications éducatives et sociales d'autre part. Par exemple, le modèle techno éthique de Krutka et al. (2019) ouvre une voie intéressante en formation initiale et continue des enseignants : pour déterminer si une technologie donnée est éthique, il propose une analyse des dimensions éthique, légale, démocratique, économique, technologique et pédagogique, guidée par des questions, ainsi que des éléments à considérer et des applications pratiques à intégrer à la formation des enseignants.

#### **1.1.4 Possibilités et défis pour l'éducation**

L'IA, ne possédant pas (encore) les qualités humaines propre à la profession (jugement critique, empathie, bienveillance, ...), l'enseignement pourrait faire parti des emplois les moins menacés de disparition bien qu'elle ait marqué un pas avec l'apprentissage adaptative mais le personnel enseignant sera de plus en plus appelé à jouer un rôle de conseiller, de guide et d'accompagnateur.

##### **1.1.4.1 Des exemples d'application de l'IA en éducation**

Elle s'utilise de plusieurs façons dont : Les systèmes tutoriels intelligents qui s'adaptent en temps réel aux capacités et aux besoins de la personne en formation Les tests corrigés automatiquement qui fournissent des informations utiles sur les compétences et aptitudes qu'elles ont développées. Les environnements d'apprentissage collaboratif Les enjeux visant l'apprentissage, D'où elle marque un pas important avec l'apprentissage adaptatif selon le profil de l'apprenant, ce qui favorise la différenciation pédagogique.

Le schéma de VTE est plus explicite sur le processus d'adaptation de l'IAED

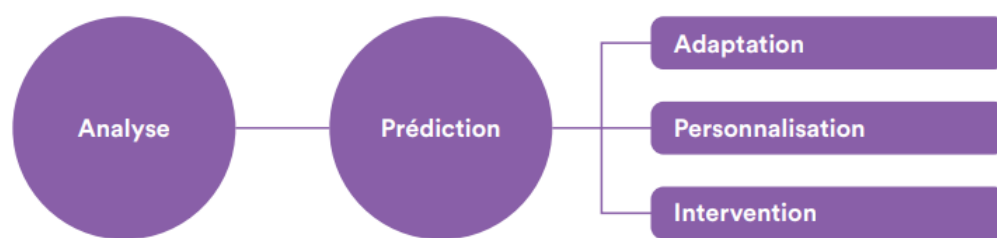


FIGURE 1.1 – Schéma d'un VTE

Bien que l'IA propose des outils pour améliorer l'apprentissage, il n'en demeure pas moins qu'il s'agit d'une technologie qui a des répercussions sur notre vie quotidienne et à l'égard de laquelle nous devons demeurer critiques.

#### 1.1.4.2 Des compétences à développer

Pour répondre à des défis éducatifs, il est nécessaire d'éduquer les individus sur l'IA ainsi qu'à l'IA l'intelligence humaine (Éduquer à l'IA qu'avec l'IA) vu qu'elle augmentera la nécessité de développer de nouvelles compétences ce qui pourrait provoquer une pénurie d'enseignants mais aidera tous les élèves à réaliser leur potentiel.

La principale contribution de l'IA au logiciel d'éducation est la modélisation de l'expertise. L'expertise est la capacité pour le système expert de résoudre les systèmes complexes que les apprenants doivent résoudre.

On peut modéliser l'expertise de 04 manière :

- L'interaction : le processus de résolution du problème est découpé par étape intermédiaire
- L'explication : la méthode utilisée pour résoudre le problème est décrite ici en langage naturel
- Le Diagnostic : cette méthode analyse les réponses de l'apprenant pour établir des propositions à propos de ses connaissances : ce qu'il sait et ce qu'il ne sait pas.
- Le curriculum : Cette méthode décide quel concept ou compétence à enseigner à l'apprenant sur la base de son comportement

En conclusion, modéliser l'expertise permet au système de fixer le problème avec l'apprenant, de négocier les étapes intermédiaires, d'expliquer les décisions et de rai-

sonner sur la connaissance de l'apprenant ; on dit que le système résonne avec l'apprenant. L'IA, vu comme un outil pour mieux apprendre, est le premier usage auquel on pense. Utiliser des algorithmes d'intelligence artificielle pour proposer des outils afin de mieux apprendre, optimiser le rendement de l'apprenant. Le point clé est l'apprentissage adaptatif.

## 1.2 Apprentissage adaptatif

### 1.2.1 Qu'est-ce que c'est ?

L'apprentissage adaptatif est une tendance émergente en enseignement supérieur. Il repose sur des cours, des exercices et des évaluations qui s'ajustent en temps réel aux besoins d'un apprenant. L'adaptation est réalisée en temps réel grâce à des algorithmes qui font des inférences à partir des actions de l'apprenant en session d'apprentissage. Un exemple d'inférence est le diagnostic de leurs erreurs. Plus la machine simule le comportement d'un tuteur humain, plus elle est dite "intelligente". On parle alors de tuteur intelligent et d'apprentissage adaptatif intelligent [29].

Le caractère "intelligent" d'un environnement d'apprentissage réside dans le fait qu'il puisse s'adapter à l'apprenant. Par adaptabilité, on entend la capacité de l'environnement d'apprentissage à modifier son comportement à partir d'inférences effectuées en fonction du contenu actualisé d'un modèle de l'apprenant, que ce soit sur son état cognitif, métacognitif ou affectif.

L'adaptabilité d'un environnement d'apprentissage intelligent (EAI) est mise en œuvre grâce aux données éducatives qui y sont collectées. Elles correspondent généralement à des informations :

- Sur le profil de l'apprenant, la stratégie pédagogique et le domaine d'apprentissage ;
- Provenant de la saisie des interactions de l'apprenant avec l'interface de l' .

Ces données sont généralement utilisées pour :

- Planifier dynamiquement les objectifs et les activités d'apprentissage dans l' ;
- Configurer son interface, la présentation et la séquence des activités ;
- Guider l'apprenant lors d'une activité ;
- Établir un diagnostic cognitif de l'apprenant.

### 1.2.2 Architecture et composition d'un système d'apprentissage adaptatif

Les systèmes d'apprentissage adaptatif sont généralement divisés en différentes composantes ou "modèle". Différents groupements de modèles ont été présentés, et la plupart des systèmes incluent une partie ou l'ensemble des modèles suivants :

- Le modèle expert ou modèle de domaine : le modèle contient l'information qui est à enseigner
- Le modèle apprenant : le modèle relève les traces de l'apprenant et enregistre sa progression (personnaliser l'apprentissage en tenant compte des particularités de l'apprenant)
- Le modèle d'instruction ou modèle pédagogique : le modèle décide effectivement ce qu'il y a à apprendre
- Environnement : c'est l'interface avec laquelle l'utilisateur interagit avec le système. Il constitue la couche de communication (les interactions) entre l'apprenant et le système.

Ils sont résumé sur l'architecture des ITS suivante :

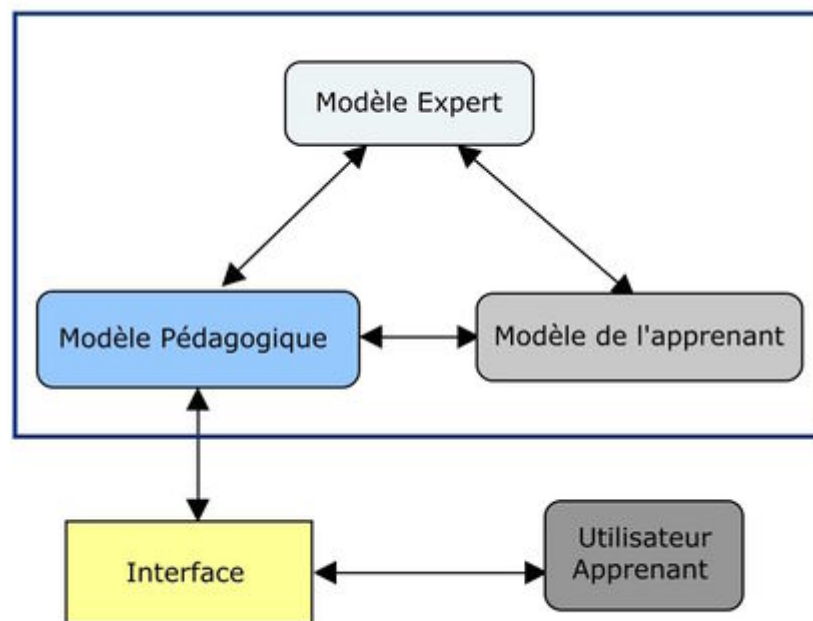


FIGURE 1.2 – Architecture ITS

## 1.3 Système de recommandation

### 1.3.1 Définition

Selon R. Burke[32] et L. Cui [14], un système de recommandation est un système qui produit des recommandations individualisées ou qui a pour effet de guider l'utilisateur de manière personnalisée vers des éléments intéressants ou utiles lorsque de nombreuses options sont possibles. De plus en plus, les systèmes de recommandation deviennent indispensables dans tous les domaines afin de faire face à l'augmentation de la quantité d'informations et de produits disponibles et à la demande toujours croissante des utilisateurs.

Un système de recommandation est un moteur qui produit des recommandations individualisées ou qui a pour effet de guider l'utilisateur de manière personnalisée vers des contenus intéressants ou utiles parmi de nombreuses options possibles. Ces outils font déjà partie intégrante de notre vie quotidienne. Ceux-ci se glissent plus ou moins discrètement dans nos vies numériques et rythment notre quotidien lors de nos navigations sur le web. Nous n'en sommes pas tous conscients, pourtant, la recommandation de contenu est omniprésente dans tous les grands secteurs d'activités numériques, par exemple : le e-commerce, la presse en ligne, les services de streaming vidéo et musical et bien entendu les réseaux sociaux y ont aussi massivement recours.

#### → Pourquoi utiliser des algorithmes de recommandation ?

Si tous les grands acteurs de ces secteurs ont vite saisi les opportunités offertes par l'immensité de données mise à disposition par les internautes, c'est que les algorithmes de recommandation sont utiles à bien des fins :

- Amélioration de l'expérience utilisateur
- Augmentation continue des performances clés (durée de visionnement, temps de lecture, panier moyen, raccourcissement des délais de recherche de contenus/produits, etc.)
- Gestion d'un volume croissant de données impossible à traiter manuellement
- Analyse pointue des données pour des recommandations personnalisées pertinentes
- Automatisation du filtrage des données

### 1.3.2 Les catégories de système de recommandation

#### 1.3.2.1 Le filtrage collaboratif

Il repose sur l'adage qui stipule : "Si deux personnes ont aimé des contenus identiques par le passé, elles ont une probabilité élevée d'aimer les mêmes choses dans le futur." C'est actuellement l'un des moyens les plus performants quand il s'agit de faire de la recommandation à des lecteurs déjà connus.

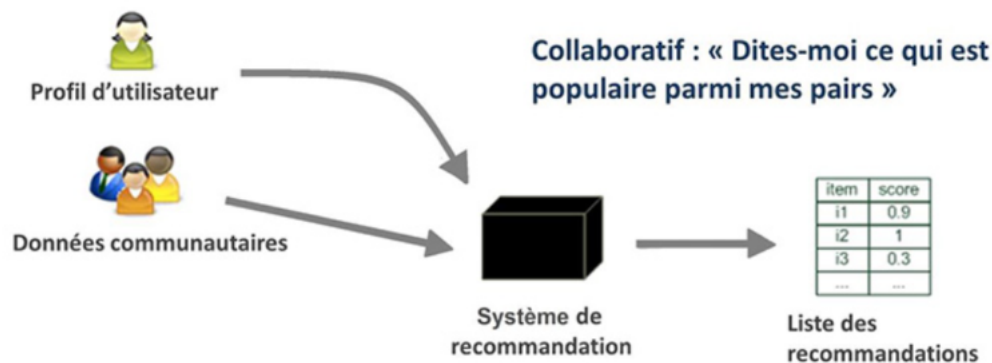


FIGURE 1.3 – Système de recommandation collaboratif

Les recommandations personnalisées issues du filtrage peuvent être déterminées de plusieurs manière, notamment :

- ★ Sur le profil des lecteurs (User-based)

Il repose sur le principe : si des lecteurs ont des comportements et goûts de lecture similaires par le passé, alors, ils devraient également en avoir dans le futur. L'avantage du filtrage collaboratif est qu'il est agnostique au contenu. Il se base uniquement sur le profil de navigation des lecteurs pour faire des recommandations personnalisées.

- ★ Sur les profils de contenus (Item-based)

Cet algorithme fonctionne un peu comme le user-based, mais utilise les similarités entre les profils d'articles pour proposer les recommandations aux lecteurs. Pour identifier les similarités entre articles, l'item-based utilise un profil d'article qui est constitué de la liste des utilisateurs ayant lu/aimé cet article. Les articles identifiés comme similaires à un article donné parce que les mêmes gens les ont aimés sont alors recommandés aux gens qui ont lu cet article.

- ★ Sur la factorisation de matrice

On peut voir la liste des profils utilisateurs comme une matrice. Typiquement, la ligne  $u$  contient la liste des articles aimés par  $u$ , la colonne  $a$  contient la liste des utilisateurs qui ont aimé  $a$ . L'objectif d'un algorithme de recommandation est de remplir les cases vides de cette matrice.

Un problème de factorisation matricielle est un problème d'optimisation où l'on suppose que le modèle  $M$  est le produit de matrices de facteurs latents, comme par exemple  $M_{ij} = \{ U_i, V_j \}$ , où  $U_i$  est le vecteur (de taille  $d$ ) des variables latentes explicatives de l'utilisateur  $i$  et  $V_j$  est le vecteur des variables latentes explicatives de l'article  $j$ . Généralement, on considère que le nombre de variables latentes  $d$  est très inférieure à la taille des données. Le but de la factorisation matricielle est d'estimer ces matrices  $U$  et  $V$  afin d'obtenir une reconstruction qui jouera le rôle de fonction score  $M^{\wedge}_{ij} = \{ U_i, V_j \}$ . Le principal intérêt de la factorisation (particulièrement dans la recommandation) est de fournir une représentation de faible rang d'un modèle de grande dimension.

### 1.3.2.2 Le filtrage de type "Content based"

Ici, l'algorithme analyse un ensemble de contenu sans prendre en compte les utilisateurs (en tout cas, pas dans un premier temps) et détecte les similarités entre les contenus à des fins de recommandation en inspectant son contenu. L'analyse de contenu consiste par exemple à identifier le sujet d'un contenu en répertoriant tous les mots d'un article de presse (excepté les stop words) puis en comparant tous les mots de l'article analysés aux autres articles. Plus un article aura un nombre de mots similaires, plus ces articles seront considérés comme "proches" permettant ainsi de détecter les sujets identiques ou similaires et d'en déduire des recommandations pour le lecteur.

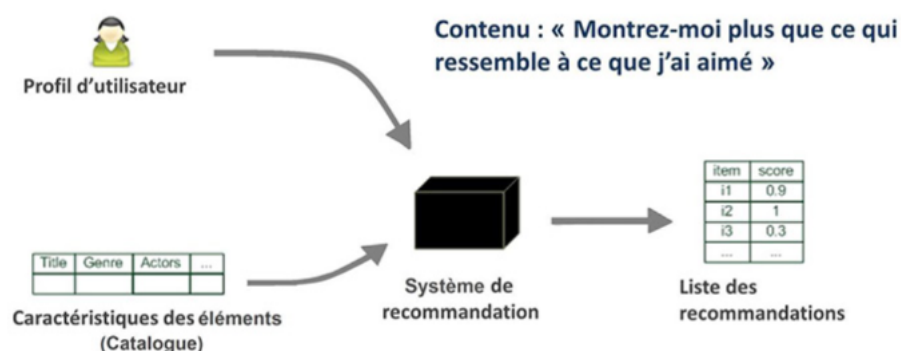


FIGURE 1.4 – Système de recommandation collaboratif

### 1.3.2.3 Les approche hybrides

Un système de recommandation hybride utilise des composants de différents types d'approches de recommandation ou s'appuie sur leur logique. Par exemple, un tel système peut utiliser à la fois des connaissances extérieures et les caractéristiques des éléments, combinant ainsi des approches collaboratives et basées sur le contenu.

Le terme "hybride" est un artefact de l'évolution historique des systèmes de recommandation où certaines sources de connaissances ont été exploitées en premier lieu, conduisant à des techniques bien établies qui ont ensuite été combinées. L'objectif est alors de s'appuyer sur des sources de connaissances multiples, en choisissant les plus appropriées à une tâche donnée afin de les utiliser le plus efficacement possible.

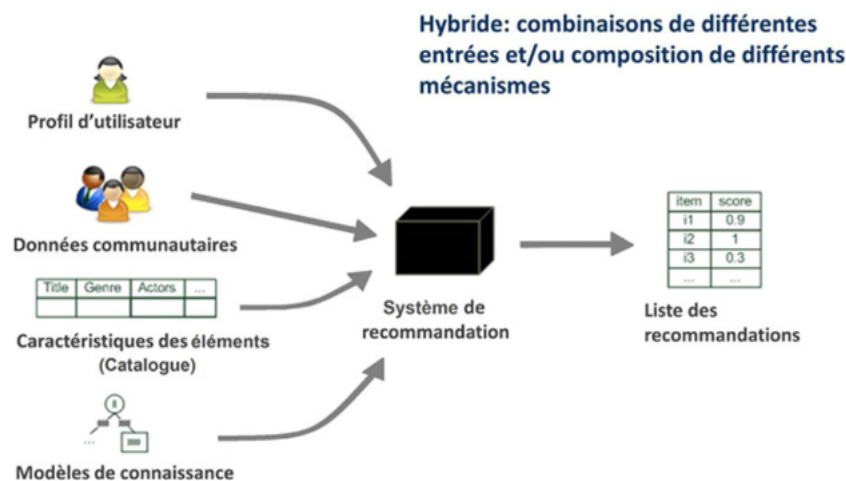


FIGURE 1.5 – Système de recommandation hybride

### 1.3.3 L'éthique et les systèmes de recommandation

Il nous semble important d'évoquer les problèmes éthiques soulevés dans le monde de la recommandation.

De nombreuses polémiques ont eu lieu quant à la façon dont étaient recueillies, stockées ou utilisées certaines données sur les utilisateurs; en effet, la personnalisation des recommandations est d'autant plus précise qu'elle utilise des données pertinentes sur l'utilisateur, ses goûts et ses comportements. Or l'acquisition et le stockage de données personnelles peut s'avérer intrusive et constituer une violation de la vie privée, notamment lorsque les informations sont collectées de manière implicite à l'insu de l'utilisateur (sans parler des risques de divulgation inopportune de ce type d'informa-



tion). De plus, l'absence de transparence des entreprises quant à l'utilisation de ces données ou à la façon dont sont réalisées les recommandations n'est en rien rassurante pour les utilisateurs. On peut notamment citer Google qui est poursuivi en juin 2013 par la CNIL [8] pour la façon jugée illégale de collecte d'informations des utilisateurs et pour l'absence de transparence de l'utilisation qui est faite de ces informations [19]. Netflix a également fait l'objet d'une plainte en décembre 2009 pour avoir libéré les données du challenge bien qu'aucune information personnelle n'y figurait.

De plus, la connaissance de l'utilisateur par le système de recommandation pourrait aller jusqu'à la personnalisation d'une véritable stratégie d'influence [11]. Un système de recommandation se doit, en plus de respecter la législation, d'être transparent sur sa façon d'effectuer les recommandations pour éviter son rejet par les utilisateurs. Ainsi il devient fréquent de se voir justifier la suggestion d'un article par des phrases du type « les utilisateurs qui ont acheté ce produit, ont également acheté tel produit » rassurantes pour l'utilisateur, qui voit ainsi comment sont utilisées les informations dont disposent les entreprises. Il reste cependant beaucoup à faire, principalement sur le manque de transparence au niveau de la collecte des données et sur leur utilisation.

### 1.3.4 Les systèmes de recommandation en éducation

Un survol de la littérature met rapidement en évidence la pluralité et la diversité des systèmes de recommandation en éducation. Ces modèles se regroupent en trois typologies :

#### → *Les systèmes de recommandation pour guider les apprenants*

Il existe plusieurs systèmes de recommandation dans l'apprentissage, l'intérêt de mettre en place un système de recommandation sur une plateforme d'apprentissage (type LMS [9], LXP, etc.) est de guider l'apprenant dans son parcours pédagogique en évitant de le surcharger d'informations inutiles. Ces recommandations sont adaptées à ses besoins et ses caractéristiques comme son niveau de maîtrise, ses connaissances antérieures, ses capacités cognitives, ses compétences, et cela afin de l'aider à progresser.

#### → *Le traitement automatique du langage naturel pour la gestion des contenus pédagogiques*

Le traitement automatique du langage naturel (TALN), traduit littéralement Natural language processing en anglais (NLP) est un des domaines qui évolue le plus

rapidement. Cette discipline de l'IA permet de traiter des données liées au langage que nous utilisons habituellement au format textuel avec les outils de traduction automatique, ou bien vocale avec les assistants vocaux (Siri, Alexa ou Google Home, pour n'en citer que quelques-uns). Le secteur de l'apprentissage foisonne de ressources pour l'utilisation du TALN avec des contenus de formation variés (cours, questions, livres, vidéos, etc.). Ses cas d'applications sont nombreux et peuvent bénéficier aux différents acteurs de la formation, du concepteur de contenu jusqu'au formateur en passant par l'apprenant. On compte parmi les applications possibles :

- La classification de contenus similaires sous une même thématique à l'aide d'algorithmes d'apprentissage supervisés
- La génération automatique de questions à partir de plusieurs corpus de textes - La création de synthèses et de résumés de contenu - L'aide à la correction en mettant par exemple en évidence les passages liés à certains mots-clé.

Exemple : ProfessorBob.ai, assistant de ... développé depuis 2018.

### *→ Le clustering pour mieux comprendre les apprenants et leurs besoins*

Le clustering consiste à séparer des éléments en groupes homogènes selon certaines caractéristiques communes. Ce type d'algorithme est utilisé dans des contextes pédagogiques, il permet par exemple de regrouper des apprenants pour faire apparaître des groupes de personnes présentant des difficultés ou au contraire d'autres qui seraient plus avancés sur une compétence à acquérir. Ce type d'information s'avèrera utile pour le formateur qui, en fonction des résultats, pourra offrir un accompagnement plus personnalisé à chaque apprenant. Le clustering peut également être utilisé pour prédire de futurs comportements comme le décrochage, ce qui permet au formateur d'avoir "un pas d'avance" dans son suivi particulier des apprenants.

Divers systèmes se sont basés sur ces modèles de recommandation. C'est le cas par exemple de :

- ProfessorBob.ai qui afin de lutter contre le décrochage scolaire, développe en 2018 un assistant d'enseignement virtuel capable de répondre aux questions des élèves à la place de leur professeur. Face à une incompréhension lors d'une activité, au lieu de ressortir son cours, l'apprenant pourra directement chercher la notion sur laquelle porte son incompréhension. En effet, automatise

la construction de ces services à partir des connaissances des cours de ses clients. Ses algorithmes et modèles IA prennent en entrée des vidéos, des PDF, des documents de cours... et extraient et modélisent la connaissance portée par ces sources sous forme de questions/réponses (avec NLP) et d'exercices interactifs. En parallèle, ils extraient des mots et concepts clés, analysent leurs relations pour construire un graphe de connaissance. La start-up s'attache à simplifier ce graphe, pour l'instant très massif, afin de faciliter son exploitation par des ingénieurs pédagogiques, voulant accompagner les apprenants tout au long de leurs apprentissage et rendre l'éducation plus facile et plus efficace pour tous les apprenants, quel que soit leur niveau, rythmes et modalités d'apprentissage. Le résultat s'annonce encourageant car la recommandation sur les ressources donne une probabilité élevée mais le processus reste toujours en cours.

- Domoscio propose aujourd'hui des produits matures exploitant le potentiel des systèmes de recommandation pour individualiser la formation. "Grâce aux projets mis en œuvre avec nos clients, nous avons pu mesurer et valider l'impact pédagogique des recommandations de formations sur la montée en compétences des apprenants." révèle le directeur général de Domoscio.

Première à se lancer sur le créneau de l'adaptative learning qui commence à faire des adeptes. Utilisée surtout par les entreprises pour la formation professionnelle, en France et dans plusieurs pays européens, sa solution est aussi déployée dans l'enseignement supérieur, sur plusieurs plateformes d'apprentissage en ligne et autres MOOC. En utilisant les mêmes techniques de recommandation fondée sur le machine learning, que les systèmes de recommandation utilisés par Netflix ou Google, pour ne citer qu'eux, on peut ainsi automatiser l'individualisation des parcours d'apprentissage des étudiants et des personnes voulant se former à un métier », explique Benoit Praly, président et cofondateur de Domoscio. C'est dans cette logique que la start-up se sert des éditeurs scolaires ou de formation continue afin d'avoir des ressources (vidéos, leçons, exercices, questionnaires, modules...).

## CHAPITRE 2

# PRÉSENTATION DU PROJET

Ce chapitre fera office de l'analyse de l'existant et présentera le cadrage du projet du projet. Ici, nous déroulerons tout ce qui constitue ledit projet.

## 2.1 Compréhension du sujet

### 2.1.1 Contexte

La complexité de résolution des exercices de certains problèmes, généralement due à la non compréhension de la matière entraîne une démotivation de l'apprenant et le pousse parfois à abandonner. Avec les avancées technologiques ces dernières années, de nombreux systèmes d'apprentissage en ligne (MOOC, applications de e-learning, ...) sont proposés. On s'attendait donc à ce que ce problème soit réglé, mais ce n'est pas toujours le cas du fait qu'ils ne touchent pas réellement le véritable problème. Toutefois, la démocratisation de ces outils d'apprentissage jusqu'alors réduits au contexte du laboratoire, a augmenté la quantité de données utilisateurs en contexte réel disponible et permet d'utiliser les techniques d'intelligence artificielle pour améliorer les systèmes d'apprentissage adaptatif.

L'énorme difficultés qu'ont les élèves en cours de mathématiques est due au cumul des lacunes sur plusieurs notions. Ce qui rends l'apprentissage très difficile. Or l'enseignant en classe ne peut pas à la fin de chapitre suivre les difficultés de tous les élèves. Notons que nous avons des classes de 70-80 élèves par classe dans les grandes métropoles. S'il doit suivre tous les élèves au cas par cas, le programme ne tiendra pas sur les délais impartis.

### **2.1.2 Délimitation du sujet et hypothèse de travail**

Notre travail se limitera à l'application l'intelligence artificielle et de l'apprentissage adaptatif à l'éducation. Notre hypothèse de travail consistera à :

- S'appuyer sur les manuels de mathématique de 6e pour identifier les ensembles de connaissance les plus pertinents et créer des tests à partir de celles-ci afin de stimuler l'engagement de l'apprenant ;
- Recommander les cours se référant aux manuels de mathématiques appropriés en fonction des erreurs de l'apprenant.

## **2.2 Etude de l'existant**

### **2.2.1 Description du système pédagogique existant au Cameroun**

Nous ne saurions débiter ce travail sans avoir une idée claire et précise sur l'existant tel qu'il soit. Tout au loin d'une année, est proposé à l'école en générale un programme de mathématiques spécifique à chaque classe dont la 6e en particulier. Celui-ci est subdivisé en chapitres portant sur des concepts précis. A la fin de l'apprentissage de chaque concepts, des exercices sont proposés par certains enseignants, pour d'autres, ceci se fait à la fin des chapitres. Tout ceci en suivant un canevas qui doit être terminé dans les temps impartis.

### **2.2.2 Critique de l'existant**

Plusieurs problèmes sont à observer dans la compréhension de l'éducation scolaire de l'apprenant :

- Vu le temps imposé pour la gestion du programme de mathématique, l'enseignant ne s'arrêtent pas à la difficulté de chaque élève ;
- Manque de suivi de tous les élèves ;
- Temps énorme pris pour l'explication des notions la plus part comprises par l'apprenant.

## 2.3 Proposition de solution et approche scientifique

### 2.3.1 Ébauche de solution

Après avoir mené une étude approfondie sur les solutions envisageables et afin d'offrir une solution répondant au mieux aux attentes fixées, il serait intéressant de conserver les aspects liés à la stabilité, aux systèmes tutorés intelligents énumérés plus haut tout en offrant un produit simple à l'utilisation avec une interface optimisant la concentration de l'utilisateur.

**NB :** Ce mémoire a également une portée académique, d'où il sera judicieux de prendre aussi en compte une implémentation semi-partielle de cette plateforme mobile.

### 2.3.2 Question de recherche

Elle consiste à poser la question centrale qui servira de fil conducteur. La question de recherche pour notre étude est la suivante : Comment détecter les lacunes de l'élève et lui recommander les cours de mathématiques adaptés à ses difficultés ?

### 2.3.3 Choix et intérêt du sujet

Le contexte dans lequel nous nous trouvons et la problématique nous oriente vers un choix de thème qui est : ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTÈME DE RECOMMANDATION POUR APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN CLASSE DE 6E. Une plateforme mobile permettra non seulement de personnaliser l'expérience mais également de rajouter l'aspect réalité augmentée plus tard. Le choix de l'intelligence artificielle est relatif aux nombreux avantages qu'il offre, notamment :

- Elle touche tous les domaines, allant des plus simples aux plus complexes
- Augmente la productivité
- Réduit des erreurs
- Personnalise l'expérience utilisateur

### 2.3.4 Approche scientifique

Il s'agit ici d'un aperçu de la façon dont une recherche donnée est effectuée. Elle définit les techniques ou les procédures utilisées pour identifier et analyser les infor-

mations concernant un sujet de recherche spécifique. La méthodologie de recherche a donc à voir avec la façon dont un chercheur conçoit son étude de façon à pouvoir obtenir des résultats valides et fiables et atteindre ses objectifs de recherche. La technique de recherche désigne l'ensemble des démarches que l'on suit pour démontrer et découvrir la vérité. Celle que nous utilisons est l'étude empirique qui représente une technique de recherche qui s'appuie sur l'observation et l'expérience.

L'étude empirique recueille des informations appelées "données empiriques". Après analyse, ces données doivent permettre au chercheur de tester et répondre à une ou plusieurs hypothèses de départ. Cette technique de collecte de données ne se base pas sur une approche théorique ou un raisonnement abstrait, il s'agit de tester des hypothèses concrètement.

Pour mener une étude empirique, le chercheur a le choix entre deux méthodes :

- L'étude qualitative, dont l'objectif est d'interroger un échantillon pertinent (des experts par exemple) qui peut apporter des informations précises et de grande qualité sur un sujet précis. L'échantillon peut être très restreint (une ou deux personnes).
- L'étude quantitative : dont on cherche à collecter une grande quantité de données (échantillon important) et repérer des régularités, afin de proposer des conclusions scientifiquement viables.

Chacune de ces méthodes possède plusieurs techniques pour mener l'étude empirique.

#### 2.3.4.1 Méthode de recherche

##### 2.3.4.1.1 Les entretiens de recherche

A la fois à caractère qualitatif et quantitatif, les entretiens de recherche comportent 03 types d'entretien dont :

- **L'entretien directif** : encore appelé entretien normalisé, est à mi-chemin entre l'étude qualitative et l'étude quantitative. Il permet de collecter des données à travers des entretiens aux réponses courtes et fermées.
- **L'entretien semi-directif** : encore appelé entretien approfondi, récolte des informations grâce à des questions et des relances de l'enquêteur durant l'entretien.

- **L'entretien non directif** : encore appelé entretien libre, est utilisé pour obtenir des informations très détaillées sur un sujet général. Ici, l'enquêteur donne un thème et une question générale et laisse la parole libre à la personne interrogée. Celle-ci aura toute la liberté de détailler son point de vue sur la question. Les paroles de la personne interrogée doivent être utiles pour le chercheur afin de valider ou invalider les hypothèses de départ.

#### 2.3.4.1.2 L'observation

L'observation est une méthode de recherche très populaire pour mener une étude qualitative. Qu'elle soit participante, non participante, structurée ou non-structurée, l'observation permet de collecter des informations sur une situation, un phénomène ou un fait. L'observation donne l'occasion à l'enquêteur d'obtenir par lui-même des données informatives qui lui sont utiles pour confirmer ou infirmer ces hypothèses de départ.

#### 2.3.4.1.3 Le focus group

Encore appelé groupe de discussion, le focus group est une méthode de recherche qualitative qui rassemble un groupe de personnes sur un sujet prédéterminé.

À travers les questions de l'enquêteur, les personnes donnent leur avis, échangent et débattent. Le chercheur prend des notes qui devront lui servir à comprendre une situation ou un phénomène qu'il étudie.

Après avoir mené un focus group, l'enquêteur doit analyser les données informatives en sa possession. Sa conclusion doit lui permettre de répondre à ses hypothèses de départ.

#### 2.3.4.1.4 L'enquête de terrain

À mi-chemin entre l'étude qualitative et l'étude quantitative, l'enquête de terrain est une méthode de recherche assez commune. Elle permet de collecter des données pour un mémoire.

À travers des entretiens, des enquêtes ou des observations, l'enquêteur entre directement dans le champ pour collecter les données dont il a besoin.

En entrant dans le cadre quotidien et naturel (comme une salle de classe, une association, ou une entreprise), le chercheur peut confirmer ou non ses hypothèses de



départ.

#### **2.3.4.1.5 Le sondage**

C'est une méthode qui permet à l'enquêteur de récolter un avis général d'un échantillon représentatif de personnes.

Souvent composé d'une seule grande question, le sondage permet de mesurer un avis général. Grâce à une analyse statistique mise en page sous la forme d'un tableau ou d'un graphique, le chercheur peut tirer des conclusions qui apporteront des éléments de réponse à ses hypothèses initiales.

#### **2.3.4.1.6 Le questionnaire**

La technique du questionnaire permet de poser un ensemble de questions à un échantillon représentatif de personnes sur un sujet donné. En posant plusieurs questions sur un sujet, le questionnaire permet à l'enquêteur d'analyser statistiquement l'avis de personnes de façon plus précise.

TABLE 2.1 – Tableau récapitulatif des méthodes de recherche

	<b>Méthodes qualitatives</b>	<b>Méthodes quantitatives</b>
<b>Techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les entretiens (directif, semi-directif, non directif).</li> <li>- L'observation</li> <li>- Le focus group</li> <li>- L'enquête de terrain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le sondage</li> <li>- Le questionnaire</li> </ul>
<b>Caractéristiques des données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données écrites</li> <li>- Données d'entretien et d'observation.</li> <li>- Données de documents (prise de notes).</li> <li>- Données audio-visuelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données chiffrées</li> <li>- Données statistiques</li> </ul>
<b>Analyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse textuelle : retranscription et analyse écrite de l'enquêteur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse statistique : l'enquêteur reporte ses données dans un tableau ou un graphique statistique.</li> </ul>
<b>Interprétation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interprétation écrite des régularités et des grands thèmes observés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interprétation statistique pouvant être complétée par une conclusion écrite.</li> </ul>

Pour notre mémoire, nous utiliserons la recherche empirique de recherche de terrain car : C'est la méthode la plus utilisée en collecte de données pour un mémoire, Nous avons besoin d'effectuer une descente dans les salles de classe afin d'évaluer les difficultés des apprenants afin de construire un modèle autour de lui.

### 2.3.4.2 Méthode d'échantillonnage

Lorsqu'on souhaite effectuer un sondage ou une enquête, il n'est pas toujours possible d'interroger chaque membre de la population de par des contraintes géographiques, monétaires ou temporelles.

Par contre, il est tout de même possible d'en apprendre plus à propos de la population visée notamment en analysant un échantillon. Pour ce faire, il est primordial de choisir la bonne méthode de construction d'un tel échantillon.

Un échantillon est un sous-groupe de personnes ou d'objets faisant partie de la population ou de l'inventaire. Il est dit représentatif quand il représente la population ou l'inventaire le plus fidèlement possible de par ses caractéristiques et sa quantité.

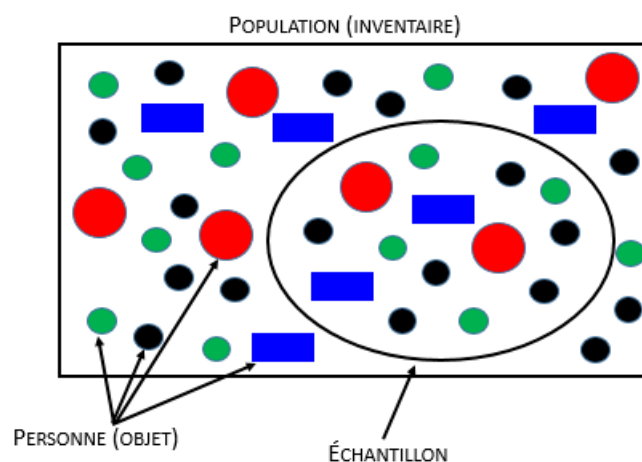


FIGURE 2.1 – Illustration de la différence entre personne, échantillon et population

Il est nécessaire d'identifier le plus précisément possible la population ciblée avant d'effectuer la recherche d'informations. Dans le cas contraire, on risque d'obtenir des résultats qui ne correspondent pas à ce qu'on recherche.

Il existe 02 principaux types d'échantillonnage. Ceux-ci comportent à leur tour des méthodes permettant de créer un échantillon dans une population. En fonction du contexte et des besoins de l'étude, chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients.

#### 2.3.4.2.1 L'échantillonnage probabiliste ou aléatoire

Celui-ci fait référence à la sélection d'un échantillon d'une population lorsque celle-ci repose sur le principe de la randomisation, c'est-à-dire la sélection au hasard ou aléatoire.

Ses méthodes d'échantillonnage sont les suivantes :

- Échantillonnage aléatoire simple :

Chaque élément de la population de référence a une chance égale d'être sélectionné pour constituer le panel d'enquête dans ce processus d'échantillonnage. De façon plus générale, cette méthode présente un avantage et un inconvénient majeurs.

→ *Avantage* : De par les différentes lois en probabilité, cet échantillon sera représentatif de la population.

→ *Inconvénient* : Il faut avoir la liste complète de la population pour ensuite faire le tirage au sort.

- Échantillonnage systématique :

Chaque élément qui compose l'échantillon est choisi de façon régulière, selon un intervalle régulier, à l'intérieur de la population ciblée.

→ *Avantage* : - On peut facilement prédéterminer la taille et les éléments faisant partie de l'échantillon. L'échantillon est distribué dans des proportions égales dans la population.

→ *Inconvénient* : Il faut avoir la liste complète de la population pour ensuite faire le tirage au sort.

- Échantillonnage stratifié :

Cette méthode se révèle judicieuse lorsque les chercheurs ont une certaine connaissance sur la population cible et décident de la subdiviser (ou stratifier) pour donner un sens à leur recherche.

Par exemple, si l'on effectue une recherche sur les habitudes de transport d'un certain ensemble de personnes, il peut être judicieux de séparer les répondants qui possèdent une voiture de ceux qui n'en ont pas.

→ *Avantage* : - Cette méthode assure une assez bonne représentativité de la population dû à son critère de proportionnalité.

→ *Inconvénient* : Il faut avoir une bonne connaissance de la population afin d'établir les strates avec lesquelles il faudra travailler.

- Échantillonnage en grappe

Généralement réalisé sur deux niveaux, c'est-à-dire en sélectionnant en grappe (sous-groupes de la population), puis en sélectionnant à nouveau de manière aléatoire au sein de cette grappe d'individus.

→ *Avantages* : Il n'est pas nécessaire d'avoir une liste officielle de tous les membres

de la population ciblée; Idéal pour sonder une population qui est géographiquement étendue. → *Inconvénients* : - Généralement, les éléments d'une même grappe possèdent des caractéristiques semblables sans nécessairement être celles de la population ciblée.

- Il est très difficile de prédire la taille de l'échantillon étant donné que les grappes n'ont pas toutes la même quantité d'individus.

#### 2.3.4.2.2 L'échantillonnage non probabiliste

- Échantillonnage de commodité

Ici, les personnes ou éléments des échantillons sont sélectionnés en fonction de leur disponibilité. Par exemple, si vous effectuez une enquête auprès d'étudiants sur un campus universitaire, opter pour l'échantillonnage de commodité revient à interroger les apprenants qui se trouvent sur le campus, qui ont du temps libre et qui sont disposés à répondre à votre questionnaire.

- Échantillonnage par quotas

Cette approche vise à obtenir une subdivision de la population (tout comme la méthode probabiliste stratifiée) en précisant qui doit être recruté pour l'enquête sur la base de divers critères.

- Échantillonnage raisonné

Cette technique est également connu sous le nom de sampling par jugement car les participants sont choisis par les chercheurs en fonction de :

- Leurs connaissances
- Leur compréhension de la question de recherche
- Leurs objectifs

- Échantillonnage référence ou boule de neige

Cette méthode se révèle très utile lorsque l'équipe de chercheurs n'a pas de connaissances approfondies de la population cible, et donc peu de moyen de recruter de nombreux participants. Par contre, cette technique introduit un biais car cela favorise une homogénéité de l'échantillon. Certains groupes seront plus représentés que d'autres et des personnes plutôt isolées ne seront pas du tout interrogées.

Dans notre projet, nous utiliserons la méthode en grappes car ici, nous choisissons un certain nombre d'écoles (grappes) auxquelles l'on effectue les tests à chaque élève (échantillon).

## 2.4 Cadrage du projet

Il est difficile de parler d'un projet avant d'avoir fait une analyse détaillée du travail à faire. Il est cependant nécessaire d'effectuer une première estimation générale pour pouvoir "cadrer le projet" et le vendre. A ce stade, il faut être très pragmatique, être capable de projeter le futur en extrapolant les expériences passées, faire preuve d'intuition pour imaginer les aspects les plus novateurs du projet, sentir les vraies difficultés. La méthode CPS permet de définir le projet en 07 points en se posant les questions essentielles. C'est dans ce sillage que nous allons dans les prochaines lignes, élaborer un CPS dans le cadre de **l'étude et la mise sur pied d'un système de détection des lacunes et recommandation pour l'apprentissage des mathématiques en classe de 6e.**

### 2.4.1 Le projet

#### 2.4.1.1 Le nom

Le projet à réaliser consiste à optimiser l'apprentissage de façon à dispenser les cours (biologie, chimie, mathématiques) en se focalisant sur les lacunes de l'apprenant et notre travail portera sur la détection des lacunes et la recommandation pour apprentissage des mathématiques en classe de 6e, d'où le nom de AREDU.

#### 2.4.1.2 Définition succincte

Notre application sera développée pour la plateforme mobile. Elle devra être compatible non seulement avec toutes les plateformes mobiles. Elle permettra aux enseignants de définir leurs cours sous forme d'hypermédia, suivi des tests d'aptitudes pour les mettre à disposition de l'élève. Il sera ainsi possible pour l'apprenant d'évoluer à son rythme, en fonction de ses difficultés en suivant la méthode propice à sa compréhension depuis un casque OCULUS.

Au vu du contexte dans lequel nous sommes et du temps qui nous est imparti, nous

travaillerons sur l'analyse, conception et implémentation du module de recommandation des leçons.

#### 2.4.1.3 Caractéristiques essentielles

Notre application sera caractérisée par :

- Une accessibilité sur tous les formats d'équipement numériques dotés d'une plateforme mobile et d'un casque de marque OCULUS.
- Prise en charge des éléments permettant la détection des erreurs et la recommandation du cours approprié.

#### 2.4.1.4 Motifs qui sous tendent le projet

L'énorme difficulté qu'ont la plupart des élèves en cours de mathématiques est due au cumul des lacunes sur les notions ; ce qui complexifie l'apprentissage. L'enseignant se retrouvant avec près de 60 à 80 élèves par classe dans la plupart des établissements, ne peut suivre les difficultés de tous les élèves à la fin de chaque chapitre ayant le souci majeur de terminer le programme dans les délais impartis.

### 2.4.2 Les Objectifs

#### 2.4.2.1 Objectifs techniques

- ★ *Résultats attendus* : A la fin de ce projet, nous devons avoir deux applications, une pour le web permettant à l'enseignant de charger les cours et exercices qui seront suivis et traités par les apprenants via le biais de la seconde application mobile utilisant les moteurs de réalité augmentée.
- ★ *Objectif principal* : Proposer un système de recommandation qui identifie les besoins de l'apprenant et lui propose des leçons adaptées.
- ★ *Objectifs secondaires* : - Améliorer les résultats de l'apprenant grâce à un apprentissage guidé et maîtrisé et augmenter sa motivation, tout en le rendant plus autonome ; - Optimiser le rythme d'apprentissage : accorder moins de temps aux notions assimilées au profit de nouvelles pour lesquelles la consolidation de nouvelles connaissances est approuvée. - Personnaliser l'apprentissage avec des par-

cours individualisés selon le profil de l'apprenant et sa progression dans le cours en ligne ;

#### 2.4.2.2 Objectifs de délai

L'application doit être réalisée dans un délai d'une année à compter du 27 juin 2022.

#### 2.4.2.3 Objectifs de coûts

De nombreux modèles sont observés pour l'estimation des coûts et des ressources d'un projet. Il s'agit entre autre de :

- La méthode descendante : reste extrêmement populaire dans la gestion de projets contemporains. L'expression « top-down » (descendante) signifie que les instructions sont données en amont. Les objectifs du projet sont fixés par la direction.

- La méthode ascendante : elle se caractérise par une participation proactive de l'équipe dans le processus d'exécution du projet. Les membres de l'équipe sont invités à participer à toutes les étapes du processus de gestion. L'ensemble de l'équipe est amené à décider de la marche à suivre.

- La méthode COCOMO : (acronyme de l'anglais Constructive Cost Model) est un modèle permettant de définir une estimation de l'effort à fournir dans un développement logiciel et la durée que ce dernier prendra en fonction des ressources allouées.

Sachant que la majeure partie du travail est consacrée à la recherche d'un modèle adéquat pour la recommandation, nous nous inspirons de la méthode ascendante qui consiste à estimer le coût de chaque groupement de tâches, puis d'additionner chacune de ces estimations afin d'obtenir le coût global du projet.

#### → *Estimation de la main d'oeuvre :*

Ce tableau présente une estimation de coût basée sur la méthode ascendante, et présente particulièrement l'estimation de la main d'œuvre. Le coût par jour dans ce projet étant basé sur les grilles de l'entreprise, nous avons le tableau suivant :



TABLE 2.2 – Estimation de la main d'oeuvre

Phases	Tâches	Durée (jours)	Coûts(XAF)
Création	Etude de l'existant (A)	7	$20,000 \times 7 = 140,000$
	Cadrage du projet (B)	4	$25,000 \times 4 = 100,000$
Elaboration	Collecte et traitement des données (C)	30	$5000 \times 30 = 150,000$
	Analyse UML(D)	7	$30,000 \times 7 = 80,000$
	Architecture de l'application (E)	5	$5000 \times 5 = 25000$
Implémentation	Module des utilisateurs (F)	8	$10,000 \times 8 = 80,000$
	Module des cours et exercices (G)	8	$10,000 \times 8 = 80,000$
	Module de détection d'erreur (H)	30	$25,000 \times 30 = 750,000$
	Module de recommandation (I)	30	$15,000 \times 30 = 450,000$
	Module apprentissage (J)	30	$20,000 \times 30 = 600,000$
	Module IHM (K)	30	$30,000 \times 30 = 900,000$
Transition	Assemblage (L)	5	$25,000 \times 5 = 125,000$
	Test (M)	20	$10,000 \times 20 = 200,000$
Total		<b>3,530,000</b>	

→ *Estimation matérielle et logicielle :*

TABLE 2.3 – Estimation matérielle et logicielle

Ressources	Ressources de développement	Coûts (XAF)
Matérielles	Ordinateur écran Syinix Core I7, 16GB de RAM 500Go de Disque dur; 01 Ordinateur HP Core I7, 8GB de RAM et 1 Téra de Disque dur	$500,000 + 475,000 = 975,000$
	1 serveur de développement	$80,000/\text{mois} * 2 = 160,000$
	1 serveur git	$80,000/\text{mois} * 2 = 160\ 000$
Logicielles	MS Project	60 Euro = 39 500
	Notebook Codelab	$10\ 000\ \text{XAF}/\text{mois} * 6 = 60\ 000$
	Internet + Modem Wifi	$(20\ 000/\text{mois} * 12) + 40\ 000$
Total		<b>1,674,500</b>

Coût total du projet : **5,204,500 XAF**

Malgré cet aspect financier, cet investissement vaut vraiment la peine en ce sens qu'il permet au système de :

- Effectuer les évaluations
- Gain de temps en se concentrant sur les problèmes réels de l'élève.

### 2.4.3 Technique

#### 2.4.3.1 Les bases sur lesquelles s'appuie notre projet

Nous avons déjà eu à réaliser des projets en informatique et en particulier des applications Web, bien que les applications mobiles utilisant des intelligences artificielles soient pour nous une nouvelle expérience, nous pensons pouvoir y parvenir grâce la communauté qui est nombreuse et également l'aide des professionnels en stage notamment notre encadreur et collègues. De plus, les supports de cours, internet et des solutions déjà existantes d'application d'évaluation en ligne citées plus haut sont des atouts majeurs renforçant cet engagement.

#### **2.4.3.2 Les difficultés principales du projet**

Durant nos travaux, nous avons du faire face à certaines difficultés parmi lesquelles :

- La rencontre avec les élèves dans les établissement pas toujours évidente ; il nous a d'ailleurs fallu une demande d'autorisation de recherche afin que cela puisse se faire ;
- Les difficultés techniques : dans cette catégorie, nous pouvons citer une maîtrise imparfaite de la technologie au début du projet. Ce fait nous a obligé à perdre utilement du temps dans la recherche en vue d'une prise en main effective des différentes technologies impliquées dans la réalisation du projet - La détection des lacunes de l'apprenant
- La valeur ajoutée à notre application, c'est-à-dire qu'elle se démarque de la concurrence.

#### **2.4.3.3 Les solution de repli en cas de problème**

- Sauvegarder la progression de l'apprenant à chaque réussite de l'exercice
- Permettre à l'apprenant d'enregistrer les vidéos plus tard en cas de rupture de connexion

### **2.4.4 Planning**

#### **2.4.4.1 Dates clés**

Pour ce projet, nous avons 02 dates clés, à savoir :

- Début : 27 juin 2022
- Fin du : 10 mars 2023

#### **2.4.4.2 Grandes phases du planning**

- Artefact Collecte et traitement de données
- Artefact Architecture de l'application
- Artefact sécurité
- Artefact cours
- Artefact exercices
- Artefact Détection des erreurs
- Artefact recommandation

Pour la gestion du temps, on a des méthodes de planification prévisionnelle de projet

tel que le diagramme de Gantt. Ce dit diagramme regroupe toutes les tâches, les durées et les ressources ordonnées de manière graduelle permettant à toute l'équipe de suivre son évolution. Il peut être modifié au fur et à mesure en fonction des délais respectés ou pas ainsi que des imprévus.

→ **Tâches du projet**

TABLE 2.4 – Tâches du projet

Phases	Tâches	Durée (jours)	Prédécesseurs
Création	Etude de l'existant (A)	7	-
	Cadrage du projet (B)	4	-
Elaboration	Collecte et traitement des données (C)	30	A
	Analyse UML(D)	7	A,B
	Architecture de l'application (E)	5	D
Implémentation	Module des utilisateurs (F)	8	C
	Module des cours et exercices (G)	8	C
	Module de détection d'erreur (H)	30	C
	Module de recommandation (I)	30	H
	Module apprentissage (J)	30	I
	Module IHM (K)	30	J
Transition	Assemblage (L)	5	K
	Test (M)	20	L
Total		228	

Dans le cadre de notre projet, la planification de nos tâches nous a permis de ressortir le diagramme de Gantt suivant :



FIGURE 2.2 – Diagramme de GANTT

#### 2.4.4.3 Les points du rendez-vous

Les rendez-vous sont prévus une fois par mois durant toute la période de déroulement du projet.

## **2.4.5 Les moyens**

### **2.4.5.1 Moyens humains**

Ici, on nous retrouve directement, c'est-à-dire NJOMO NGUEKET Corine Rosane, étudiante en Management des Solutions Digitales et Data et stagiaire à Monglo Technologie, et M. KITIO Christian, directeur technique.

### **2.4.5.2 Moyens matériels**

TABLE 2.5 – Moyens matériels

<i><b>Ressources</b></i>	<i><b>Caractéristiques</b></i>
Ordinateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Processeur AMD 6 core de fréquence 3.5GHz</li> <li>- Mémoire RAM de 16GO</li> <li>- Carte graphique NVIDIA GEFORCE 780 TI de 16GO avec une 8 GO de mémoire vidéo dédié</li> <li>- Deux cartes wifi</li> <li>- Une carte Bluetooth</li> <li>- Les ports (USB, HDMI, JACK)</li> </ul>
Smartphone	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RAM</li> <li>- Processeur</li> <li>- Stockage</li> <li>- Os (Android et iOS)</li> <li>- Compatible avec les moteurs ARCore</li> </ul>
Modem wifi + connexion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre hôte, Bande passante - Marque</li> <li>- Fournisseur : CAMTEL</li> <li>- Forfait ; Fako Blue xl</li> </ul>

## **2.4.6 Management du projet**

Pour la réalisation de ce projet, nous disposons des ressources humaines suivantes :

TABLE 2.6 – Equipe projet

NOMS	FONCTION
Corine NJOMO	Ingénieure UI/UX, analyste stagiaire
KITIO Christian	Consultant M.Tech, recadrer, testeur
MONGLO Germain	Directeur M.Tech, testeur

## 2.4.7 La communication

### 2.4.7.1 Communication interne du projet

- Collaboration via GitHub
- Communication via telegram, Slack
- Réunion en présentielle ou en ligne (en fonction du contexte) pour l'évaluation de l'évolution du projet et les tests

### 2.4.7.2 Communication externe

- Avec les chercheurs en edutech

- Par appel téléphonique
- Whatsapp
- Mail

- Avec les élèves

La communication avec les élèves se fait uniquement en présentiel et via des tests d'aptitude que nous les faisons passer.

- Avec les enseignants

La communication avec les enseignants se fait :

- via des appels téléphoniques,
- via des séances de travail en présentiel afin de recueillir des informations sur les échecs possibles des élèves de 6e.

Cette première partie achevée, nous allons lever le voile de manière théorique sur la quintessence même de notre plateforme. Nous savons actuellement quel est son but, sa vision et ses prérogatives. Nanti de ces informations, nous pouvons dès lors rentrer dans le vif du sujet de la partie technique : l'analyse et la conception.

## **Deuxième partie**

### **MISE EN OEUVRE DU SYSTÈME**



## CHAPITRE 3

## ANALYSE ET CONCEPTION

Comme tout problème qui a été clairement défini, il faut le réaliser mais nous ne pouvons parler d'implémentation sans toutefois faire une analyse et une conception.

### 3.1 Etudes préliminaires

#### 3.1.1 Choix méthodologiques

Avant de se lancer dans les activités du projet, il convient donc de choisir la méthodologie de gestion de projet et le langage de modélisation à utiliser.

##### 3.1.1.1 Gestion de projet

Pour le pilotage de notre projet, il existe des méthodes de gestion de projet. Parmi celles-ci, nous devons choisir une qui convient le mieux non seulement à notre projet mais également à notre contexte en entreprise. Pour ce faire, nous allons tout d'abord effectuer une comparaison de ces méthodes afin de faire un choix convenable.

Alors que les méthodes traditionnelles visent à traiter les différentes phases d'un projet d'une manière séquentielle (que l'on nomme aussi cycle de développement en cascade ou encore cycle en V), le principe des méthodes Agiles est de le découper en sous-parties ou sous-projets autonomes (on parle également de développement itératif) qui forment le projet dans sa globalité. Nous allons présenter dans un tableau, une étude comparative de l'approche de gestion de projet entre les méthodes agiles et traditionnelles.

TABLE 3.1 – Comparaison des approches de gestion de projet

Thème	Approche traditionnelle	Approche agile
Cycle de vie	En cascade ou en V, phases séquentielles	Itérative et incrémentale
Planification	Prédictive : produite en quantité importante comme support de communication, de validation et de contractualisation.	Adaptative : réduite au strict nécessaire au profil d'incréments fonctionnels opérationnels pour le feedback du client
Equipe	Contrôle de qualité à la fin du cycle de développement. Le client découvre le produit fini	Un contrôle de qualité précoce et permanent au niveau du produit et du processus. Le client visualise les résultats tôt et fréquemment
Qualité	Une équipe avec des ressources spécialisées, dirigée par un chef de projet	Une équipe responsabilisée où l'initiative et la communication sont privilégiées soutenues par le chef de projet
Suivi d'avancement	Mesure de la conformité aux plans initiaux. Analyse des écarts.	Un seul indicateur d'avancement : le nombre de fonctionnalités implémentées et le travail restant à faire.
Changement	Résistance voire d'opposition au changement, processus lourd de gestion de changements acceptés	Accueil favorable aux changements
Gestion des risques	Processus distinct, rigoureux de gestion des risques.	Gestion des risques intégrée dans le processus global, avec responsabilisation de chacun dans l'identification et la résolution des risques. Pilotage par les risques

## **SCRUM : une approche itérative et flexible**

### **→ Qu'est-ce que la méthode Scrum ?**

Scrum est un cadre de travail pour le développement, la livraison et la maintenance de produits complexes. Basée sur le manifeste Agile rédigé en 2001 par des experts en développement d'application, la méthode Scrum repose sur une gestion de projet collaborative et un cycle de développement itératif (répété plusieurs fois, de l'idée initiale à une version de plus en plus aboutie), incrémental (progressif, tâches après tâches) et adaptatif.

### **→ Pourquoi Scrum ?**

Si l'on développe un produit, les besoins des clients ou de l'employeur ne sont pas figés. Nous pouvons émettre des propositions susceptibles de leur donner de nouvelles idées sur lesquelles rebondir. Cette flexibilité demandée est ce qu'on appelle l'agilité. Finis les cahiers des charges détaillés sous toutes les coutures ! Finie la planification rigide et contraignante !

### **→ Les piliers de Scrum ?**

Elle repose sur 3 piliers :

- la transparence, dans la communication et le suivi,
- l'inspection régulière pour détecter les écarts entre les objectifs et le travail réalisé,
- l'adaptation, pour un ajustement en permanence face aux contraintes.

### **→ Equipe Scrum ?**

Auto-organisée et pluridisciplinaires et définissant un modèle d'équipe optimisant la flexibilité, la créativité et la productivité, une équipe Scrum comprend :

- Un Product Owner qui porte la vision du produit à réaliser et travaille en interaction avec l'équipe de développement. Il s'agit généralement d'un expert du domaine métier du projet,
- Development Team (équipe de développement), qui est chargée de transformer les besoins exprimés par le Product Owner en fonctionnalités utilisables. Elle est pluridisciplinaire et peut donc encapsuler d'autres rôles tels que développeur, architecte logiciel, DBA, analyste fonctionnel, graphiste/ergonome, ingénieur système,
- Un Scrum Master, chargé de promouvoir et supporter Scrum tel que défini dans son Guide. Il a donc un rôle de coach à la fois auprès du Product Owner et auprès de l'équipe de développement. Il doit donc faire preuve de pédagogie. Il est également chargé de s'assurer que l'équipe de développement est pleinement productive.

Les équipes Scrum livrent des produits de manière itérative et incrémentale, maximisant ainsi les opportunités de retour d'information. Les livraisons incrémentales d'un produit « Fini » assurent la disponibilité d'une version potentiellement utile du produit fonctionnel.

→ *Les avantages de Scrum ?*

- Compréhension du travail et des tâches à accomplir

Appliquer Scrum, c'est subdiviser le projet en plusieurs petites parties réalisables. Cette fragmentation vous oblige à vous demander si toutes les tâches doivent vraiment être effectuées pour mener à bien votre projet, et vous permet d'examiner d'un œil critique leur exécution. Avec votre équipe, vous pouvez ainsi optimiser en continu les étapes qui vous mènent à l'objectif final.

- Transparence et respect

Scrum exige de la transparence. Les membres de l'équipe doivent savoir ce que les autres accomplissent et le résultat qu'ils peuvent en attendre. Mais chacun peut déterminer comment il accomplit sa tâche. Il n'y a pas de véritable « patron » avec Scrum ; c'est une équipe autopilotée qui collabore en restant autonome.

- Deadlines intégrés

Comme le projet est subdivisé et que des tâches très spécifiques peuvent être attribuées aux membres de l'équipe, on intègre chaque jour des échéances pour évaluer les avancées des uns et des autres. Cela implique que tout le monde prenne ses responsabilités. Chacun sait quand il doit agir et les membres de l'équipe savent quand ils peuvent attendre quelque chose de lui.

- Visibilité continue

Travailler de manière efficace et maline n'est possible que si vous conservez une vue d'ensemble et restez organisé. Pour tout tenir à jour, il faut communiquer ouvertement. C'est vraiment le cœur du processus de travail : pour assurer une bonne réalisation, vous mettez au point avec votre équipe une feuille de route logique. Vous êtes ainsi toujours au fait de la progression du projet.

- Focus et flexibilité

Scrum a été conçu non seulement pour améliorer les projets mais aussi pour en accélérer la réalisation. Il importe donc de prévoir une marge de manœuvre pour l'imprévu mais aussi, en fonction des priorités, de pouvoir dire « non » à des demandes ayant peu d'impact sur le succès du projet. Un Scrum Master doit donc surveiller et accompagner le processus. C'est primordial.

→ *Ses bénéfices*

Parmi ses bénéfices, l'on a :

- une gestion plus souple, plus intelligente du travail, améliorant l'efficacité des équipes,
- une meilleure visibilité du projet et de son évolution, une communication interne renforcée, et donc une meilleure cohésion d'équipe,
- le partage des savoirs et la favorisation de l'entraide, un gain de temps et une meilleure réactivité grâce aux réunions fréquentes et aux insights du client.

→ *Dans quels cas utiliser la méthode SCRUM?*

Ce framework, ou cadre de travail, est utile quand :

- L'ensemble d'un projet complexe ne peut être ni anticipé ni planifié entièrement ;
- Son pilotage demande un minimum de flexibilité pour intégrer facilement des changements aux planifications initiales.

Offrant plus de réactivité, la méthode Scrum est plus adaptée que les méthodes traditionnelles pour la gestion des projets web tel que le développement logiciel, car elle traduit et organise les projets de façon simple, transparente et pragmatique.

→ *Quelques contraintes de SCRUM*

Scrum présente le risque de voir les fonctionnalités s'étendre indéfiniment ou « Scope Creep ». À moins qu'une date de fin soit définie de manière formelle, les parties prenantes peuvent être tentées de rajouter des fonctionnalités. Par ailleurs, si une tâche n'est pas bien définie, l'estimation des coûts et du temps du projet ne sera pas exacte. Dans ce cas, la tâche peut être répartie sur plusieurs sprints. En cas de manque de communication, les membres de l'équipe n'auront pas la possibilité d'apporter des améliorations à la définition des produits. Le guide de Scrum ne définit pas formellement une méthode de gestion des bogues, de réduction de la dette technique.

Le fait d'imposer un système de gestion de temps constitue également une contrainte. Tous les événements sont conditionnés dans le temps. Une fois qu'un Sprint commence, sa durée est fixe et ne peut être raccourcie ou allongée. Le Daily Scrum est fixé sur une durée de 15 minutes. Ce mode de fonctionnement ne favorise pas une gestion de temps propre à chaque membre de l'équipe et par conséquent réduit les possibilités d'innovation et d'optimisation.

### 3.1.1.2 L'approche orienté objet

L'approche orientée objet considère le logiciel comme une collection d'objets dissociés, identifiés, et définis par des propriétés. Une propriété est soit un attribut, soit une méthode.

La fonctionnalité du logiciel émerge alors de l'interaction entre les différents objets qui le constituent. L'une des particularités de cette approche est qu'elle rapproche les données et leurs traitements associés au sein d'un unique objet. Un objet est caractérisé par plusieurs notions dont :

*L'identité* : L'objet possède une identité, qui permet de le distinguer des autres objets, indépendamment de son état. On construit généralement cette identité grâce à un identifiant découlant naturellement du problème (par exemple une Banque pourra être repéré par un code, un Encaissement par un numéro identifiant ... etc.)

*Les attributs* : Il s'agit des données caractérisant l'objet. Ce sont des variables stockant des informations sur l'état de l'objet.

*Les méthodes* : Les méthodes d'un objet caractérisent son comportement, c'est-à-dire l'ensemble des actions (appelées opérations) que l'objet est à même de réaliser. Ces opérations permettent de faire réagir l'objet aux sollicitations extérieures (ou d'agir sur les autres objets). De plus, les méthodes sont étroitement liées aux attributs, car leurs actions peuvent dépendre des valeurs des attributs, ou bien les modifier.

La difficulté de cette modélisation réside dans la création d'une représentation abstraite, sous forme d'objets, d'entités ayant une existence matérielle (Exemple : Banque, Guichet, Caisse ... etc.) ou bien virtuelle (Exemple : Encaissement, Décaissement, Transfert de fonds ... etc.). La Conception Orientée Objet (COO) est la méthode qui conduit à des architectures logicielles fondées sur les objets du système, plutôt que sur la fonction qu'il est censé réaliser. La méthode mise en exergue au niveau de l'approche objet est SCRUM.

Scrum est un cadre de développement logiciel itératif et incrémental (une itération désigne la succession des états de l'enchaînement d'activité, tandis qu'un incrément correspond à une avancée dans les différents stades de développement), centré sur l'architecture (propose différentes perspectives indépendantes et complémentaires, qui permettent de définir un modèle d'architecture) et piloté par les user stories qui illustrent les besoins fonctionnels exprimé par les utilisateurs et donc des cas d'utilisation d'UML (d'où le processus de développement sera centré sur l'utilisateur). C'est un pa-

tron de processus pouvant être adapté à une large classe de systèmes logiciels, à différents domaines d'applications, à différents types d'entreprise, à différents niveaux de compétence et à différentes tailles d'entreprise. Scrum gère le processus de développement par deux dimensions. La première représente les principaux enchaînements d'activités qui regroupent les activités selon leur nature. Cette dimension rend compte de l'aspect statique du processus qui s'exprime en termes de composants, de processus, d'activités, d'enchaînements et de travailleurs :

- Expression des besoins ;
- Analyse ;
- Conception ;
- Implémentation ;
- Tests.

La seconde dimension représente le temps et montre le déroulement du cycle de vie du processus ; cette dimension rend compte de l'aspect dynamique du processus qui s'exprime en termes de cycle, de phrases, d'itérations et de jalons.

### **3.1.1.3 UML et MERISE**

Les différences observées entre 'approche objet avec UML et l'approche systématique (fonctionnelle) avec MERISE sont mises en évidence dans l'étude comparative ci-dessous :

- Points commun

L'approche classique et l'approche objet distinguent bien globalement trois grandes étapes dans le processus de conception et de développement d'une solution : l'analyse objet correspond au niveau conceptuel de MERISE, la conception objet est proche de la modélisation logique et organisationnelle de MERISE. Et enfin l'implémentation objet correspond à la réalisation dans MERISE.

Nous allons reprendre chaque grand niveau de représentation du système d'informations et donner un certain nombre de précisions sur les points communs.

Le niveau de l'analyse objet ou le niveau conceptuel : dans les deux approches, la finalité de ces premiers niveaux de description d'un SI est d'appréhender les besoins à satisfaire et donner une description de solutions indépendamment des considérations techniques des niveaux logiciel et physique. Autrement dit les préoccupations traitées sont très proches malgré des concepts pas complètement identiques au niveau

conceptuel et au niveau de l'analyse objet. Le niveau conception Objet ou le niveau logique-Organisationnel : ce niveau de description a bien pour finalité dans les deux approches de représenter la solution à implémenter sous l'angle de la logique informatique tant sur la partie des données que sur celle des traitements.

Le niveau d'implémentation physique ou opérationnel dans les deux approches la préoccupation est la description physique et opérationnelle des données et traitements.

- Différences

Nous observons les différences entre ces deux approches au niveau des domaines d'application, de la démarche, des données et des traitements puis l'aspect évolution du système.

- Les domaines d'application

MERISE a pour vocation de traiter les systèmes d'informations des entreprises, principalement dans le domaine de l'informatique de gestion. Le domaine de l'informatique de gestion se caractérise en général par un grand nombre de données à gérer et à stocker avec des traitements relativement peu complexes. Le domaine privilégié par UML est le domaine de l'informatique technique ou industrielle caractérisé par la gestion de composants physiques du monde réel (Informatisation des automates est représentatif de ce domaine). Dans ce type de domaine les aspects traitements d'états et comportements des objets, prennent le pas sur la gestion des données. En plus de cet atout, UML traite également sans difficulté majeur le domaine tel que l'informatique de gestion.

- La démarche

Avec MERISE la démarche est structurée en étapes et phases dont l'étude préalable, l'étude détaillée, la réalisation et la mise en œuvre[7]. Il correspond en effet au cycle de vie d'un système d'information. Et l'ensemble des résultats produits à chaque étape constitue le cycle de décision. MERISE propose donc une démarche en cascade, c'est-à-dire qu'une étape ne peut être entamée que si l'étape précédente est achevée. Cela nécessite une organisation minutieuse du projet. Dans le cas contraire, l'on pourrait noter quelques blocages ou une lenteur dans le processus de modélisation du système d'information. Avec UML, la démarche est itérative, incrémentale guidée par les besoins des utilisateurs du système, et centrée sur l'architecture logicielle. La démarche itérative permet de mieux comprendre et représenter un système complexe. Le périmètre du système à modéliser est défini par les besoins des utilisateurs (les utilisateurs définissent ce que doit être le système).



- Choix de la méthode d'analyse

Suite à notre étude comparative entre l'approche systémique avec MERISE et l'approche Objet avec UML, nous opterons donc pour une méthode d'analyse suivant l'approche Orienté Objet dont UML pour la modélisation, dans l'étude conceptuelle de notre système. Ensuite, vu les circonstances et les délais de notre projet, nous optons pour une démarche itérative, incrémentale guidée par les besoins des utilisateurs du système. De plus, nous souhaiterions organiser nos programmes en rassemblant les données et les traitements en vue de former des entités cohérentes, logiques et stables. Enfin nous aimerions faciliter les éventuelles évolutions et maintenances du système.

## 3.2 Analyse du système

### 3.2.1 Modélisation fonctionnelle

La modélisation fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit pour satisfaire les besoins d'un utilisateur.

→ *Diagramme de bête à Corne* :

C'est un outil d'analyse fonctionnelle qui permet l'expression du besoin. Dans le lancement d'un projet, il est nécessaire d'explicitement simplement le besoin primaire, c'est-à-dire l'exigence principale.

La règle à suivre est de répondre aux trois questions :

- A qui, à quoi le produit rend-t-il service? à l'élève
- Sur qui, sur quoi agit-il? Les cours et exercices de mathématiques
- Dans quel but existe-t-il?

→ Dans le langage UML, la modélisation fonctionnelle passe par :

- L'identification des acteurs
- L'identification des cas d'utilisation
- Réalisation du diagramme de cas d'utilisation
- Description textuelle et graphique des cas d'utilisation

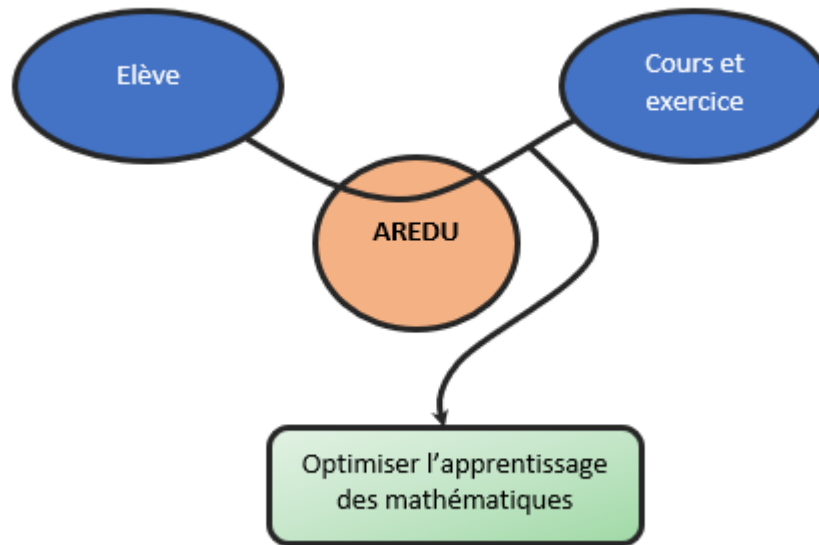


FIGURE 3.1 – Diagramme de bête à corne

#### 3.2.1.1 Identification des acteurs

Un acteur représente un rôle joué par une entité externe (utilisateur humain, dispositif matériel ou autre système) qui interagit directement avec le système. Dans le cadre de notre application, nous avons pu identifier ces différents acteurs :

- L'administrateur
- L'enseignant
- L'apprenant

#### 3.2.1.2 Identification des cas d'utilisation

Il est question ici de décrire une façon d'utiliser le système et d'en décrire les exigences fonctionnelles. Nous avons retenu les cas d'utilisation suivants :

TABLE 3.2 : Tableau récapitulatif des cas d'utilisation

**ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTÈME RECOMMANDATION  
POUR L' APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN CLASSE DE  
6e AU CAMEROUN**

Acteurs	Cas d'utilisation	Description
L'administrateur	- Créer un chapitre	Depuis un fichier externe ou manuellement (par son id, son libellé et sa description) afin de permettre à l'enseignant d'insérer les notions
	- Editer un chapitre	Afin de modifier le libellé du chapitre
	- Editer le contenu d'un chapitre	Afin d'apporter des mises à jours sur le chapitre
	- Consulter liste des chapitres	Afin de connaître tous les chapitres au programme
	- Consulter contenu du chapitre	Afin d'afficher les données du chapitre concerné
	- Supprimer des chapitres	Afin de retirer le chapitre au programme
	- Créer un compte	Afin de donner la possibilité à un enseignant de se connecter (via son login et son password)
	- Modifier un compte	Afin de modifier les informations du compte
	- Activer un compte	Afin de rendre fonctionnel / non fonctionnel l'état du compte
	- Désactiver un compte	Afin de rendre non fonctionnel l'état du compte
	- Supprimer un compte	Afin de retirer l'utilisateur du système
	- Consulter la liste des comptes	Afin de connaître tous les comptes existants dans le système
	- S'authentifier	Afin d'accéder à son profil ou sa page d'accueil
	- S'inscrire	Afin de pouvoir s'authentifier, l'utilisateur doit avoir un compte, donc s'inscrire (en renseignant son email, username, password, surname, téléphone et avatar)

**ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTÈME RECOMMANDATION  
POUR L' APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN CLASSE DE  
6e AU CAMEROUN**

L'enseignant	- S'inscrire	Afin de pouvoir s'authentifier, l'utilisateur doit avoir un compte, donc s'inscrire (en renseignant son email, username, password, surname, téléphone et avatar)
	- S'authentifier	Afin d'accéder à son profil ou sa page d'accueil
	- Créer une leçon	Afin d'y renseigner des notions (en renseignant l'identifiant de la leçon, son libellé et sa description)
	- Consulter les leçons d'un chapitre	Afin de connaître toutes les leçons du chapitre
	- Modifier une leçon	Afin d'apporter des mises à jours à la leçon
	- Supprimer une leçon	Afin de la retirer du chapitre
	- Consulter contenu de la leçons	Afin d'afficher le contenu de la leçon
	- Ajouter une notion à une leçon	Afin de l'ajouter dans le système (en renseignant l'identifiant de la notion, son libellé, sa description et sa ressource qui est une vidéo)
	- Modifier une notion	Afin d'y apporter des mises a jours
	- Supprimer une notion	Afin de la retirer de la leçon
	- Lister les notions	Afin de connaître toutes les notions de la leçon
	- Créer un exercice	Afin de le référencer à une notion
	- Modifier un exercice	Afin d'y apporter des mises a jours
	- Supprimer un exercice	Afin de le retirer du système
	- Lister les exercices	Afin de s'assurer que chaque exercice est associé à une notion
	- Créer un evaluation	Afin de l'assimiler à un chapitre
	- Modifier une évaluation	Afin d'y apporter des mises a jour
	- Supprimer une évaluation	Afin de la retirer du système
	- Modifier son profil	Afin d'y apporter des mises a jours

L'apprenant	- S'authentifier	Afin d'accéder à son profil ou sa page d'accueil
	- Lire une notion	Afin de comprendre de quoi il s'agit
	- Lire un exercice	Afin de mieux le comprendre
	- Traiter un exercice	Afin d'appliquer la notion apprise et de voir si on l'a comprise
	- Soumettre un exercice	Afin d'avoir une correction
	- Lire une évaluation	Afin de mieux la comprendre
	- Traiter une évaluation	Afin de voir si on a compris le chapitre
	- Soumettre une évaluation	Afin d'avoir une correction
	- Modifier son profil	Afin d'y apporter des mises a jours

### 3.2.1.3 Réalisation du diagramme de cas d'utilisation

Les cas d'utilisation sont représentés dans un diagramme nommé diagramme des cas d'utilisation. Ce diagramme UML est utilisé afin de donner une vision globale du comportement fonctionnel d'un système logiciel; il est utile pour des présentations auprès de la direction ou des acteurs d'un projet.

Un cas d'utilisation (use case) décrit une interaction entre un acteur et le système produisant un résultat particulier. Il modélise un service rendu par le système. Pour chaque acteur identifié précédemment on associe les cas d'utilisation qui lui correspondent.

Les différents diagrammes de cas d'utilisation que nous ressortons sont les suivantes :

→ **Gestion des comptes**

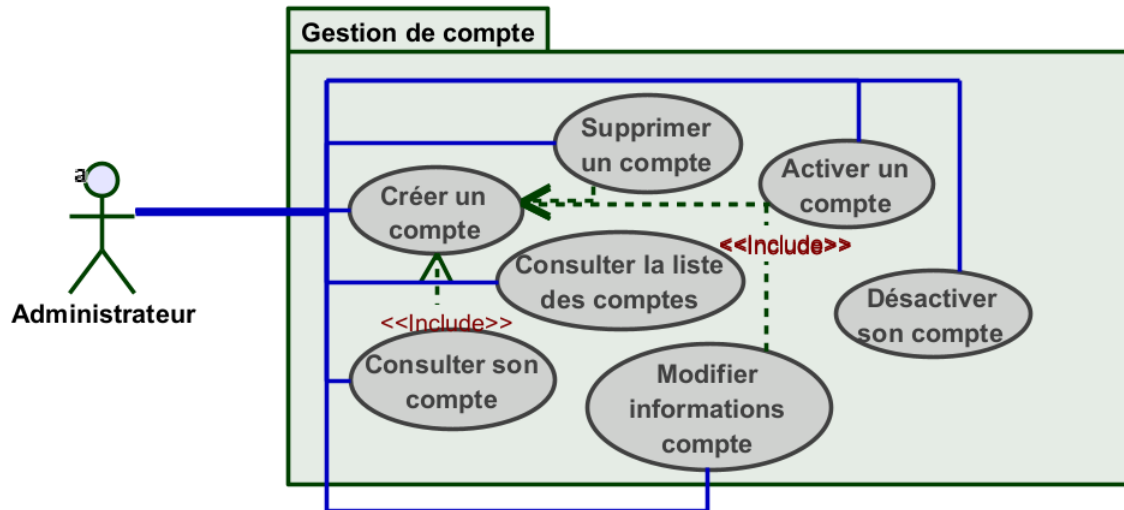


FIGURE 3.2 – Diagramme cas d'utilisation "gestion compte"

→ Gestion des chapitres

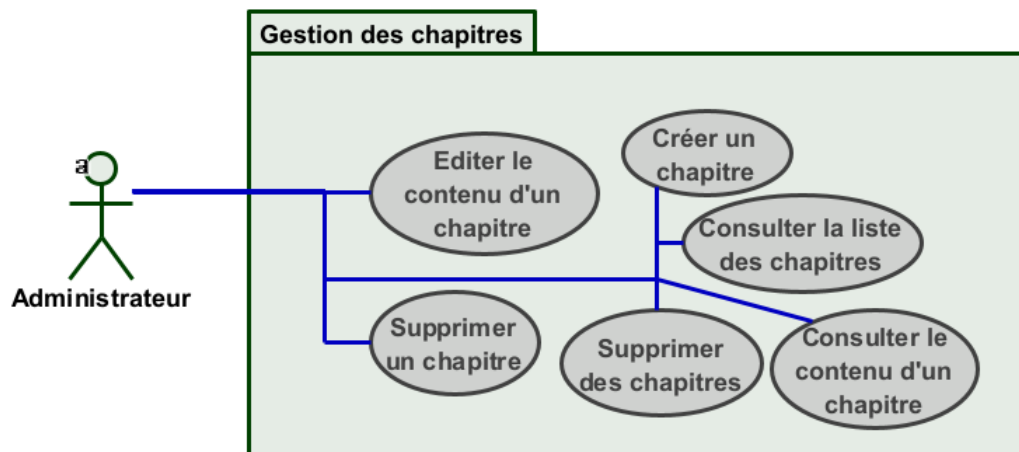


FIGURE 3.3 – Diagramme cas d'utilisation gestion chapitre

→ Gestion des leçons

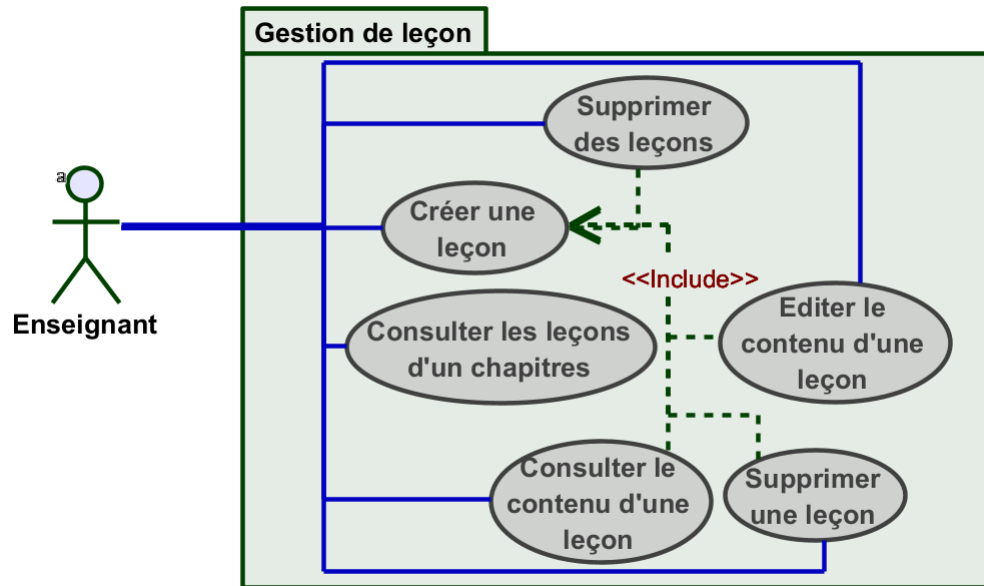


FIGURE 3.4 – Diagramme cas d'utilisation gestion leçons

→ Gestion des notions

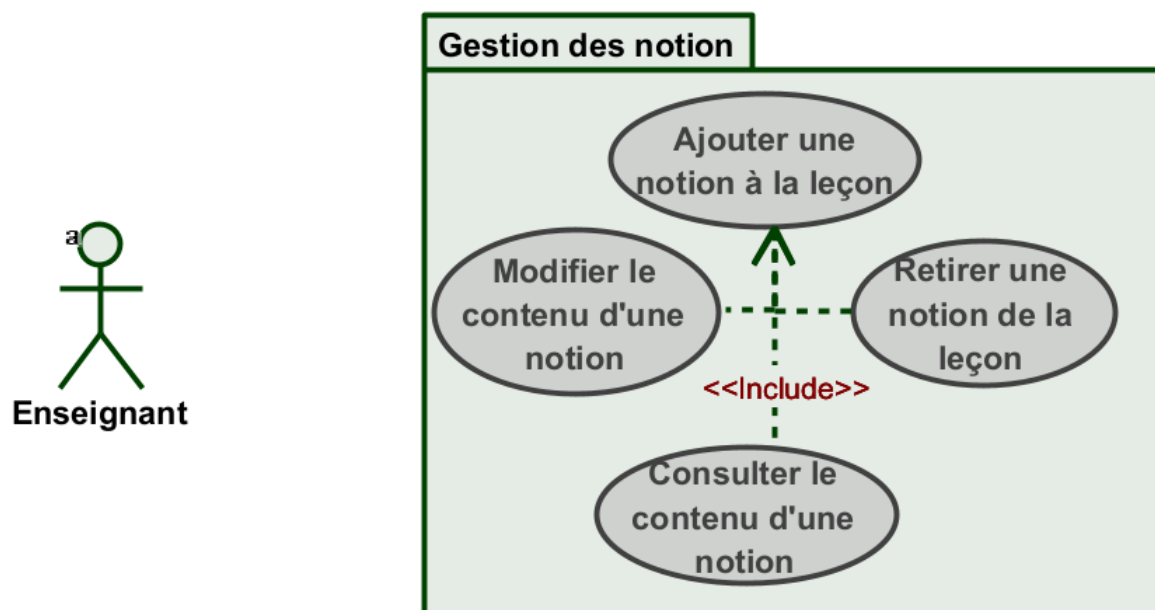


FIGURE 3.5 – Diagramme cas d'utilisation gestion notion

→ Gestion des exercices

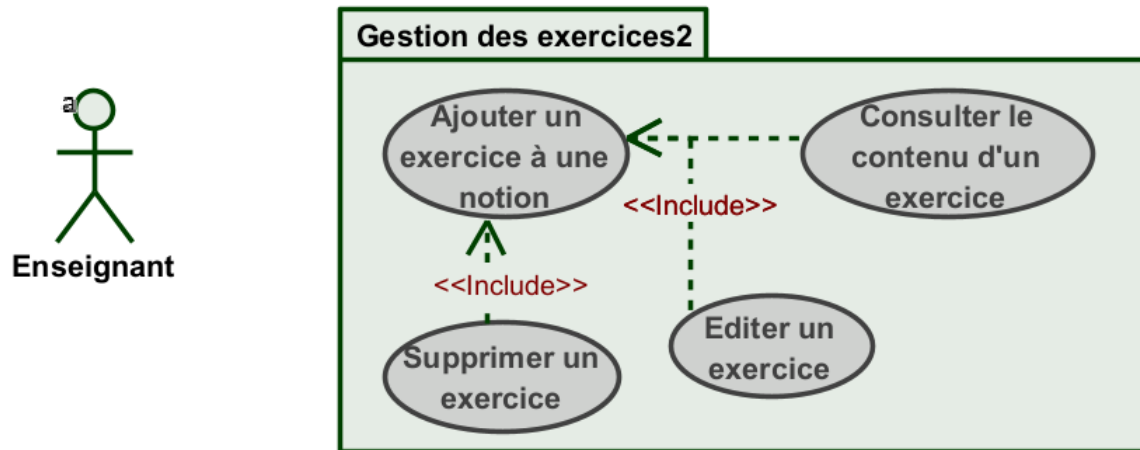


FIGURE 3.6 – Diagramme cas d'utilisation gestion exercice

### → Gestion des évaluations

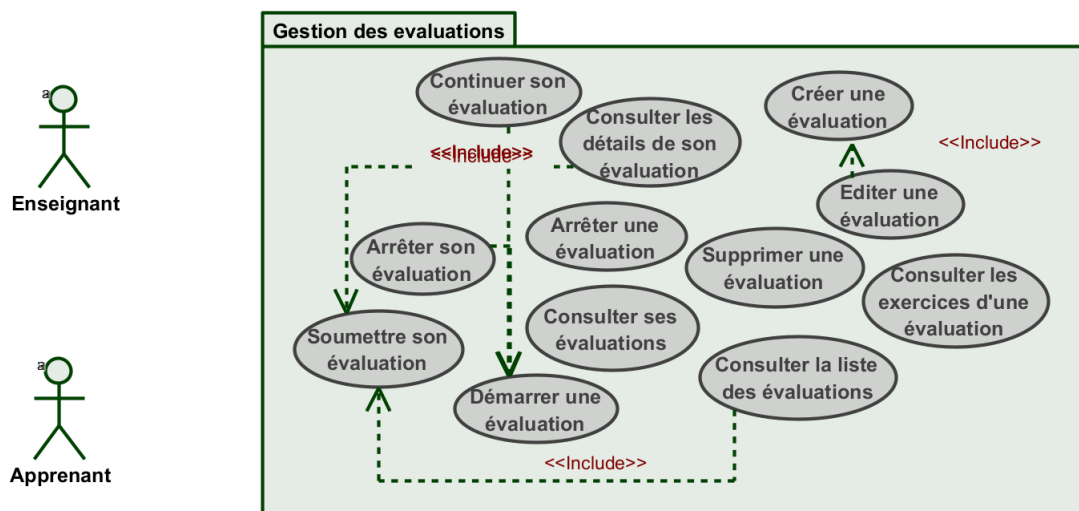


FIGURE 3.7 – Diagramme cas d'utilisation gestion evaluation

### → Gestion des tests



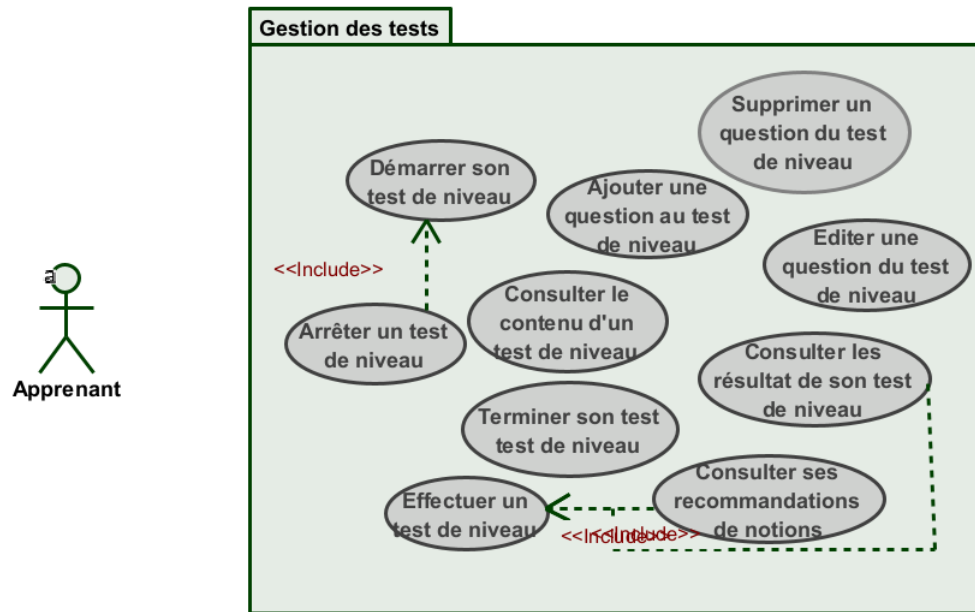


FIGURE 3.8 – Diagramme usecase gestion tests

En ce qui concerne la vision globale du système, nous avons :

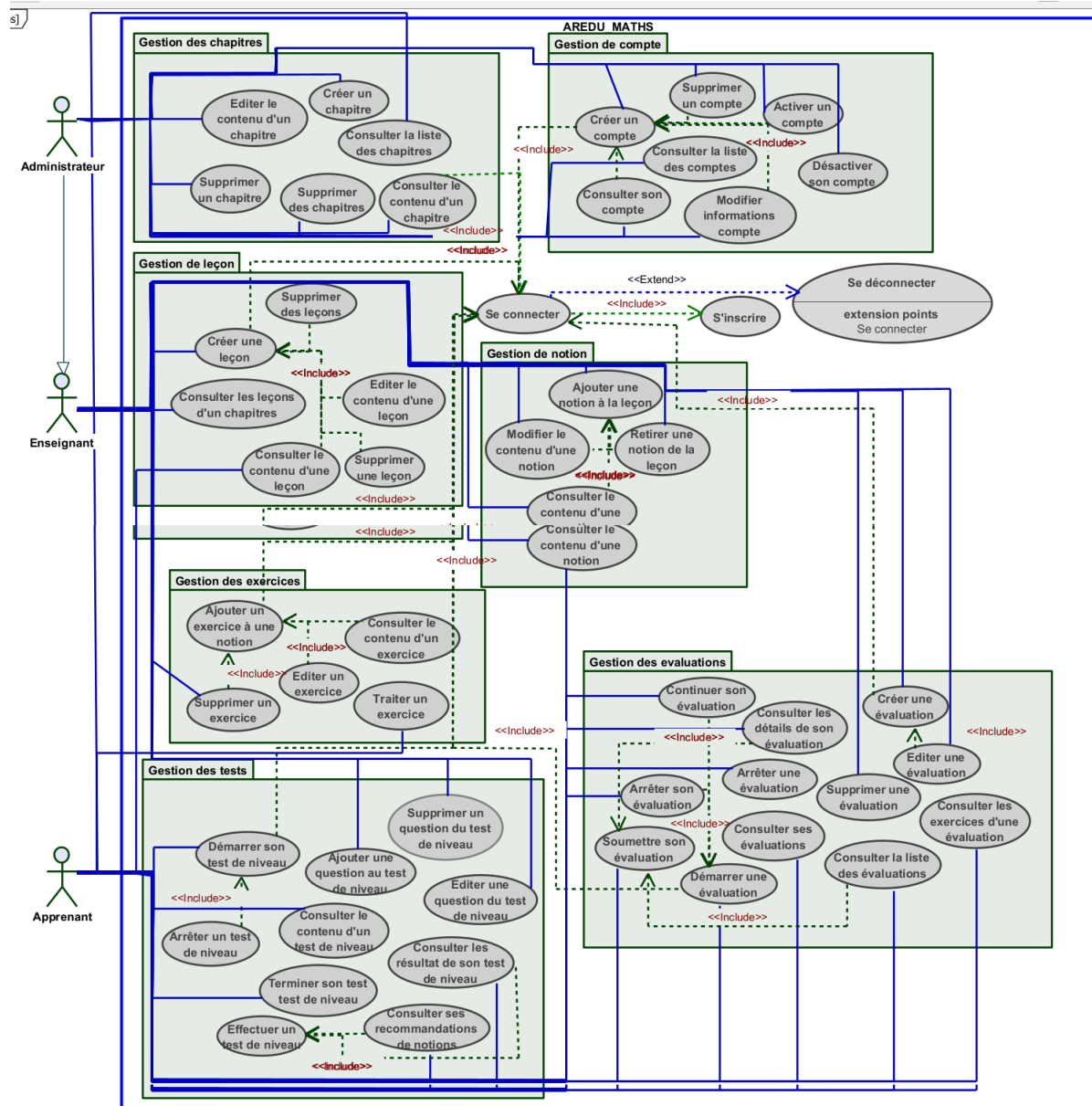


FIGURE 3.9 – Diagramme global cas d'utilisation

### 3.2.1.4 Description textuelle et graphique de quelques cas d'utilisation

Nous allons désormais parler de l'interaction entre les acteurs et le système : il s'agira de décrire la chronologie des actions qui devront être réalisées par les acteurs et par le système lui-même. On parle d'ailleurs de scénaris. La description d'un cas d'utilisation permet de :

- Clarifier le déroulement de la fonctionnalité,
- Décrire la chronologie des actions qui devront être réalisées,
- Identifier les parties redondantes pour en déduire des cas d'utilisation plus précises qui seront utilisés par inclusion, extension ou généralisation/spécialisation,
- Indiquer d'éventuelles contraintes déjà connues et dont les développeurs vont devoir

tenir compte lors de la réalisation du logiciel.

Nous les effectuerons leur représentation graphique avec les diagrammes de séquence et d'activité.

#### 3.2.1.4.1 Diagrammes de séquence

Le diagramme de séquence montre les interactions entre les utilisateurs et le système vue de l'extérieur du système au moyen d'interface homme-machine.

Les diagrammes de séquence peuvent constituer des références utiles pour les entreprises et d'autres organisations. L'on réalise un diagramme de séquence pour :

- Représenter les détails d'un cas d'utilisation UML
- Modéliser le déroulement logique d'une procédure, fonction ou opération complexe
- Voir comment les objets et les composants interagissent entre eux pour effectuer un processus.
- Schématiser et comprendre le fonctionnement détaillé d'un scénario existant ou à venir

Les diagrammes de séquence effectués ici sont les suivants :

→ CAS D'UTILISATION S'AUTHENTIFIER

**But :** Permet à l'utilisateur de se connecter au système

**Acteurs :** administrateur, enseignant, apprenant

**Pré-condition :** l'utilisateur doit avoir un compte

**Scénario nominal :**

1. L'acteur accède à la page de connexion
2. L'acteur rentre ses informations et valide
3. Le système vérifie si les informations reçues sont exactes
4. Le système connecte l'acteur et affiche la page d'accueil

**Alternative :**

Erreur de connexion (Les données entrées par l'utilisateur n'existent pas) : login ou mot de passe non valide

5. Le système affiche un message d'erreur correspondant au problème

Le scénario reprend au point 2

### Post-condition

- Acteur connecté

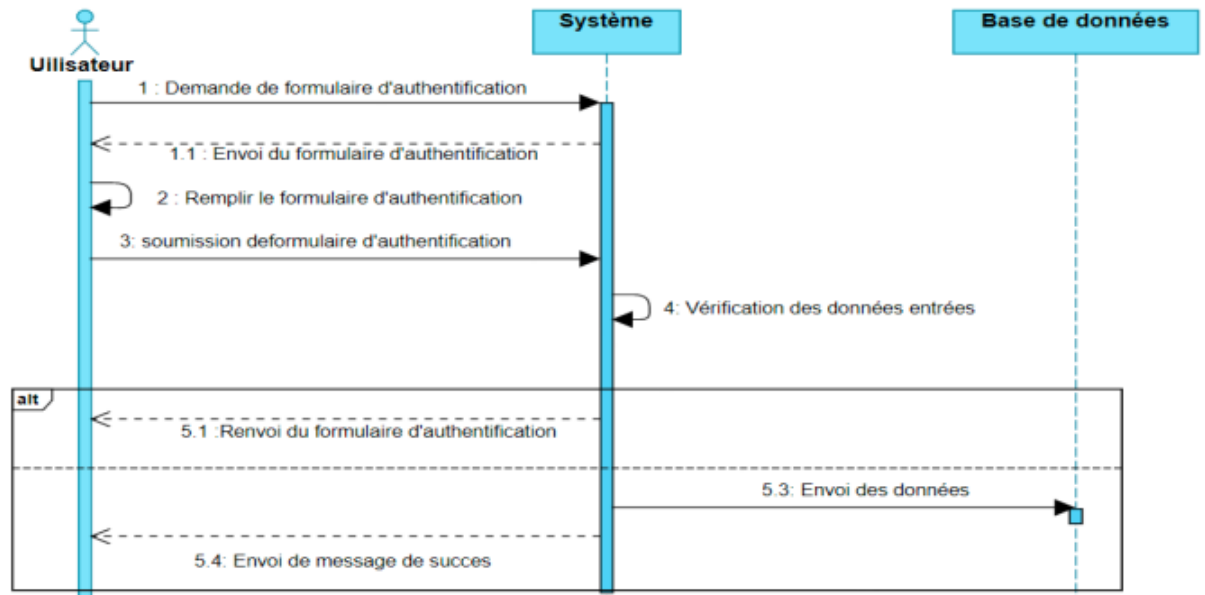


FIGURE 3.10 – Diagramme sequence authentication

→ CAS D'UTILISATION CRÉER UN CHAPITRE **But** : Ajouter un chapitre dans le système

**Acteurs** : administrateur

**Pré-condition** : administrateur connecté

### Scénario nominal

1. L'administrateur clique sur ajouter un chapitre
2. Le système affiche la page d'ajout
3. L'acteur remplit le formulaire et le soumet
4. Le système vérifie si les informations émises
5. Le système enregistre le chapitre, puis fait la mise à jour et redirige vers la liste des chapitres

### Scénario alternatif

A. *Champ(s) correcte(s) ou obligatoire(s) vide(s)*

L'enchaînement démarre au point 4

B. *Le système sélectionne les champs concernés*

Le scénario reprend au point 3

### C. Chapitre existant

L'enchaînement démarre au point 4

#### Post-condition

Chapitre créé

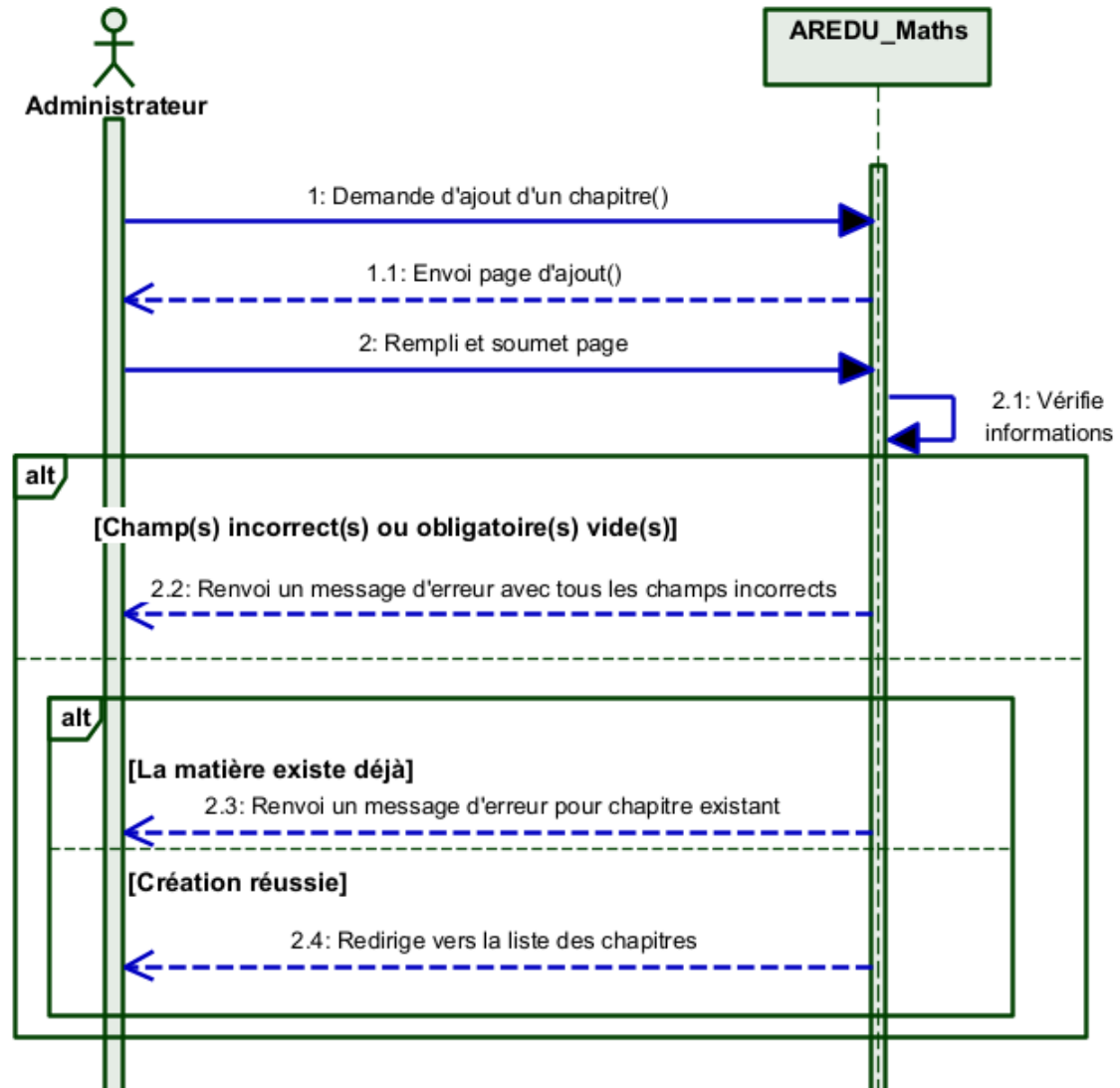


FIGURE 3.11 – Diagramme séquence créer chapitre

→ CAS D'UTILISATION MODIFIER LE CONTENU D'UNE LEÇON

**But :** Mettre à jour le contenu d'une leçon

**Acteurs :** enseignant, administrateur

**Pré-condition :** - être connecté, liste des leçons affichée, leçon existante

#### Scénario nominal

1. L'acteur sélectionne la matière et demande une modification
2. Le système affiche la page de modification
3. L'acteur effectue les modifications et soumet

4. Le système vérifie les informations
5. Le système demande une confirmation de la modification
6. L'acteur confirme la modification
7. Le système modifie la leçon et redirige vers la liste des leçons à jour

### Scénario alternatif

*A. Champ(s) correcte(s) ou obligatoire(s) vide(s)*

L'enchaînement démarre au point 4

8. Le système sélectionne les champs concernés Le scénario reprend au point 3

*B. L'acteur annule la modification*

Le scénario reprend au point 3

### Post-condition

Leçon mise à jour dans le système

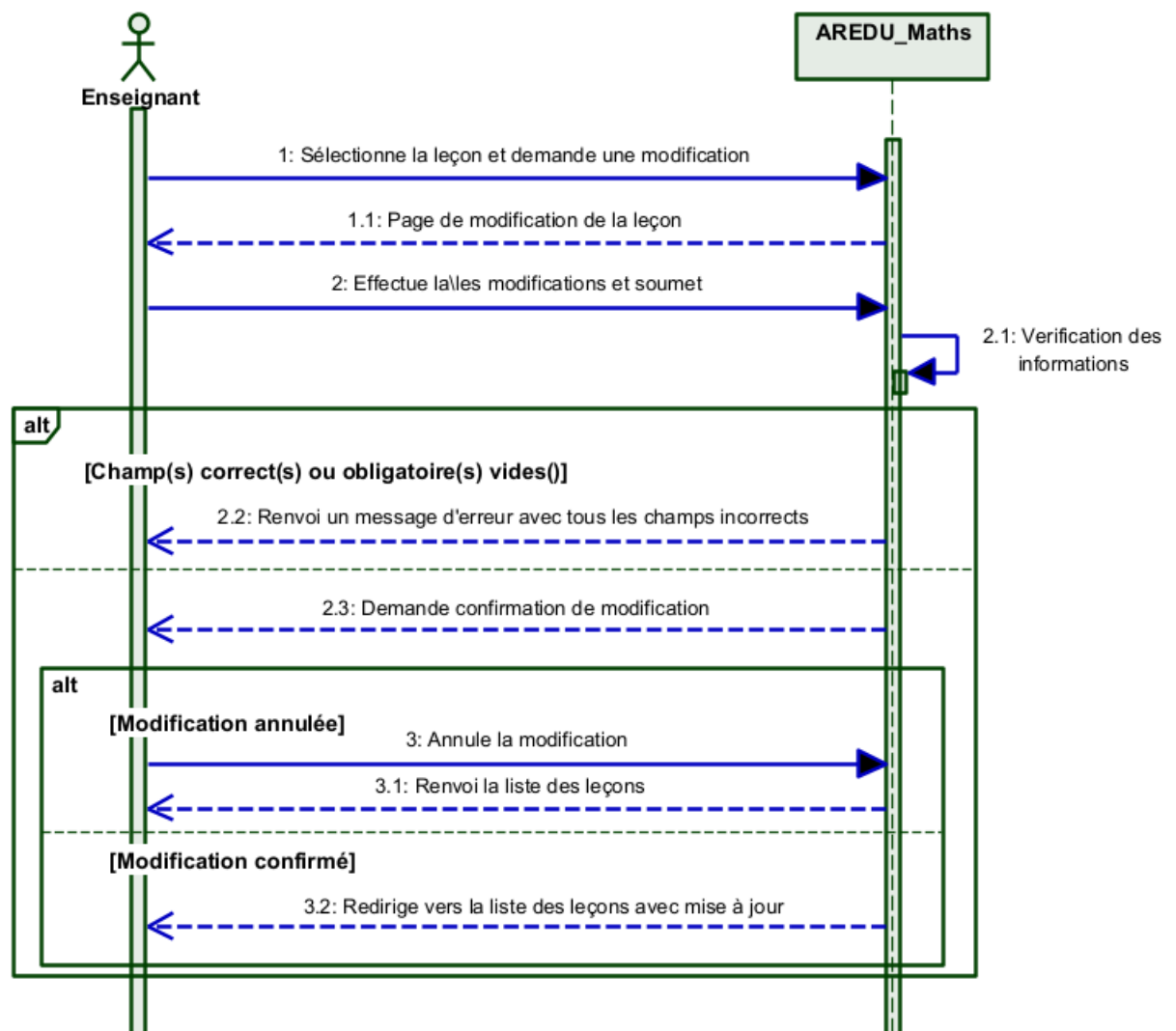


FIGURE 3.12 – Diagramme séquence modifier contenu leçon

→ CAS D'UTILISATION SUPPRIMER UNE NOTION

**But :** Retirer une notion du système

**Acteurs :** enseignant

**Pré-condition :** - être connecté, liste des notions affichée

**Scénario nominal**

1. L'enseignant sélectionne la leçon à supprimer et clique sur supprimer
2. Le système demande une confirmation de la suppression
3. L'enseignant valide la suppression
4. Le système vérifie si aucun exercice n'existe pour cet exercice
5. Le système supprime la notion
6. Le système fait la mise à jour de la page avec la notion supprimée

**Scénario alternatif**

*A. L'enseignant annule la suppression*

L'enchaînement démarre au point 2

3. L'enseignant annule la suppression

4. Le système le laisse sur la liste des notion Le scénario reprend au point 1

*B. Un exercice pour la notion sélectionnée*

Le scénario reprend au point 4

5. Le système renvoi un message correspondant au problème et le laisse sur la liste des notions **Post-condition**

- Notion supprimée

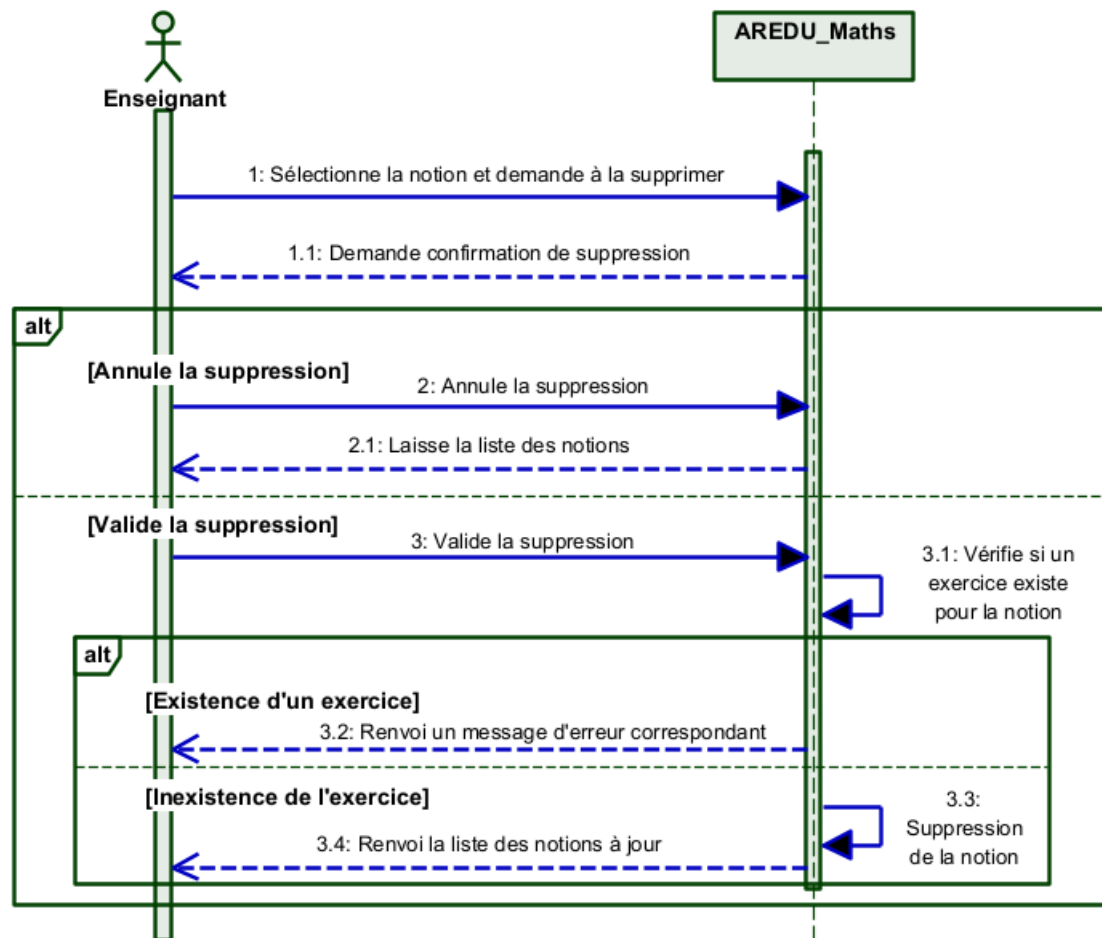


FIGURE 3.13 – Diagramme séquence supprimer notion

→ CAS D'UTILISATION EDITER UN EXERCICE

**But :** Éditer un exercice

**Acteurs :** enseignant

**Pré-condition :** - enseignant connecté, exercice créé

**Scénario nominal**

1. L'enseignant demande à modifier l'exercice
2. Le système renvoi la page de modification
3. L'enseignant effectue les modifications et soumet
4. Le système demande une confirmation de modification de l'exercice
5. L'enseignant valide
6. Le système modifie l'exercice et redirige vers la notion concernée

**Scénario alternatif**

*A. L'enseignant annule la modification*

L'enchaînement démarre au point 4



5. Le système renvoi l'exercice d'origine

4. Le système le laisse sur la liste des notion Le scénario reprend au point 1

*B. Un exercice pour la notion sélectionnée*

Le scénario reprend au point 4

**Post-condition**

- Exercice édité

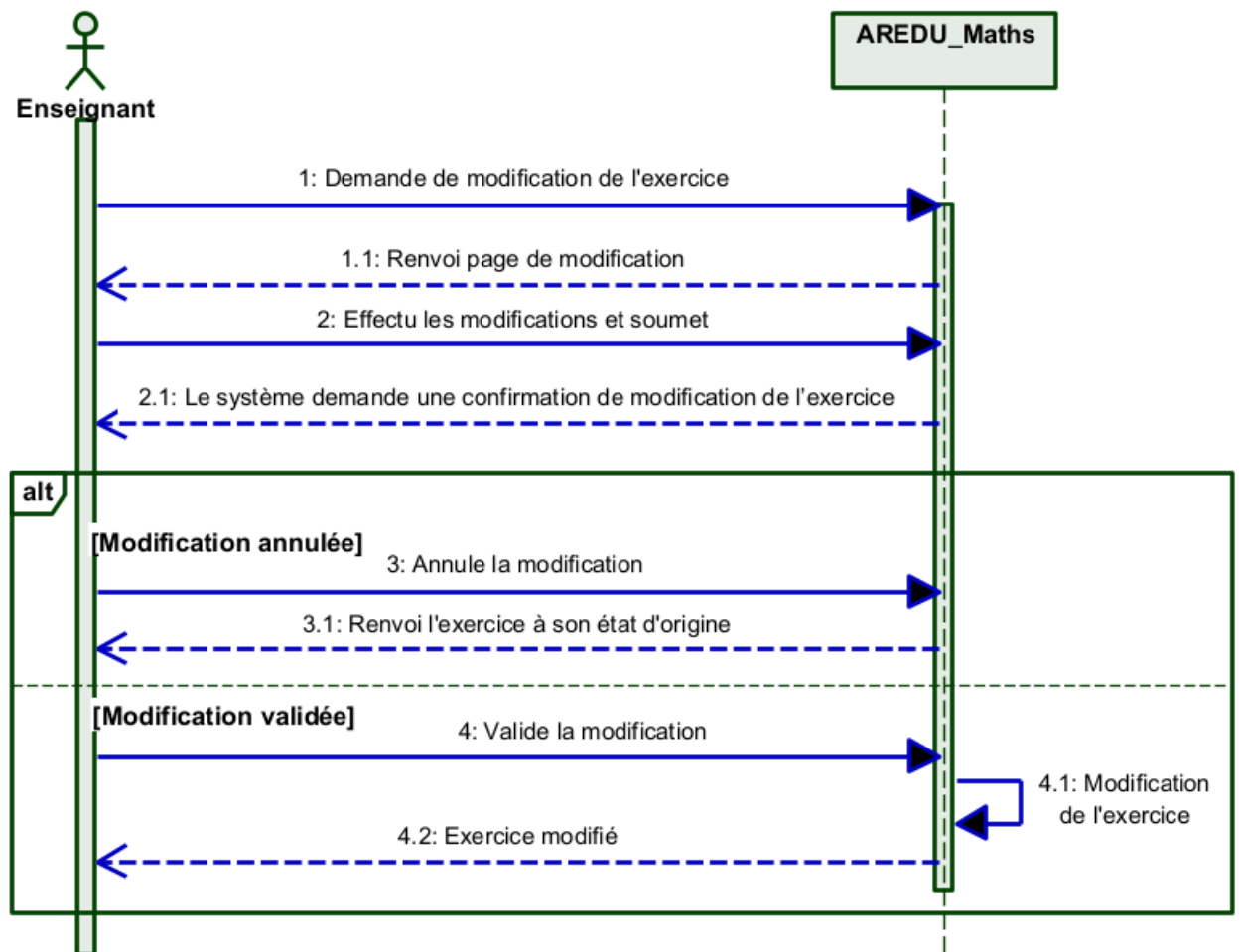


FIGURE 3.14 – Diagramme séquence éditer exercice

→ CAS D'UTILISATION SOUMETTRE SON ÉVALUATION

**But :** Soumettre son évaluation

**Acteurs :** apprenant

**Pré-condition :** - apprenant connecté, evaluation effectué

**Scénario nominal**

1. L'apprenant demande à soumettre son évaluation
2. Le système lui demande de confirmer

3. L'apprenant valide

4. Le système récupère et enregistre les réponses entrées

### Scénario alternatif

*A. L'apprenant ne confirme pas*

L'enchaînement démarre au point 2

3. L'apprenant annule l'évaluation

4. Le système renvoi la page d'évaluation Le scénario reprend au point 1

### Post-condition

- Evaluation effectuée

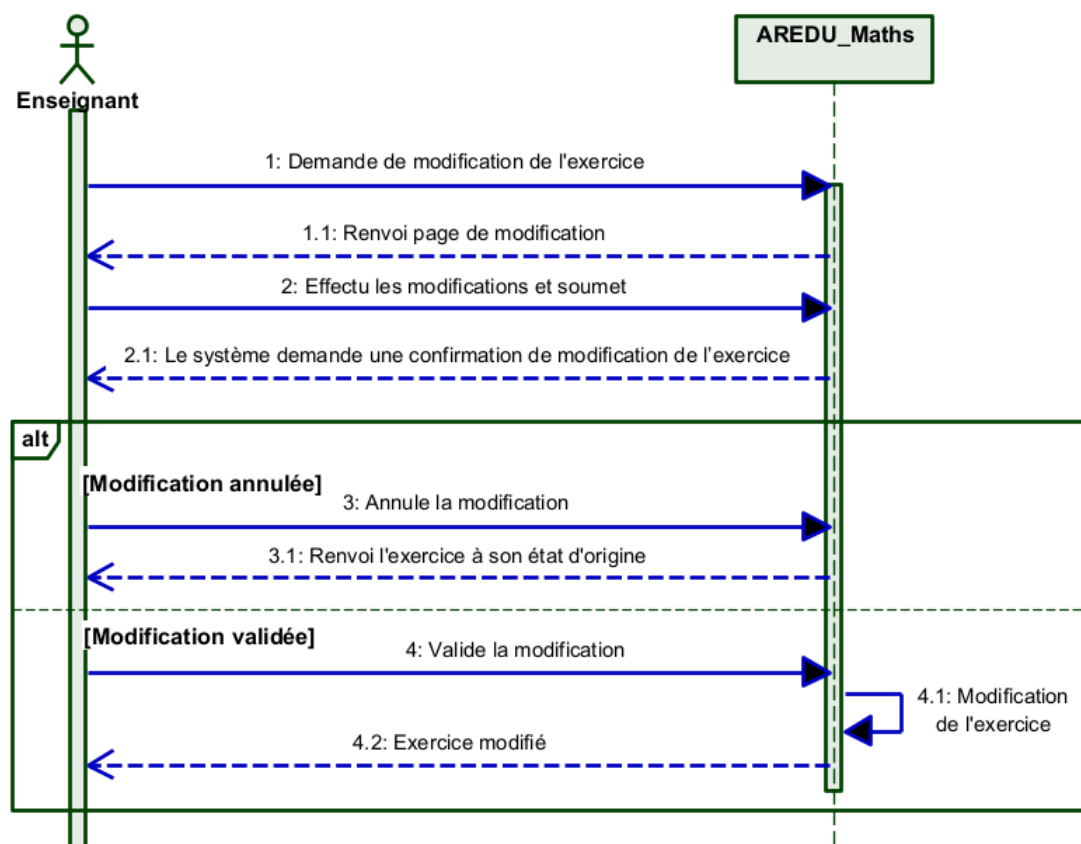


FIGURE 3.15 – Diagramme séquence éditer exercice

### 3.2.1.4.2 Diagrammes d'activité

Le diagramme d'activité est un diagramme comportemental d'UML, permettant de représenter le déclenchement d'événements en fonction des états du système et de modéliser des comportements parallélisables ; il est également utilisé pour décrire un flux de travail. Nous les utiliserons afin de présenter quelques cas d'utilisation.

→ → CAS D'UTILISATION AJOUTER UN EXERCICE À UNE NOTION

**But :** Permettre à un apprenant d'effectuer l'exercice relatif à une notion

**Acteurs :** Enseignant

**Pré-condition :** - enseignant connecté, notion créée

**Scénario nominal**

1. L'enseignant se situe dans la notion et demande à ajouter un exercice
2. Le système renvoi le formulaire d'ajout
3. L'enseignant insère l'énoncé de l'exercice et soumet
4. Le système demande une confirmation d'ajout
5. L'enseignant confirme l'ajout
6. Le système ajoute l'exercice à la notion

**Scénario alternatif**

*A. L'acteur annule l'action*

L'enchaînement démarre au point 4

5. L'enseignant annule l'ajout Le scénario reprend au point 3

**Post-condition**

- Exercice créé

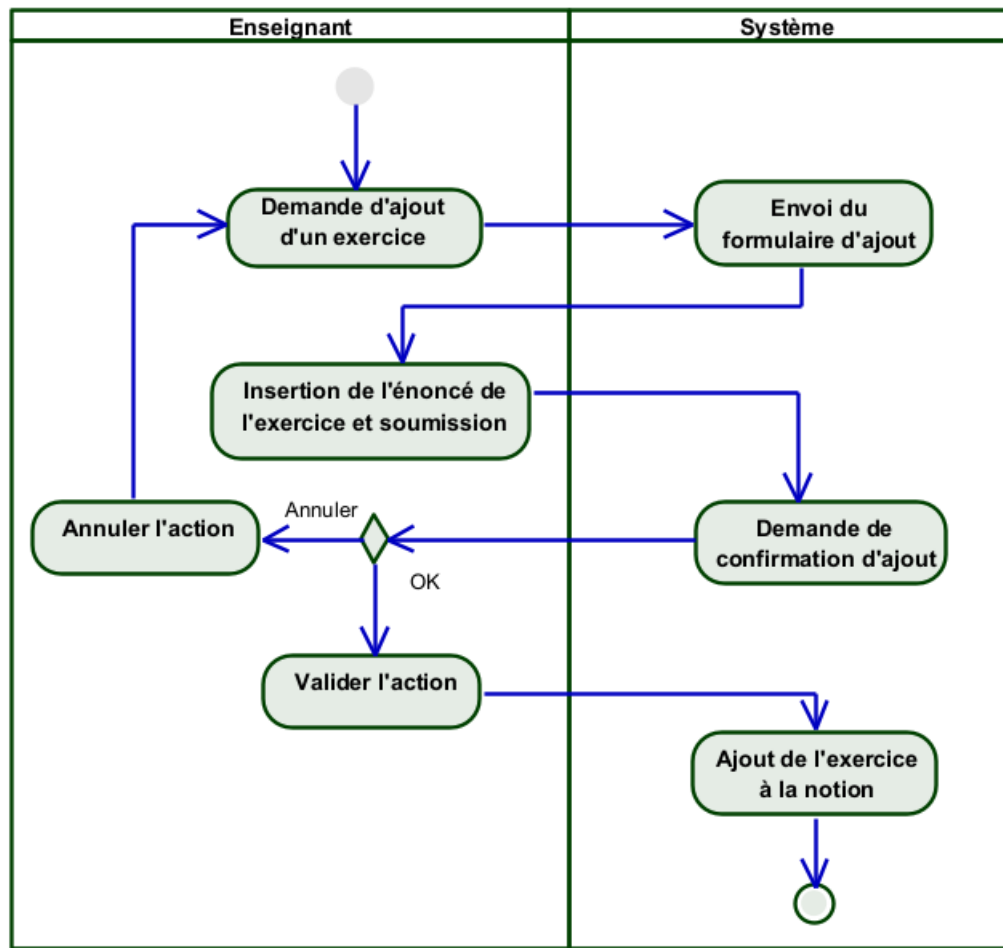


FIGURE 3.16 – Diagramme activité créer exercice

→ AJOUTER UNE QUESTION À UN TEST DE NIVEAU

**But :** Ajouter une question à un test

**Acteurs :** Enseignant

**Pré-condition :** - enseignant connecté, notion créée

**Scénario nominal**

1. L'enseignant se situe dans le test et demande à ajouter une question
2. Le système renvoi le formulaire d'ajout
3. L'enseignant insère la question et soumet
4. Le système demande une confirmation d'ajout
5. L'enseignant confirme l'ajout
6. Le système ajoute la question au test

**Scénario alternatif**

*A. L'acteur annule l'action*

L'enchaînement démarre au point 4

5. L'enseignant annule l'ajout Le scénario reprend au point 3

#### Post-condition

- Question ajoutée

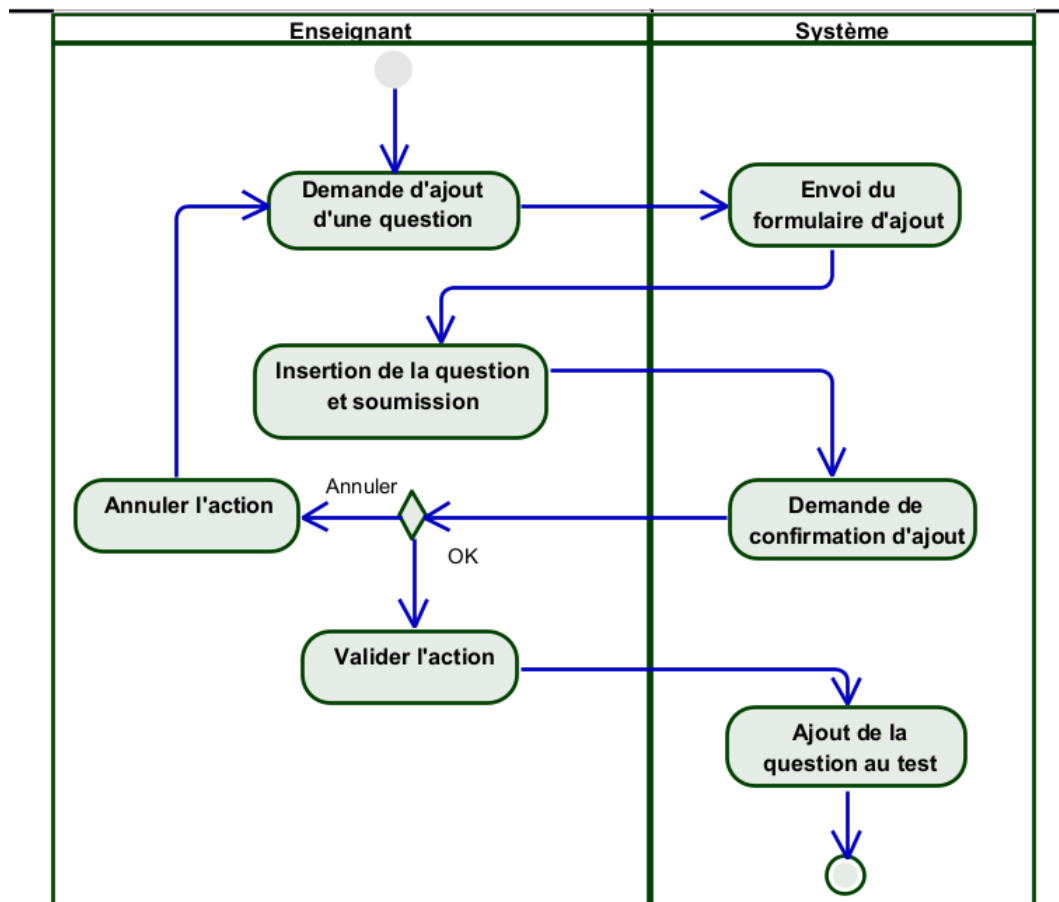


FIGURE 3.17 – Diagramme activité ajouter question

### 3.2.2 Modélisation non fonctionnelle

C'est l'ensemble des exigences qui ne concernent pas spécifiquement le comportement du système mais plutôt identifient des contraintes internes et externes du système. Ainsi les principaux besoins non fonctionnels de notre système sont :

- Le code doit être clair, bien structuré pour permettre des futures évolutions du système ;
- L'ergonomie : l'application doit offrir une interface conviviale et facile à utiliser ;

### 3.3 Conception générale

La conception générale d'un produit est un processus permettant de matérialiser des concepts, de concrétiser des objets, des biens, des services, des techniques, voire des systèmes complexes, différents de ceux existants et qui proposent des réponses en adéquation avec des besoins collectifs ou particuliers afin d'apporter un bénéfice aux usagers. En effet, c'est le déroulement intellectuel d'un individu ou d'une équipe mettant en œuvre des méthodes génériques ou connaissances empiriques associant des compétences acquises et faculté d'adaptation et faisant intervenir ou prendre en considération divers métiers ou spécialités.

#### 3.3.1 Axe statique

##### 3.3.1.1 Diagramme de classe

Le diagramme de classes montre la structure interne de notre système. Il permet de fournir une représentation abstraite des objets du système qui vont interagir ensemble pour réaliser les cas d'utilisation. Il s'agit d'une vue statique car on ne tient pas compte du facteur temporel dans le comportement du système. Le diagramme de classes modélise les concepts du domaine d'application ainsi que les concepts internes créés de toutes pièces dans le cadre de l'implémentation d'une application. Chaque langage de Programmation Orienté Objets donne un moyen spécifique d'implémenter le paradigme objet (pointeurs ou pas, héritage multiple ou pas, etc.), mais le diagramme de classes permet de modéliser les classes du système et leurs relations indépendamment d'un langage de programmation particulier.

Ils sont généralement utilisés pour explorer les concepts de domaine, comprendre les exigences logicielles et décrire les conceptions détaillées.

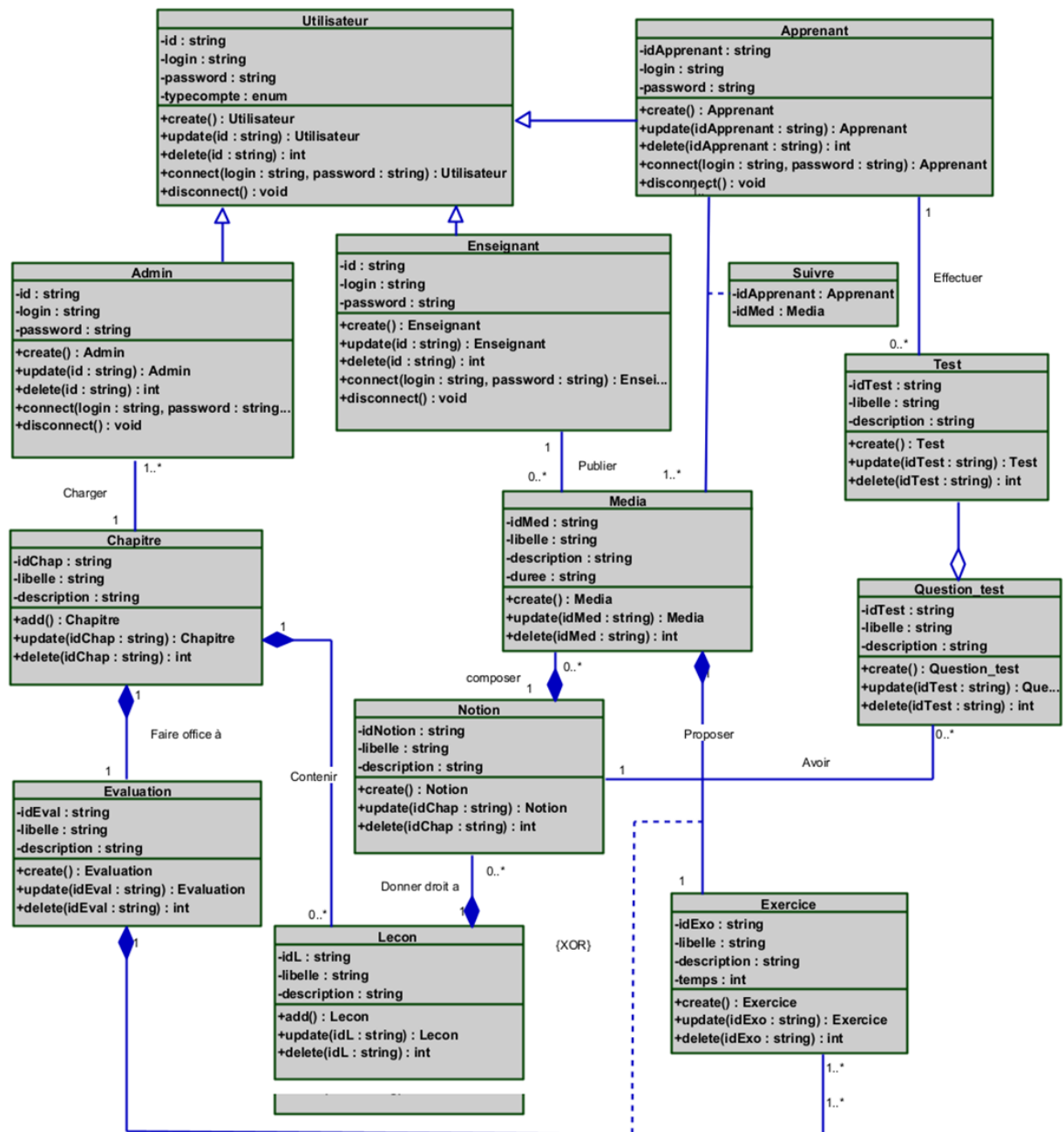


FIGURE 3.18 – Diagramme de classe

### 3.3.1.2 Diagramme de déploiement

En UML, un diagramme de déploiement est une vue statique qui sert à représenter l'utilisation de l'infrastructure physique par le système et la manière dont les composants du système sont répartis ainsi que leurs relations entre eux. Les éléments utilisés par un diagramme de déploiement sont principalement les nœuds, les composants, les associations et les artefacts. Les caractéristiques des ressources matérielles physiques et des supports de communication.

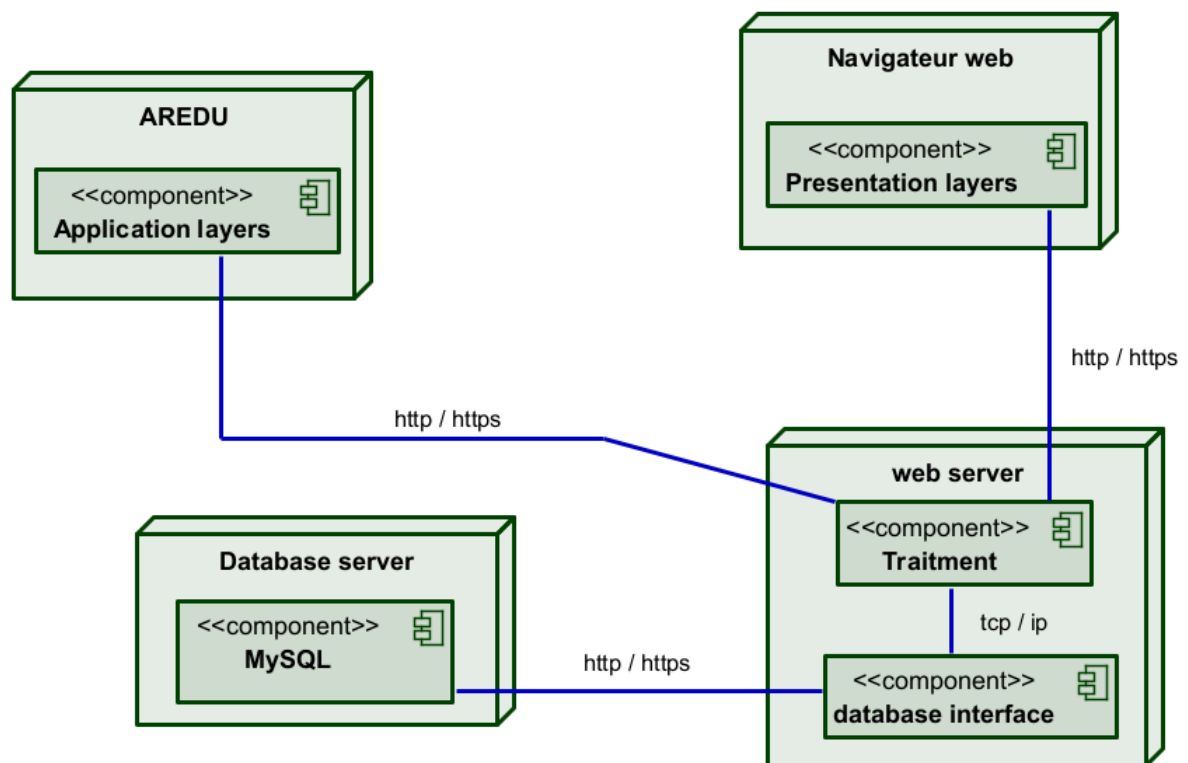


FIGURE 3.19 – Diagramme déploiement

De ce diagramme, ressort l'architecture physique de l'application.

### 3.3.2 Choix de conception pour le système de recommandation

Wikipedia définit un système de recommandation comme étant une forme spécifique de filtrage de l'information visant à présenter les éléments d'information qui sont susceptibles d'intéresser l'utilisateur. De ce qui a été vu, il existe 02 grands groupes de systèmes de recommandation : le filtrage collaboratif et le filtrage basé sur le contenu. Notre système doit recommander des vidéos susceptibles d'aider l'apprenant à corriger ses difficultés. Une vidéo est susceptible d'aider un apprenant si elle a aidé le plus d'apprenants dans son cas sur la plateforme. Nous voyons bien là un algorithme de filtrage collaboratif. Celui-ci peut s'effectuer de 03 manières :



### 3.3.2.1 Comparaison des approches de recommandation

FIGURE 3.20 – Comparaison des approches de recommandation

		Principe	Avantage	Inconvénient
	Content based	Il se base sur les qualités et propriétés intrinsèques de l'objet lui-même et en les corrélant avec les préférences et intérêts de l'utilisateur. Ce type de système va donc extraire un certain nombre de caractéristiques et attributs propres à un contenu, afin de pouvoir recommander à l'utilisateur des contenus additionnels possédant des propriétés similaires. Cette méthode crée un profil pour chaque objet ou contenu, c'est-à-dire un ensemble d'attributs/propriétés qui caractérisent l'objet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ce type de recommandation n'a pas besoin d'une large communauté d'utilisateur afin de pouvoir effectuer les recommandations,</li> <li>- Une liste de recommandation peut être gérée même s'il n'y a qu'un seul utilisateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de mots pris en compte pour la similarité limité,</li> <li>- Des éléments représentés par le même ensemble de mots-clés ne peuvent pas être distingués,</li> <li>- Des éléments représentés par le même ensemble de mots-clés ne peuvent pas être distingués</li> </ul>
	basé sur l'utilisateur ou user-centric	Ici, un nombre d'utilisateurs est identifié et sélectionné sur la base de la similarité de leurs intérêts et préférences avec l'utilisateur actif. On utilise alors principalement les <i>ratings</i> (par ex: films) de ces utilisateurs "voisins" pour calculer des similarités avec l'utilisateur actif. Pour chaque produit $p$ que l'utilisateur n'a pas encore vu, une prédiction est faite en se basant sur les ratings de $p$ assignés par le panel d'utilisateurs voisins.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet de gérer généralement un grand nombre d'utilisateurs</li> <li>- Des travaux et situations réelles ont montré qu'un panel composé de 20 à 50 voisins donne de bons résultats;</li> <li>- On peut également se baser sur des données plus implicites en observant le comportement de l'utilisateur sur le</li> </ul>	<p>Cette méthode suppose deux conditions initiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- On suppose que si des utilisateurs ont eu des goûts similaires dans le passé, ils auront aussi des goûts similaires dans le futur.</li> <li>- Les préférences des utilisateurs restent stables et cohérentes dans le temps.</li> <li>- Lorsqu'il s'agit d'un gros site qui gère des millions d'utilisateurs et un catalogue de milliers de produits, il</li> </ul>

**ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTÈME RECOMMANDATION  
POUR L' APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN CLASSE DE  
6e AU CAMEROUN**

		basant sur les ratings de $p$ assignés par le panel d'utilisateurs voisins.	observant le comportement de l'utilisateur sur le site, par opposition à la récolte de données explicite comme l'est le rating.	millions d'utilisateurs et un catalogue de milliers de produits, il faut scanner un grand nombre de voisins potentiels, ce qui rend impossible la recommandation en temps réel.
Filtrage collaboratif	basé sur les articles ou objets ou item-centric	<p>Cette approche, propose de rechercher en premier lieu des contenus similaires et ensuite de faire une recommandation à l'utilisateur. Cette approche permet de faire un traitement préalable sur la matrice pour déterminer les contenus similaires et ainsi pouvoir effectuer des prédictions en temps réel.</p> <p>Ici, l'idée est donc de construire à l'avance la matrice de similarité entre items. Et en temps réel, on peut facilement ensuite déduire la prédiction de recommandation (le <i>rating</i>) d'un produit pour un utilisateur actif en déterminant depuis la matrice déjà construite quels sont les produits les plus similaires, et en calculant la valeur moyenne de ratings sur ces produits effectués par les utilisateurs voisins.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet d'effectuer des prédictions en temps réel,</li> <li>- On peut déduire la prédiction de recommandation (le <i>rating</i>) d'un produit pour un utilisateur actif en déterminant depuis la matrice déjà construite quels sont les produits les plus similaires, et en calculant la valeur moyenne de ratings sur ces produits effectués par les utilisateurs voisins.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cold Start au démarrage à froid: il a besoin de beaucoup de données et beaucoup d'utilisateurs pour être performants. Le lancement d'un service de recommandation peut souffrir au début du manque d'utilisateurs et d'informations sur ceux-ci;</li> <li>- Le nombre de produits ou contenu étant énorme sur certaines plateformes, même l'article le plus populaire aura très peu de bonnes notes. Dans une telle situation, deux utilisateurs auront peu d'articles valorisés en commun, ce qui rend plus difficile la tâche de corrélation.</li> </ul>

	Factorisation des matrices	Génère les caractéristiques latentes lors de la multiplication de deux types d'entités différents. Son application permet d'identifier la relation entre les entités des éléments et des utilisateurs.	- Permet aux différents systèmes de représenter leur structure de données de façon plus concise et pertinente, afin d'atteindre des temps de traitement bien plus compétitif, et une économie de l'espace de stockage	- On peut déduire la prédiction de reco
--	----------------------------	--	---	---

### 3.3.2.2 Synthèse

- user-based ou user-centric :

Le principe du userbase se basant sur la conception des profils d'utilisateur, classera l'apprenant dans le même groupe d'utilisateurs ayant régulièrement eu des problèmes similaires au sien dans le passé et donc lui recommandera des vidéos les aidant de façon continue sans se soucier de son problème actuel.

- item-based ou item-centric : Celui-ci donnera une liste de vidéos susceptibles d'intéresser l'utilisateur. Cette liste des notes est affectée de la moyenne des notes de l'utilisateur.

Pour des besoins de plus de précision, nous combinons les 02 approches, d'où la factorisation matricielle.

### 3.3.2.3 Technique d'approche

Notre approche consiste à construire un moteur de recommandation de filtrage collaboratif basé sur la factorisation des matrices. Celle-ci propose de nombreuses techniques dont l'analyse en composants principales et la décomposition des matrices à valeur singulière.

Dans l'apprentissage automatique (ML), certains des concepts d'algèbre linéaire les plus importants sont la décomposition en valeurs singulières et l'analyse en composants principales (PCA). PCA transforme les données de manière linéaire en nouvelles propriétés qui ne sont pas corrélées les unes aux autres. Pour ML, le positionnement de l'ACP comme extraction de caractéristiques peut nous permettre d'explorer son potentiel mieux que la réduction de dimension. La décomposition en valeurs singulières

(SVD) est une méthode d'algèbre linéaire qui a été généralement utilisée comme technique de réduction de dimensionnalité dans l'apprentissage automatique. SVD est une technique de factorisation matricielle, qui réduit le nombre de caractéristiques d'un ensemble de données en réduisant la dimension spatiale de la dimension  $N$  à la dimension  $K$  (où  $K < N$ ). Dans le cadre du système de recommandation, le SVD est utilisé comme technique de filtrage collaboratif. Il utilise une structure matricielle où chaque ligne représente un utilisateur et chaque colonne représente un élément. Les éléments de cette matrice sont les notes attribuées aux éléments par les utilisateurs.

$$A = U S V^T$$

La factorisation de cette matrice se fait par la décomposition en valeurs singulières. Il trouve des facteurs de matrices à partir de la factorisation d'une matrice de haut niveau (user item-rating). La décomposition en valeurs singulières est une méthode de décomposition d'une matrice en trois autres matrices comme indiqué ci-dessous : Où  $A$  est une matrice d'utilité  $m \times n$ ,  $U$  est une matrice singulière gauche orthogonale  $m \times r$ , qui représente la relation entre les utilisateurs et les facteurs latents,  $S$  est une matrice diagonale  $r \times r$ , qui décrit la force de chaque facteur latent et  $V$  est un  $r \times n$  matrice diagonale droite singulière, qui indique la similitude entre les éléments et les facteurs latents. Les facteurs latents ici sont les caractéristiques des éléments, par exemple, le genre de la musique. Le SVD diminue la dimension de la matrice d'utilité  $A$  en extrayant ses facteurs latents. Il cartographie chaque utilisateur et chaque élément dans un espace latent à  $r$  dimensions. Ce mappage facilite une représentation claire des relations entre les utilisateurs et les éléments.

#### 3.3.2.4 Son architecture

Elle se présente comme suite :

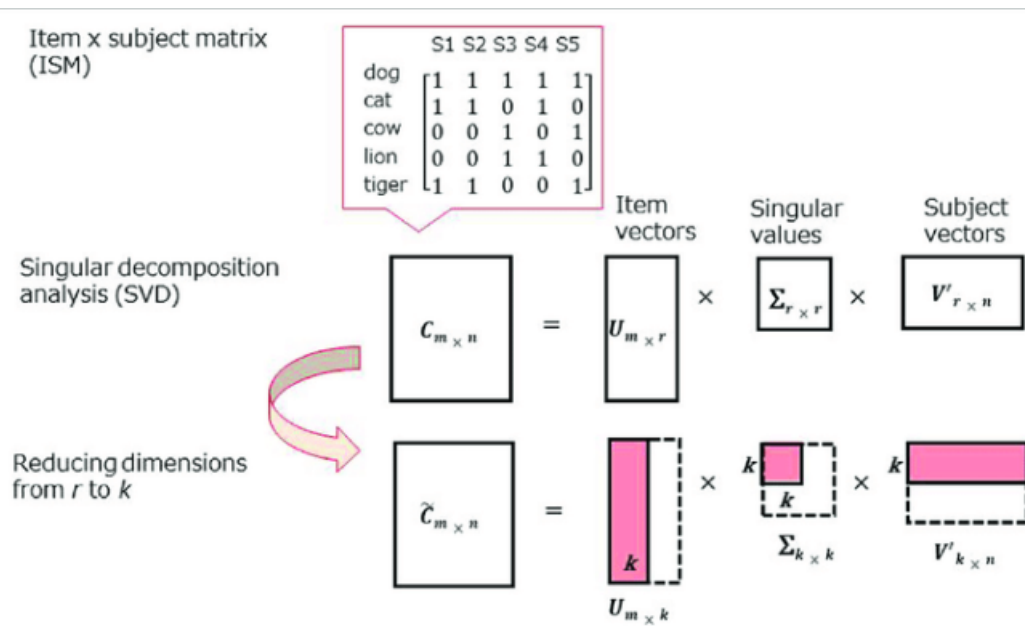


FIGURE 3.21 – Architecture de la décomposition à valeur singulière

Les phases de création et d'élaboration du projet étant déjà faites, nous pouvons aborder la phase de construction, cette phase traite de l'installation de l'environnement de développement et du codage proprement dit.

## CHAPITRE 4

# IMPLÉMENTATION DE LA SOLUTION ET RÉSULTATS

Dans ce chapitre, nous ferons un tour d’horizon sur l’ensemble des technologies utilisées afin de mettre en œuvre la solution et montrerons comment nous comptons déployer notre solution. Enfin nous présenterons quelques résultats obtenus par implémentation.

### 4.1 Description de l’environnement et outils de développement

#### 4.1.1 Architecture du moteur de SR

L’architecture est un ensemble de principes structurants qui permettent à un système d’être composé d’un ensemble de systèmes plus simples, chacun avec son propre contexte local dont il est indépendant mais non incompatible avec le contexte du système plus large dans son ensemble. L’architecture est créée pour décrire la structure du système à construire et comment cette structure prend en charge les exigences métier et de niveau de service.

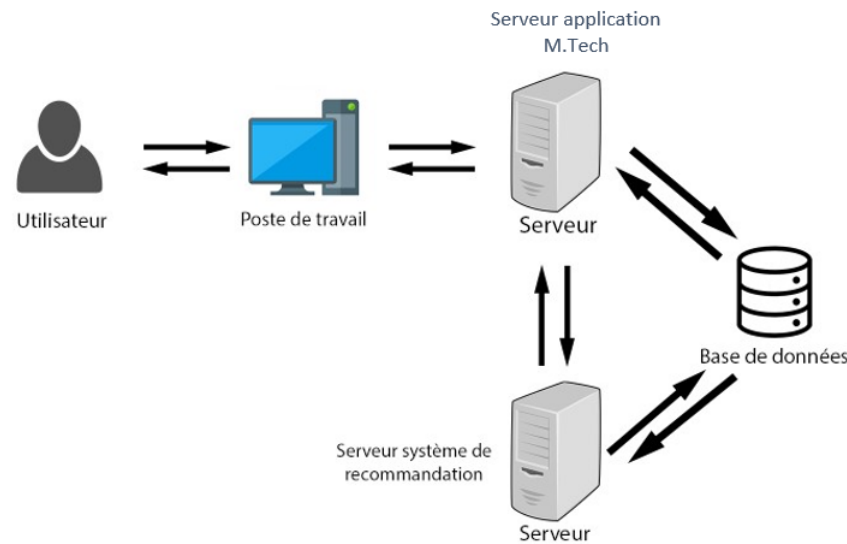


FIGURE 4.1 – Architecture physique du système

#### 4.1.2 Outils et choix technologique

De la conception à la réalisation de notre application, nous avons eu à utiliser les outils et technologies suivants :

- ★ **Spring boot** : Framework créé par l'équipe de chez Pivotal, conçu pour simplifier le démarrage et le développement de nouvelles applications Spring,
- ★ **Hibernate** : framework open source gérant la persistance des objets en base de données relationnelle,
- ★ **React native** : framework utilisé pour développer des applications pour android et IOS en permettant d'utiliser react avec les fonctionnalités native de ces plateformes ;
- ★ **Git GitHub** : Git est un logiciel de gestion de versions décentralisé. C'est un logiciel libre créé par Linus Torvalds, auteur du noyau Linux, et distribué selon les termes de la licence publique générale GNU version 2. GitHub est un logiciel libre de forge basé sur git proposant les fonctionnalités de wiki, un système de suivi des bugs, l'intégration continue et la livraison continue ;
- ★ **Visual Studio Code** : éditeur de code redéfini et optimisé pour créer et déboguer des applications Web et cloud modernes ; Jira : est un système de suivi de bugs, de gestion des incidents et de gestion de projets développé par Atlassian ;

- ★ **Visual paradigm** : C'est un outil UML CASE prenant en charge UML 2, SysML et la notation de modélisation de processus métier (BPMN) d'Object Management Group (OMG). Outre la modélisation, il offre des fonctionnalités de génération de rapports et d'ingénierie de code, y compris la génération de code ;
- ★ **MS Project** : logiciel de gestion de projets édité par Microsoft. Il permet aux chefs de projet et aux planificateurs de planifier et piloter les projets, de gérer les ressources et le budget, ainsi que d'analyser et communiquer les données des projets ;
- ★ **Google collaboratory** : est un produit de Google Research. Colab permet à n'importe qui d'écrire et d'exécuter le code Python de son choix par le biais du navigateur. C'est un environnement particulièrement adapté au machine learning, à l'analyse de données et à l'éducation.

## 4.2 Approche de développement et tests

### 4.2.1 Description du dataset

#### 4.2.1.1 Définition

Le dataset se traduit par jeu ou collection de données. Il s'agit d'un ensemble de données cohérent pouvant se présenter sous différents formats : données chiffrées, textuelles, vidéo, image ou encore son. Le dataset est une brique maîtresse du machine learning. Il va servir à apprendre à un modèle à réaliser une tâche ou faire une prédiction.

#### 4.2.1.2 Traitement et exploration des données

Les données que nous utilisons sont réparties en 2 fichiers :

- **Dataset.csv** : Il contient des vidéos de divers enseignants sur les notions de mathématiques 6e recueillies dans CIAM, livre au programme de la classe cible depuis des années.



**ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTÈME RECOMMANDATION  
POUR L' APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN CLASSE DE  
6e AU CAMEROUN**

102	Diviser par 5 - Calcul mental	voir youtube	4	T2
103	Résoudre un problème avec quotient et reste - ...	voir youtube	4	T2
104	Vérifier si un nombre est divisible par 2 - Si...	voir youtube	5	T2
105	Vérifier si un nombre est divisible par 3 - Si...	voir youtube	3	T2
106	Vérifier si un nombre est divisible par 4 - Si...	voir youtube	3	T2
107	Vérifier si un nombre est divisible par 5 - Si...	voir youtube	3	T2
108	Vérifier si un nombre est divisible par 9 - Si...	voir youtube	3	T2
109	Vérifier si un nombre est divisible par 10 - S...	voir youtube	3	T2
110	Multiplier par 0	voir youtube	4	T2

FIGURE 4.2 – Dataset 1

- Dataset2.csv : contient les notes des apprenants après avoir suivi une notion

	<b>student_id</b>	<b>notion_id</b>	<b>average</b>
0	app01	101	8
1	app02	104	7
2	app03	108	6
3	app04	102	9
4	app05	111	5
5	app06	103	8
6	app07	105	7
7	app08	123	10
8	app09	143	4
9	app10	115	8

FIGURE 4.3 – Dataset 2

#### 4.2.1.3 Population d'étude

S'étant basé sur les élèves de la classe de 6e, nous avons effectué une descente dans trois classes dans la ville de Douala afin de mener à bien notre étude. En effet, la recolte des données étant une nécessité phares, celle-ci nous permet d'obtenir en bonne et d'une forme, ce qui nous permettra de réaliser un jeux de données (dataset2) avec des valeurs réelles. Celles-ci concernant les notes obtenues après l'évaluation de l'élève.

## 4.2.2 tests

Extraction des facteurs latents

```
svdout[1]

array([-2.16558373e-03,  4.51384837e-18,  1.18904079e-02,  5.85616508e-03,
       -2.67349261e-04,  1.33275609e-02,  5.77457005e-04,  8.79992467e-02,
        4.01091614e-02, -4.83555684e-03, -2.70954684e-03, -3.96520050e-03,
        2.23930697e-03,  1.20996728e-02,  8.98403314e-04,  1.09857832e-02,
        2.79767975e-03, -1.25111933e-02,  1.33853646e-02,  1.23307991e-03,
       -1.00392390e-03,  5.25159718e-02, -9.06027140e-03,  5.04569702e-03,
       -1.78385221e-02, -6.99821948e-03,  4.26584772e-02, -1.30813338e-02,
       -9.52901976e-03, -8.49219603e-03, -1.54565032e-02,  1.73285898e-02,
       -7.41189559e-03, -3.07926735e-03,  4.84843918e-03,  2.16784234e-03,
        2.37808157e-03,  5.91121349e-03,  1.46040724e-02,  7.32501329e-03,
        7.04338504e-03,  5.62907509e-02,  2.76369083e-02,  1.19205507e-03,
        7.45049653e-03, -1.44388244e-03,  5.10762186e-02, -9.05070031e-03,
        5.00988038e-02, -5.92319690e-04, -5.70313842e-03,  9.00403674e-04,
        5.48728023e-03,  3.26384846e-03,  1.61074098e-02,  1.12427455e-02,
        1.93955078e-03, -1.37940868e-02,  4.93427637e-02, -2.18394521e-03,
        4.53948076e-03, -3.00990762e-02,  3.24129041e-03,  2.59937957e-02,
       -4.07281514e-02,  1.32738617e-03, -1.06525771e-02,  1.80814045e-03,
        9.47080245e-03,  1.21350808e-18, -2.71521009e-02,  4.48465077e-02,
        2.12524126e-02,  5.02118732e-03,  2.94152294e-03, -3.35901060e-04,
        5.37794053e-02,  3.13942690e-03, -3.09202767e-04,  6.65621081e-03,
        2.11460167e-03, -4.20316019e-03,  5.54640278e-03,  1.33649689e-02,
        6.24461464e-02,  6.32849158e-03,  1.04089884e-03,  1.42263910e-02,
        5.06676505e-04,  1.33802285e-02,  4.27139439e-02,  8.89038070e-02,
        4.88197380e-03,  2.06017282e-03,  5.13241892e-03, -6.52607500e-19,
       -9.87443499e-03, -2.02301104e-05, -6.32200221e-04,  8.85992991e-03,
```

FIGURE 4.4 – Facteurs latents

Les premiers tests de notre solution ont été réalisés depuis Google colaboratory.

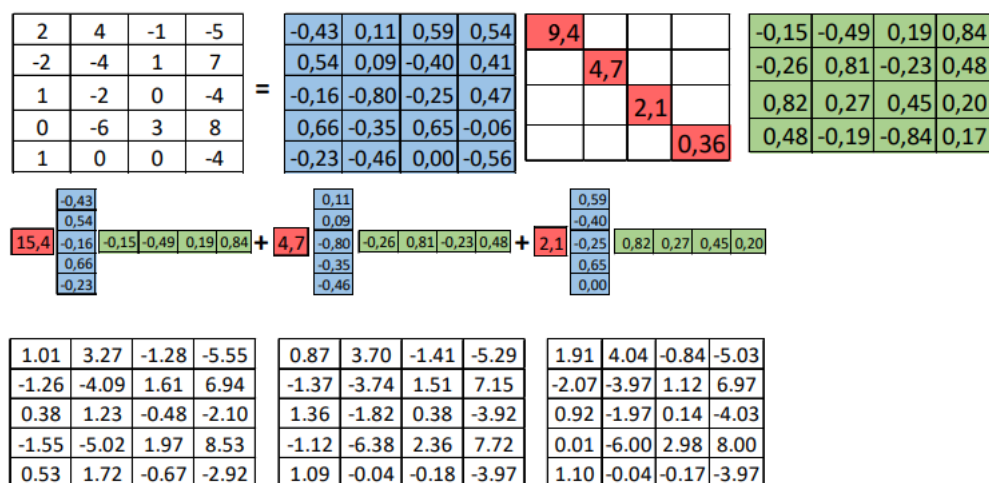


FIGURE 4.5 – Récapitulatif des résultats des systèmes de recommandation SVD étudié

Dans la table 4.5 on a des blocs de résultats où le système de recommandation de base est comparé aux variantes résultantes de l'usage des stratégies matricielles et

facteurs latents. En effet, la matrice de départ  $A$  est décomposé en trois matrices dont celle des utilisateurs, des facteurs latents et des vidéos des notions afin de prédire quelles sont les vidéos qui seront susceptibles d'être recommandé à chaque fois qu'un utilisateur  $u$  aura des difficultés sur une notion précise.

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre travail était de proposer un système de recommandation qui propose des cours adaptées à l'apprenant afin de réduire ses difficultés au maximum en mathématiques. A cet effet, nous nous sommes intéressés à la recommandation des cours sur cette matière chez les élèves de la classe de 6e, classe où la base de la logique mathématique commence. C'est ainsi que nous nous sommes tourné vers l'intelligence artificielle dans le milieu de l'éducation, ce qui nous a permis de réaliser une de ses applications phares qu'est le système de recommandation. Celui-ci étant un système intelligent qui vise à prédire l'intérêt qu'un utilisateur pourrait avoir pour un article, ce à partir d'un certain nombre d'informations, et à faire état de ce potentiel intérêt à l'utilisateur d'une manière ou d'une autre.

Le modèle de recommandation ainsi balisé : SVD, permet de personnaliser la prédiction des vidéos pour un élève cible. Les expérimentations ont été faites sur deux jeux de données : l'un portant sur les évaluations et l'autre sur les notions des mathématiques suivant le programme de CIAM. Nous avons obtenu une recommandation des notions portant sur la notion cible. Les tests effectués sur divers utilisateurs donna de bons résultats de réussites.

A la fin de ce travail, en guise de perspective, nous proposons d'exploiter les points suivants :

- La version actuelle du macro-pipeline proposé est un prototype donc implémenté en langage python, nous allons implémenter une version mobile pour rendre la solution exploitable.
- Au vu de la difficulté et du temps mis pour implémenter une version en langage bas niveau du framework, mettre sur pied un dsl pour les systèmes de recommandation sera d'une grande efficacité vu les gains de temps obtenus.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Enseignement secondaire, approche par compétence. (8), 2020.
- [2] Sunita B Aher and LMRJ Lobo. Best combination of machine learning algorithms for course recommendation system in e-learning. *International Journal of Computer Applications*, 41(6), 2012.
- [3] Sunita B Aher and LMRJ Lobo. Combination of clustering, classification & association rule based approach for course recommender system in e-learning. *International Journal of Computer Applications*, 39(7) :8–15, 2012.
- [4] Sunita B Aher and LMRJ Lobo. A comparative study of association rule algorithms for course recommender system in e-learning. *International Journal of Computer Applications*, 39(11) :48–52, 2012.
- [5] Sunita B Aher and LMRJ Lobo. Course recommender system in e-learning. *International Journal of Computer Science and Communication*, 3(10) :159–164, 2012.
- [6] Amer Al-Badarenah and Jamal Alsakran. An automated recommender system for course selection. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 7(31) :166–175, 2016.
- [7] Taushif Anwar, V Uma, and Gautam Srivastava. Rec-cfsvd++ : Implementing recommendation system using collaborative filtering and singular value decomposition (svd)++. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 20(04) :1075–1093, 2021.
- [8] Brett Becker. Artificial intelligence in education : what is it, where is it now, where is it going. *Ireland's Yearbook of Education*, 2018 :42–46, 2017.

- [9] Narimel Bendakir. Rare : un système de recommandation de cours basé sur les règles d'association. 2006.
- [10] Robert Bodily and Katrien Verbert. Review of research on student-facing learning analytics dashboards and educational recommender systems. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(4) :405–418, 2017.
- [11] Robin Burke. Hybrid web recommender systems,|| in the adaptive web : Methods and strategies of web personalization, p. brusilovsky, a. kobsa, and w. nejd, eds, 2007.
- [12] Simon Collin and Emmanuelle Marceau. L'intelligence artificielle en éducation : enjeux de justice. *Formation et profession : revue scientifique internationale en éducation*, 29(4) :1–4, 2021.
- [13] Jean-Marc Commenge. Big data et intelligence artificielle pour le génie des procédés. 2(2), 2020.
- [14] Liang-Zhong Cui, Fu-Liang Guo, and Ying-jie Liang. Research overview of educational recommender systems. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Application Engineering*, pages 1–7, 2018.
- [15] Julien Delporte. *Factorisation Matricielle, application à la recommandation personnalisée de préférences*. PhD thesis, Rouen, INSA, 2014.
- [16] Chaohua Fang and Qiuyun Lu. Personalized recommendation model of high-quality education resources for college students based on data mining. *Complexity*, 2021, 2021.
- [17] Luis Fernandez-Luque, Randi Karlsen, and Lars K Vognild. Challenges and opportunities of using recommender systems for personalized health education. *Medical informatics in a united and healthy Europe*, pages 903–907, 2009.
- [18] Salvador Garcia-Martinez and Abdelwahab Hamou-Lhadj. Educational recommender systems : A pedagogical-focused perspective. In *Multimedia Services in Intelligent Environments*, pages 113–124. Springer, 2013.
- [19] Gérard GOVAERT, Michèle SEBAG, and Dominique FOURDRINIER. Factorisation matricielle, application à la recommandation personnalisée de préférences.

- [20] Zameer Gulzar, A Anny Leema, and Gerard Deepak. Pcrs : Personalized course recommender system based on hybrid approach. *Procedia Computer Science*, 125 :518–524, 2018.
- [21] Gwo-Jen Hwang, Han-Yu Sung, Chun-Ming Hung, and Iwen Huang. A learning style perspective to investigate the necessity of developing adaptive learning systems. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(5) :188–197, 2013.
- [22] Hazra Imran, Mohammad Belghis-Zadeh, Ting-Wen Chang, Sabine Graf, et al. Plors : a personalized learning object recommender system. *Vietnam Journal of Computer Science*, 3(1) :3–13, 2016.
- [23] Shakir Khan. Visual data analysis and simulation prediction for covid-19 in saudi arabia using seir prediction model. *International Journal of Online & Biomedical Engineering*, 17(8), 2021.
- [24] Shakir Khan and Salihah Alqahtani. Big data application and its impact on education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(17) :36–46, 2020.
- [25] Mohamed Koutheaïr Khribi, Mohamed Jemni, and Olfa Nasraoui. Recommendation systems for personalized technology-enhanced learning. In *Ubiquitous learning environments and technologies*, pages 159–180. Springer, 2015.
- [26] Subhra Samir Kundu, Dhruvasish Sarkar, Premananda Jana, and Dipak K Kole. Personalization in education using recommendation system : An overview. *Computational Intelligence in Digital Pedagogy*, pages 85–111, 2021.
- [27] Min Liu, Emily McKelroy, Stephanie B Corliss, and Jamison Carrigan. Investigating the effect of an adaptive learning intervention on students' learning. *Educational technology research and development*, 65(6) :1605–1625, 2017.
- [28] Dina Fitria Murad, Yaya Heryadi, Bambang Dwi Wijanarko, Sani Muhamad Isa, and Widodo Budiharto. Recommendation system for smart lms using machine learning : A systematic literature.
- [29] Valéry Psyché and Perrine Ruer. L'apprentissage adaptatif intelligent. *Revue Le Tableau*, 8(4), 2019.

- [30] Santosh Ray and Mohammed Saeed. Applications of educational data mining and learning analytics tools in handling big data in higher education. In *Applications of big data analytics*, pages 135–160. Springer, 2018.
- [31] Wenchuan Shi, Liejun Wang, and Jiwei Qin. User embedding for rating prediction in svd++-based collaborative filtering. *Symmetry*, 12(15) :121, 2020.
- [32] Chun-Hua Tsai and Peter Brusilovsky. The effects of controllability and explainability in a social recommender system. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 31(30) :591–627, 2021.
- [33] Shuai Wang, Claire Christensen, Wei Cui, Richard Tong, Louise Yarnall, Linda Shear, and Mingyu Feng. When adaptive learning is effective learning : comparison of an adaptive learning system to teacher-led instruction. *Interactive Learning Environments*, pages 1–11, 2020.
- [34] Kamal Yammine. Dia : un système de recommandation de livres dans un contexte pédagogique. 2005.
- [35] Olaf Zawacki-Richter, Victoria I Marín, Melissa Bond, and Franziska Gouverneur. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(3) :1–27, 2019.





REPUBLIQUE DU CAMEROUN  
*Paix -Travail-Patrie*  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPERIEUR



INSTITUT UNIVERSITAIRE DE LA  
COTE  
INSTITUT D'INGENIERIE INFORMATIQUE  
D'AFRIQUE CENTRALE  
DEPARTEMENT DU CYCLE  
INGENIEUR 3IL

Tel : (+237)695 054 508  
BP : 3001 Douala  
Email : tekoudjou.xavier@myiuc.com

#### BESOIN D'INFORMATIONS POUR LA RECHERCHE ACADEMIQUE

Je soussigne, TEKOU DJOU François-Xavier, Chef de Département des TIC-MASTER de l'Institut d'Ingénierie Informatique d'Afrique Centrale à l'Institut Universitaire de la Côte, formule cette demande d'autorisation de recherche afin de permettre à Madame **NJOMO NGUEKET Corine Rosane** étudiante en 5<sup>e</sup> année MSI option MS2D de mon département à effectuer des travaux de recherche dans le cadre de la préparation de son mémoire de fin d'études d'ingénieur sous le thème : **Mise en œuvre d'un système de détection de lacune et de recommandation pour l'apprentissage des mathématiques en classe de 6<sup>e</sup> au Cameroun.**

Dans le souci de mener à bien son étude, nous vous prions de l'autoriser à administrer des questionnaires auprès des élèves et enseignants, et de consulter les documents pédagogiques des usagers du réseau éducatif de votre établissement d'enseignement secondaire général nécessaires à cette recherche académique.



Douala le 17 Août 2022

*Tekoudjou François-Xavier*

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Dédicace</b>	<b>i</b>
<b>Remerciements</b>	<b>ii</b>
<b>Résumé</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>iv</b>
<b>Sommaire</b>	<b>v</b>
<b>Liste des abbréviations</b>	<b>vi</b>
<b>I ETAT DE L'ART</b>	<b>3</b>
<b>1 Revue de littérature</b>	<b>4</b>
1.1 Intelligence artificielle dans l'éducation . . . . .	4
1.1.1 L'intelligence artificielle . . . . .	4
1.1.2 Les enjeux éthiques et critiques de l'intelligence artificielle liés à l'éducation . . . . .	v
1.1.2.1 Enjeux liés aux données massives . . . . .	6
1.1.2.2 Enjeux liés aux algorithmes . . . . .	6
1.1.2.3 Enjeux relatifs à l'autonomie et au jugement professionnels des enseignant(e)s et à l'agentivité des élèves en fonction de la distribution des tâches entre eux et l'IA .	7
1.1.2.4 Vers une écologie de l'attention . . . . .	7
1.1.3 Prévenir les enjeux de l'intelligence artificielle . . . . .	7
1.1.4 Possibilités et défis pour l'éducation . . . . .	8
1.1.4.1 Des exemples d'application de l'IA en éducation . . . .	8
1.1.4.2 Des compétences à développer . . . . .	9
1.2 Apprentissage adaptatif . . . . .	10

1.2.1	Qu'est-ce que c'est? . . . . .	10
1.2.2	Architecture et composition d'un système d'apprentissage adaptatif . . . . .	11
1.3	Système de recommandation . . . . .	12
1.3.1	Définition . . . . .	12
1.3.2	Les catégories de système de recommandation . . . . .	13
1.3.2.1	Le filtrage collaboratif . . . . .	13
1.3.2.2	Le filtrage de type "Content based" . . . . .	14
1.3.2.3	Les approche hybrides . . . . .	15
1.3.3	L'éthique et les systèmes de recommandation . . . . .	15
1.3.4	Les systèmes de recommandation en éducation . . . . .	16
<b>2</b>	<b>Présentation du projet</b>	<b>19</b>
2.1	Compréhension du sujet . . . . .	19
2.1.1	Contexte . . . . .	19
2.1.2	Délimitation du sujet et hypothèse de travail . . . . .	20
2.2	Etude de l'existant . . . . .	20
2.2.1	Description du système pédagogique existant au Cameroun . . . . .	20
2.2.2	Critique de l'existant . . . . .	20
2.3	Proposition de solution et approche scientifique . . . . .	21
2.3.1	Ébauche de solution . . . . .	21
2.3.2	Question de recherche . . . . .	21
2.3.3	Choix et intérêt du sujet . . . . .	21
2.3.4	Approche scientifique . . . . .	21
2.3.4.1	Méthode de recherche . . . . .	22
2.3.4.1.1	Les entretiens de recherche . . . . .	22
2.3.4.1.2	L'observation . . . . .	23
2.3.4.1.3	Le focus group . . . . .	23
2.3.4.1.4	L'enquête de terrain . . . . .	23
2.3.4.1.5	Le sondage . . . . .	24
2.3.4.1.6	Le questionnaire . . . . .	24
2.3.4.2	Méthode d'échantillonnage . . . . .	26
2.3.4.2.1	L'échantillonnage probabiliste ou aléatoire . . . . .	26
2.3.4.2.2	L'échantillonnage non probabiliste . . . . .	28

2.4	Cadrage du projet . . . . .	29
2.4.1	Le projet . . . . .	29
2.4.1.1	Le nom . . . . .	29
2.4.1.2	Définition succincte . . . . .	29
2.4.1.3	Caractéristiques essentielles . . . . .	30
2.4.1.4	Motifs qui sous tendent le projet . . . . .	30
2.4.2	Les Objectifs . . . . .	30
2.4.2.1	Objectifs techniques . . . . .	30
2.4.2.2	Objectifs de délai . . . . .	31
2.4.2.3	Objectifs de coûts . . . . .	31
2.4.3	Technique . . . . .	33
2.4.3.1	Les bases sur lesquelles s'appuie notre projet . . . . .	33
2.4.3.2	Les difficultés principales du projet . . . . .	34
2.4.3.3	Les solution de repli en cas de problème . . . . .	34
2.4.4	Planning . . . . .	34
2.4.4.1	Dates clés . . . . .	34
2.4.4.2	Grandes phases du planning . . . . .	34
2.4.4.3	Les points du rendez-vous . . . . .	36
2.4.5	Les moyens . . . . .	37
2.4.5.1	Moyens humains . . . . .	37
2.4.5.2	Moyens matériels . . . . .	37
2.4.6	Management du projet . . . . .	37
2.4.7	La communication . . . . .	38
2.4.7.1	Communication interne du projet . . . . .	38
2.4.7.2	Communication externe . . . . .	38
<b>II</b>	<b>MISE EN OEUVRE DU SYSTÈME</b>	<b>39</b>
<b>3</b>	<b>Analyse et Conception</b>	<b>40</b>
3.1	Etudes préliminaires . . . . .	40
3.1.1	Choix méthodologiques . . . . .	40
3.1.1.1	Gestion de projet . . . . .	40
3.1.1.2	L'approche orienté objet . . . . .	45

3.1.1.3	UML et MERISE . . . . .	46
3.2	Analyse du système . . . . .	48
3.2.1	Modélisation fonctionnelle . . . . .	48
3.2.1.1	Identification des acteurs . . . . .	49
3.2.1.2	Identification des cas d'utilisation . . . . .	49
3.2.1.3	Réalisation du diagramme de cas d'utilisation . . . . .	52
3.2.1.4	Description textuelle et graphique de quelques cas d'uti- lisation . . . . .	57
3.2.1.4.1	Diagrammes de séquence . . . . .	58
3.2.1.4.2	Diagrammes d'activité . . . . .	65
3.2.2	Modélisation non fonctionnelle . . . . .	68
3.3	Conception générale . . . . .	69
3.3.1	Axe statique . . . . .	69
3.3.1.1	Diagramme de classe . . . . .	69
3.3.1.2	Diagramme de déploiement . . . . .	70
3.3.2	Choix de conception pour le système de recommandation . . . . .	71
3.3.2.1	Comparaison des approches de recommandation . . . . .	72
3.3.2.2	Synthèse . . . . .	74
3.3.2.3	Technique d'approche . . . . .	74
3.3.2.4	Son architecture . . . . .	75
<b>4</b>	<b>Implémentation de la solution et résultats</b>	<b>77</b>
4.1	Description de l'environnement et outils de développement . . . . .	77
4.1.1	Architecture du moteur de SR . . . . .	77
4.1.2	Outils et choix technologique . . . . .	78
4.2	Approche de développement et tests . . . . .	79
4.2.1	Description du dataset . . . . .	79
4.2.1.1	Définition . . . . .	79
4.2.1.2	Traitement et exploration des données . . . . .	79
4.2.1.3	Population d'étude . . . . .	80
4.2.2	tests . . . . .	81
	<b>Bibliographie</b>	<b>87</b>
	<b>Table de matières</b>	<b>93</b>