



Thématique 2023-2024 : Réinventer la formation d'ingénieur
RAPPORT DE PROJET LEARNING BY DOING

L'intelligence artificielle au service de la prise de note

Réalisé par :

BENKIRANE MOHAMED
BOUKHARI AYA
CHATBA ABIR
CHBIHI DOHA
BENHAMDANE NAWFAL

Encadré par :
Pr. AIT LABYAD NADYA



FIGURE 1 – Equipe de projet

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer nos sincères remerciements à notre tutrice, Mme Nadia AIT LABYAD. Son soutien constant tout au long de l'année, ainsi que ses précieux conseils et encouragements, ont été notre étoile polaire durant cette aventure. Nous adressons également nos chaleureux remerciements à tous les professeurs consultés pour leur aide et leur partage de connaissances et d'expertise. Enfin, un merci du fond du cœur à chaque membre du groupe 8 pour leur curiosité, leur ouverture d'esprit, leur détermination, et leur excellent esprit d'équipe. Ensemble, nous avons non seulement atteint les objectifs de ce projet, mais nous avons également vécu une expérience enrichissante, acquises de nouvelles connaissances, partagé notre savoir et apporté des valeurs ajoutées.

Résumé

Le présent rapport décrit le développement et l'implémentation d'un système de prise de notes intelligent destiné aux amphithéâtres. Ce système innovant vise à améliorer l'expérience d'apprentissage des étudiants en fournissant des synthèses structurées et personnalisées des cours magistraux. En combinant des technologies de transcription automatique, d'analyse contextuelle et de traitement de texte, notre système capture les informations délivrées par les professeurs, les analyse pour en extraire les idées essentielles et les organise de manière cohérente.

Le système se distingue par plusieurs fonctionnalités clés :

- Automatisation de la synthèse des cours : Enregistre et transcrit les discours des professeurs, puis analyse les transcriptions pour en extraire les points principaux.
- Génération de quiz et de questions de compréhension : Crée des exercices interactifs basés sur les synthèses pour aider les étudiants à renforcer leur compréhension et à s'auto-évaluer.
- Fourniture de synthèses structurées et personnalisées au format PDF : Offre aux étudiants des documents de révision clairs et bien organisés, intégrant les explications du professeur et les objectifs du cours.

Le développement de ce système a impliqué une série de phases allant de la conception à l'implémentation, en passant par les tests et l'évaluation des performances. Les résultats obtenus montrent que le système est efficace pour améliorer la prise de notes et la révision des cours, offrant une ressource précieuse pour les étudiants dans leur parcours académique.

Abstract

The present report describes the development and implementation of an intelligent note-taking system designed for amphitheaters. This innovative system aims to enhance the learning experience of students by providing structured and personalized summaries of lectures. By combining automatic transcription, contextual analysis, and text processing technologies, our system captures the information delivered by professors, analyzes it to extract essential ideas, and organizes them coherently.

The system stands out with several key features :

- Automation of course synthesis : Records and transcribes professors' speeches, then analyzes the transcriptions to extract the main points.
- Generation of quizzes and comprehension questions : Creates interactive exercises based on the summaries to help students reinforce their understanding and self-assess.
- Provision of structured and personalized summaries in PDF format : Offers students clear and well-organized review documents, incorporating the professor's explanations and course objectives.

The development of this system involved a series of phases ranging from design to implementation, including testing and performance evaluation. The results obtained show that the system is effective in improving note-taking and course review, providing a valuable resource for students in their academic journey.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Contextualisation	1
1.2	Problématique et motivation	1
1.3	Objectifs du projet	2
2	Expression du besoin	4
2.1	Diagramme bête à cornes	4
2.2	Résultats du questionnaire	5
3	État d'art	6
3.1	Travaux existants	6
3.1.1	Système d'analyse des enregistrements des enseignants et de transcription	6
3.1.2	Le pad : une aide à la prise de notes des étudiants allophones ?	7
3.2	Technologies et modèles existants	8
3.2.1	GPT-4o	8
3.2.2	Humata.ai	8
3.2.3	StudyFetch.com	9
3.2.4	Otter.ai	10
3.2.5	SMMRY	11
4	Solution retenue	13
4.1	Comparaison des LLM	13
4.2	Description du système	14
4.2.1	Diagramme de séquences	16
4.2.2	Diagramme Pieuvre	17
4.3	Fonctionnalités et services du système	17
4.4	Technologies intégrées dans notre solution	18

Table des matières

5 Prototype	19
5.1 Méthodologie	19
5.2 Application Web	19
5.2.1 Architecture de l'application web	19
5.2.2 Interface	20
6 Résultats et Discussion	21
6.1 Résultats	21
6.2 Comparaison avec d'autres modèles	22
6.3 Discussion	23
Conclusion	25

Table des figures

1	Équipe de projet	1
1.1	Évaluation de la concentration dans les amphithéâtres	2
2.1	Diagramme bête à cornes	4
2.2	Évaluation de la productivité des amphithéâtres par les étudiants de l'ECC	5
2.3	Position des étudiants de l'ECC concernant l'amélioration de l'expérience d'apprentissage en amphithéâtre	5
3.1	Extrait de transcription d'une séance de cours magistral avec un support technologique diapositive	6
3.2	Intégration d'un éditeur de texte collaboratif dans l'activité de réception des CM	7
3.3	Humata.ai	8
3.4	Interface utilisateur de StudyFetch	9
3.5	Interface utilisateur Otter.ai	10
3.6	Interface de l'outil SMMRY	11
4.1	Tableau comparatif des modèles LLM	13
4.2	Évaluation des modèles LLM	14
4.3	Diagramme de séquence	16
4.4	Diagramme Pieuvre	17
4.5	Diagramme FAST	18
5.1	Méthdologie	19
5.2	Interface enseignant	20
5.3	Interface Étudiant	20
6.1	Résultats de synthèse	21
6.2	Problème généré par Karnote	22
6.3	Résultat donné par StudyFetch	23
6.4	Résultat donné par SMMRY	23

Table des figures

6.5 Résultat donné par GPT 4o	23
6.6 Caractéristiques de chaque modèle	24

1 | Introduction

1.1 Contextualisation

Dans le cadre de notre projet Learning by doing (LBD), axé sur la réinvention de la formation d'ingénieur grâce aux nouvelles technologies, nous avons porté notre attention sur un aspect essentiel de l'apprentissage académique : la prise de notes. L'environnement éducatif contemporain, à l'intersection de la tradition académique et d'une ère numérique en constante évolution, présente des défis uniques dans ce domaine. Les amphithéâtres universitaires sont des lieux privilégiés de diffusion du savoir où se rassemblent des étudiants de divers horizons. Cependant, la prise de notes, un pilier fondamental de ce processus d'apprentissage, reste souvent un défi malgré les avancées technologiques.

Aujourd'hui, les étudiants sont équipés de tablettes, d'ordinateurs portables et de smartphones, qui offrent de nouvelles possibilités pour stocker et organiser l'information. Néanmoins, une prise de notes efficace requiert une attention soutenue et une capacité à distinguer et organiser les informations clés. La variabilité des styles d'enseignement et des préférences d'apprentissage complique encore la standardisation des méthodes de prise de notes.

La prise de notes n'est pas simplement une façon de consigner des informations ; elle stimule également l'analyse critique et la réflexion personnelle. Elle engage activement l'étudiant avec le matériel pédagogique, facilitant la mémorisation et la compréhension à long terme. Pourtant, la qualité des notes varie, affectant l'efficacité de l'étude et la préparation aux examens.

Dans le contexte actuel, caractérisé par une abondance d'informations et un rythme rapide des cours, il est crucial pour les étudiants d'avoir des outils adaptés pour suivre efficacement. La transition vers des méthodes d'enseignement mixtes ajoute de nouvelles complexités à la gestion des notes de cours.

Il est donc impératif de repenser les méthodes traditionnelles de prise de notes pour les adapter à cet environnement dynamique et diversifié. Un système qui pallie les lacunes actuelles en fournissant une structure et un support à la prise de notes pourrait non seulement améliorer l'apprentissage et la performance des étudiants mais aussi enrichir l'expérience éducative globale.

1.2 Problématique et motivation

Au cœur des amphithéâtres, les étudiants rencontrent un problème significatif qui affecte leur apprentissage : il est difficile pour eux de se concentrer pleinement sur l'écoute du professeur tout en prenant des notes efficaces. Cette difficulté crée un obstacle notable

1.3. Objectifs du projet

dans l'enseignement actuel.

L'écoute active est cruciale pour bien comprendre le cours, mais elle est compromise quand les étudiants doivent écrire ce que le professeur dit. La vitesse à laquelle un enseignant parle ne correspond pas toujours à la vitesse à laquelle un étudiant peut écrire ou taper, entraînant ainsi un risque de manquer des informations clés. Les étudiants sont souvent partagés entre deux choix difficiles : noter ce qui est dit et risquer de perdre le fil du cours, ou écouter attentivement en délaissant leurs notes.

De plus, il existe une perception selon laquelle les amphithéâtres ne sont pas toujours des environnements d'apprentissage efficaces ou plutôt des milieux qui ne sont pas productifs. Cette impression est renforcée par la difficulté de gérer et de réorganiser une grande quantité d'informations rapidement dispensées.

La diversité des méthodes d'apprentissage des étudiants et des styles d'enseignement des professeurs complique encore la situation. Une approche de la prise de notes qui fonctionne pour un étudiant peut ne pas être adaptée pour un autre. Un système de prise de notes qui peut s'adapter aux besoins individuels pourrait donc apporter une amélioration importante dans la manière dont les cours sont enseignés et appris dans les amphithéâtres.

Pour mettre en évidence le problème de concentration dans les amphithéâtres, un défi courant pour de nombreux étudiants, nous avons conçu le sondage suivant au sein de notre établissement.

Est-ce que vous pouvez prendre des notes tout en restant concentrés durant les cours en amphi ?
123 réponses

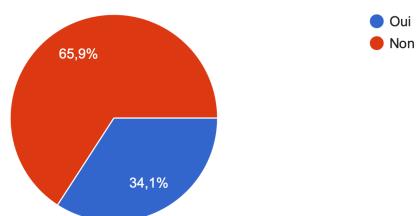


FIGURE 1.1 – Évaluation de la concentration dans les amphithéâtres

1.3 Objectifs du projet

Face à une réalité où les amphithéâtres sont souvent perçus par les étudiants comme de simples étapes obligatoires, notre projet se fixe pour mission de changer cette perspective. Nous visons à révolutionner les amphithéâtres en les transformant en espaces réellement productifs, où chaque session devient une occasion concrète de croissance intellectuelle et de développement de compétences.

Notre ambition est de redéfinir l'expérience académique dans les amphithéâtres. Nous aspirons à créer un environnement où la présence des étudiants n'est pas vue comme une simple formalité, mais comme une opportunité précieuse et active d'apprentissage. L'objectif est de changer la façon dont les étudiants perçoivent les amphithéâtres : non plus comme une obligation, mais comme un lieu essentiel d'apprentissage, où leur présence et attention sont étroitement liées à leur progrès dans l'acquisition des connaissances et des compétences.

1.3. Objectifs du projet

Nous souhaitons influencer la mentalité des étudiants pour qu'ils considèrent les amphithéâtres non pas comme des lieux où ils assistent pour marquent leur présence, mais comme des espaces où ils peuvent pleinement bénéficier de l'expérience d'apprentissage. Il s'agit de valoriser chaque moment passé en amphithéâtre comme une étape significative dans leur parcours éducatif.

Dans cette optique, nous envisageons de rendre la prise de notes non seulement plus efficace mais aussi plus enrichissante. L'idée est d'aider les étudiants à mieux comprendre et retenir les informations à long terme. En même temps, nous voulons alléger la charge de la prise de notes pour libérer les étudiants. Cela leur permettra de se consacrer davantage à l'écoute active, à la réflexion critique et à la participation en classe, qui sont des éléments clés d'un apprentissage approfondi.

C'est avec ces objectifs en tête que nous avons conçu notre MVP, que nous allons présenter par la suite , comme une étape cruciale vers la réalisation de cette vision éducative ambitieuse.

2 | Expression du besoin

Pour améliorer l'apprentissage dans les amphithéâtres, il est très important de comprendre ce que pensent et attendent les étudiants. Afin de découvrir cela, nous avons créé un questionnaire et l'avons donné aux étudiants de notre école. Le but était de savoir comment les étudiants jugent l'utilité de leurs cours en amphithéâtre et s'ils seraient intéressés par des changements pour les améliorer.

Dans cette partie du rapport, nous présentons les résultats de cette enquête. Nous analyserons les réponses des étudiants pour voir ce qu'ils pensent vraiment des amphithéâtres et à quel point ils soutiennent les efforts d'amélioration des amphithéâtres. Cette information est très utile pour nous assurer que notre projet répond vraiment aux besoins et aux souhaits des étudiants.

En étudiant ces réponses, notre but est de construire une bonne base pour notre projet. Nous voulons nous assurer que ce que nous faisons correspond bien à ce que les utilisateurs finaux (les étudiants) veulent et ont besoin.

2.1 Diagramme bête à cornes

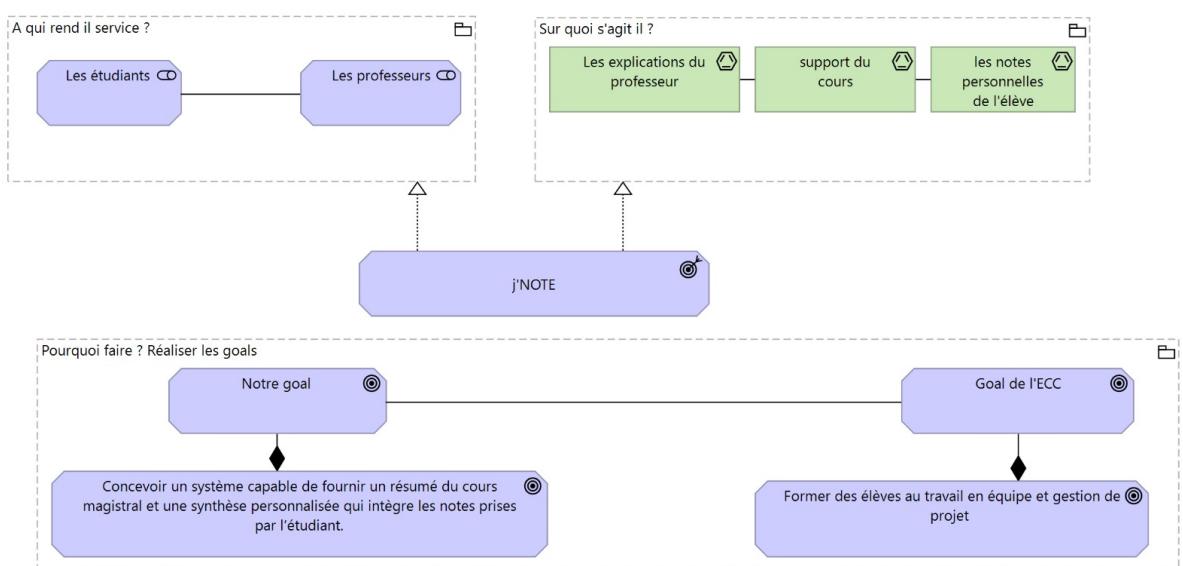


FIGURE 2.1 – Diagramme bête à cornes

2.2. Résultats du questionnaire

2.2 Résultats du questionnaire

La première question du sondage qu'on avait élaboré concerne l'évaluation de la productivité des séances d'apprentissage dans les amphithéâtres. Les résultats montrent qu'approximativement les trois quarts des étudiants se plaignent de la productivité des amphithéâtres, comme le montre la figure ci-dessous :

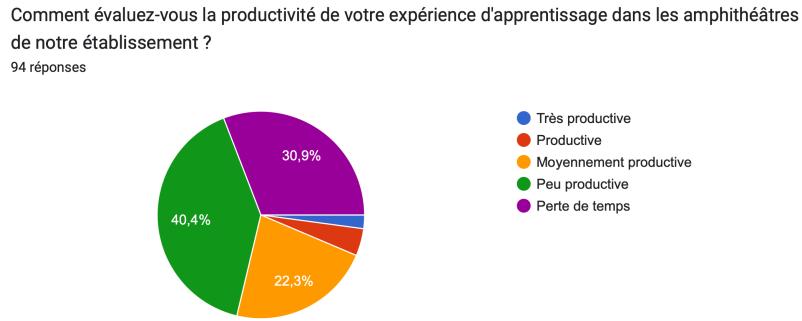


FIGURE 2.2 – Évaluation de la productivité des amphithéâtres par les étudiants de l'ECC

La deuxième question du sondage qu'on avait élaboré mesure l'intérêt des étudiants pour une initiative d'amélioration de l'expérience d'apprentissage en amphithéâtre. Les résultats montrent que la majorité s'intéressent par une telle solution, comme le montre la figure ci-dessous :



FIGURE 2.3 – Position des étudiants de l'ECC concernant l'amélioration de l'expérience d'apprentissage en amphithéâtre

3 | État d'art

3.1 Travaux existants

Dans le cadre de notre exploration des façons d'améliorer l'expérience d'apprentissage dans les amphithéâtres, il est essentiel de se pencher sur les efforts et les recherches déjà entrepris dans ce domaine. Cette section du rapport vise à dresser un état des lieux des travaux existants liés à la problématique de la prise de notes efficace et de la perception des amphithéâtres en tant qu'espaces d'apprentissage. Dans cette section, nous examinerons de plus près ces travaux, en mettant en lumière les méthodologies, les outils et les approches actuellement en place. En comprenant ce qui a été fait jusqu'à présent, nous pouvons mieux positionner notre solution pour qu'elle apporte une contribution significative et innovante au domaine de l'éducation en amphithéâtre.

3.1.1 Système d'analyse des enregistrements des enseignants et de transcription

L'objet de l'étude concerne la description des formes et des fonctions des reformulations de l'enseignant ainsi que leur impact sur les prises de notes des étudiants dans l'enseignement supérieur. Les reformulations occupent une place significative dans ce contexte universitaire, où l'exposé magistral constitue le mode de communication principal. Cette étude s'attache à examiner l'exemplification et la définition en analysant des enregistrements vidéo de cours, donc le système permet de transcrire les paroles des professeurs tels qu'elles sont.[8]

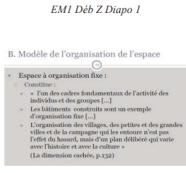
DIAPORAMAS	TRANSCRIPTIONS
 <p>2.2.4 La proxémique Introduction a. Les quatre distances chez l'homme b. Modèle d'organisation de l'espace Espace à organisation fixe → espace où tout doit être informé ou à organisation variable</p> <p>EMI Déb Z Diapo 1</p>	<p>L'enseignante est devant son ordinateur et son rétroprojecteur; sont présents 30 étudiants et l'observatrice.</p>
 <p>B. Modèle de l'organisation de l'espace a. Espace à organisation fixe : - C'est l'un des cadres fondamentaux de l'activité des individus et des groupes. - Les individus et les groupes sont un exemple d'organisation fixe [...] . - L'organisation fixe, dans les petites et des grandes villes et de la campagne qui les entoure n'est pas très flexible mais elle est très cohérente qui varie avec l'histoire et avec la culture . (La dimension culture, p.327)</p> <p>EMI Déb Z Diapo 2</p>	<p>001. Z : donc on passe après les vacances à la communication verbale ↴ + donc il faudra qu'on s'arrange entre les enseignants les + donc la semaine prochaine contrôle continu + alors comme + nous étions donc à la partie proxémique (apparition de la diapo 1 « la proxémique » 00:23) + on avait vu les travaux de hall avec les quatre distances qu'il avait établies chez l'homme (00:25) et on avait commencé sur le modèle de l'organisation de l'espace + et on avait vu le premier type d'espace qui est l'espace à organisation fixe ↑ + donc qui constitue les les, appartements les villes les campagnes ↓ donc on avait vu que tout ça n'était pas du à hasard que souvent la façon de fonctionner des euh cultures et des peuples et donc que ça changeait au fur et à mesure de l'histoire ↴ (00:54) (apparition de la diapo 2 modèle de l'organisation de l'espace (00:56) ++ on avait terminé sur l'organisation des villes avec l'organisation en échiquier euh que les américains et l'organisation qu'on avait vu en Europe et au Japon qui fonctionnait pas du tout comme nous ↑ on sait avec les noms on nomme les intersections des lignes et non pas les lignes en elles-mêmes et les bâtiments sont numérotés selon les mêmes constructions et pas comme euh on le fait du centre vers l'extérieur</p>

FIGURE 3.1 – Extrait de transcription d'une séance de cours magistral avec un support technologique diapositive

Source : <https://theses.hal.science/tel-01252580/>

3.1. Travaux existants

3.1.2 Le pad : une aide à la prise de notes des étudiants allophones ?

Le PAD est un système collaboratif entre les étudiants francophones et allophones, les premiers prenant des notes sur le pad, les seconds observant ces prises de notes en temps réel. La collaboration des étudiants natifs à cette nouvelle méthode de prise de notes devait nous permettre de bénéficier de leur savoir-faire linguistique et méthodologique. L'idée étant que la mise à disposition d'une source écrite en temps réel, en sus du discours oral de l'enseignant et de ses éventuels autres moyens de transmission (tableau, Powerpoint, polycopié, etc.), aurait un impact positif pour les étudiants allophones. Le protocole s'est construit autour du dispositif suivant : un pad était créé en amont des CM sur le logiciel Framapad, et partagé à deux groupes d'étudiants : - des étudiants francophones volontaires, qui y prennent des notes. - des étudiants internationaux qui peuvent y consulter les notes ainsi prises en temps réel, via leurs ordinateurs ou tablettes personnels. Le pad reste actif et accessible en ligne une fois le cours terminé, suivant une durée paramétrée au moment de sa création.[5]

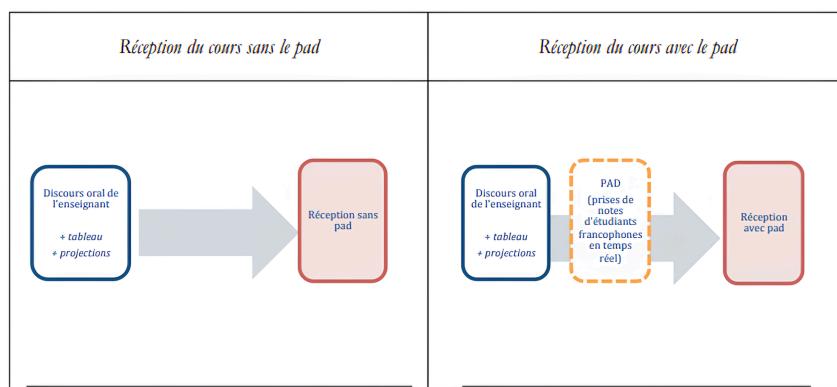


FIGURE 3.2 – Intégration d'un éditeur de texte collaboratif dans l'activité de réception des CM

Source : <https://shs.hal.science/halshs-01376816/document>

3.2. Technologies et modèles existants

3.2 Technologies et modèles existants

3.2.1 GPT-4o

- **Principe de fonctionnement :** ChatGPT-4o utilise une architecture de réseau de neurones transformeur pour analyser et générer des résumés à partir de documents PDF. Ce modèle fonctionne en interprétant le contexte fourni pour produire des réponses pertinentes et des résumés concis.[6]

- **Avantages et Inconvénients**

Avantages	Inconvénients
Ses avantages incluent une capacité à automatiser efficacement la génération de résumés, ce qui améliore la productivité en extrayant rapidement les informations essentielles	Cependant, il peut rencontrer des limites en termes de compréhension contextuelle profonde et dépend de la qualité des données d' entraînement. De plus, ses frais peuvent constituer une contrainte pour les utilisateurs, notamment les étudiants.

TABLE 3.1 – Tableau comparatif des avantages et inconvénients de GPT-4o

3.2.2 Humata.ai

- **Principe de fonctionnement :** Humata.ai est une intelligence artificielle avancée conçue pour faciliter la recherche et l'analyse de documents PDF. Elle fonctionne en utilisant des techniques de traitement du langage naturel (NLP) pour permettre aux utilisateurs d'interagir avec les documents en posant des questions directes et en obtenant des réponses contextuelles extraites du contenu.[1]

The screenshot shows the Humata.ai interface. On the left, there's a sidebar with a search bar and a user profile for 'Doha Chbihi'. The main area has a title 'Ask Humata'. Below it, there's a summary of Lagrangian duality and saddle points, followed by example questions. On the right, a detailed explanation of the Euler condition for convex optimization is shown in a box:

Condition d'optimalité (Inéquation d'Euler) : cas d'un ensemble de contraintes convexe

- Minimisation sur un ensemble de contrainte K convexe
$$u \in K \text{ tel que } J(u) = \inf_{v \in K} J(v) \quad (1)$$
- K est fermé non vide
 - J est différentiable sur un ouvert contenant K .
 - Conditions d'optimalité : on peut tester l'optimalité de u dans la "direction admissible" $(v - u)$ car $u + t(v - u) \in K$ si $t \in [0, 1]$.

Théorème 3.

Inéquation d'Euler : cas d'un ensemble de contraintes convexe

- Condition nécessaire** : Si u est solution optimale, on a l'inéquation d'Euler suivante :
$$\begin{cases} u \in K \\ \forall v \in K, J'(u) \cdot (v - u) \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$
- Condition suffisante** : Réciproquement si on a l'inéquation d'Euler en u et si de plus J est convexe, alors u est solution optimale.

FIGURE 3.3 – Humata.ai

3.2. Technologies et modèles existants

- Avantages et Inconvénients

Avantages	Inconvénients
<p>Les principaux avantages de Humata incluent la capacité à extraire rapidement des informations pertinentes grâce à un moteur de recherche performant, la génération automatique de petits résumés, ainsi qu'une interface utilisateur intuitive qui améliore l'efficacité de la recherche documentaire.</p>	<p>Humata est une plateforme payante, dont la version gratuite est limitée à des documents de moins de 60 pages. En outre, les résumés générés par Humata sont souvent très brefs et manquent de détails. La plateforme ne peut pas écrire directement des formules mathématiques, se contentant de fournir leur code LaTeX, sauf dans la version premium à 9,99 dollars qui intègre l'API de ChatGPT-4.0. En somme, pour fonctionner efficacement avec des supports de cours d'une formation d'ingénierie, Humata nécessite des frais substantiels.</p>

TABLE 3.2 – Tableau comparatif des avantages et inconvénients de la plateforme Humata.ai

3.2.3 StudyFetch.com

- **Principe de fonctionnement :** StudyFetch.com est une plateforme éducative innovante qui utilise l'intelligence artificielle pour aider les étudiants à apprendre et à se préparer à leurs défis académiques. La plateforme utilise l'IA pour créer un environnement d'apprentissage personnalisé, en générant automatiquement des cartes mémoire, des quiz et des notes à partir de notes, de PDF et de présentations PowerPoint.[7]

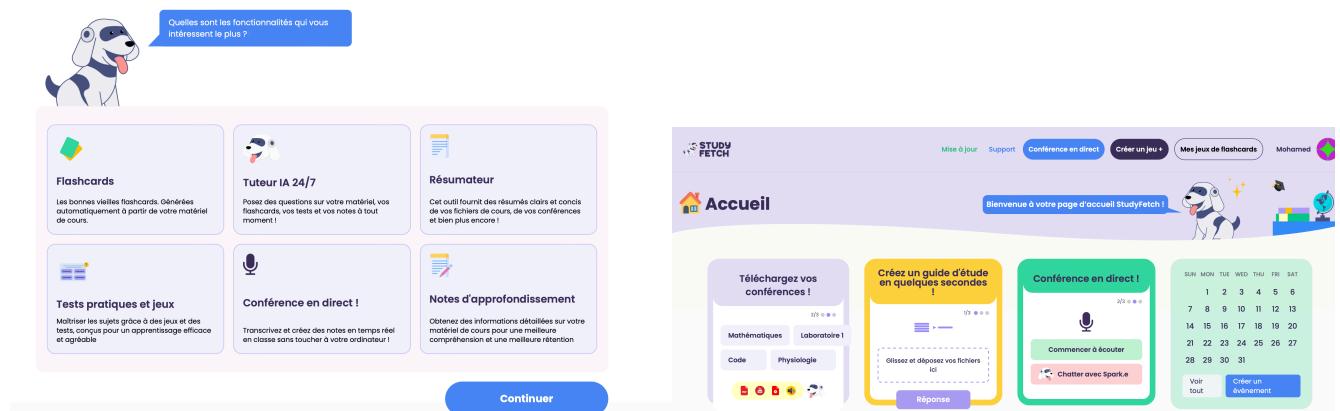


FIGURE 3.4 – Interface utilisateur de StudyFetch

3.2. Technologies et modèles existants

- Avantages et Inconvénients

Avantages	Inconvénients
L'intégration de l'assistant virtuel Spark.e ajoute une dimension personnalisée à l'expérience d'apprentissage en répondant aux questions des étudiants et en fournissant des retours adaptés à leurs besoins spécifiques. En outre, la plateforme excelle dans la transcription, offrant une précision remarquable dans le traitement du contenu audio.	Un inconvénient notable de StudyFetch.com réside dans le coût élevé de ses services, ce qui peut constituer une barrière financière pour certains étudiants.

TABLE 3.3 – Tableau comparatif des avantages et inconvénients de StudyFetch

3.2.4 Otter.ai

- **Principe de fonctionnement :** Est un outil numérique de transcription qui convertit l'audio en texte en temps réel . Une fois la transcription complète, Otter.ai propose des fonctionnalités avancées d'organisation et de recherche. Les utilisateurs peuvent organiser les transcriptions par sujet, date, ou autre critère, et ils peuvent également effectuer des recherches dans le contenu transcrit. [4]

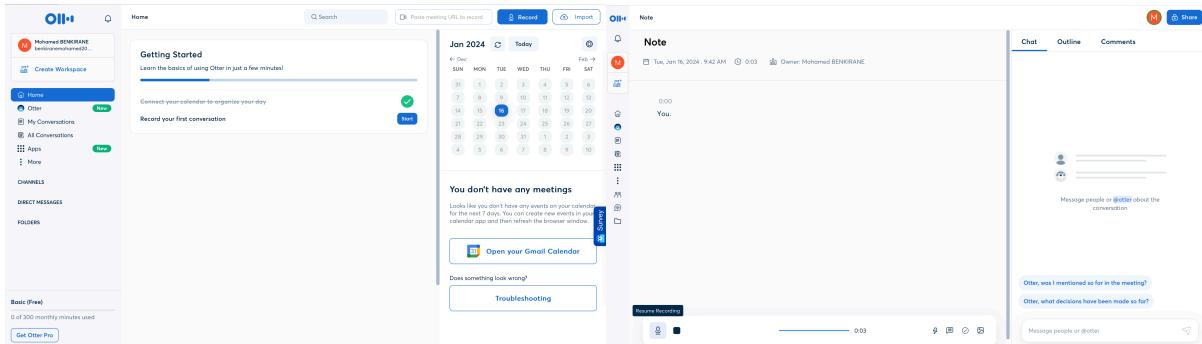


FIGURE 3.5 – Interface utilisateur Otter.ai

3.2. Technologies et modèles existants

- Avantages et Inconvénients

Avantages	Inconvénients
Transcription en Temps Réel : Otter.ai offre une transcription en temps réel de l'audio, permettant aux utilisateurs de suivre instantanément ce qui est dit pendant une réunion, une conférence ou un cours.	Ce système a toutefois des inconvénients, en effet La précision de la transcription peut être affectée dans des environnements bruyants et des termes techniques ou spécifiques peuvent poser des défis. De plus, l'utilisation intensive des fonctionnalités avancées peut entraîner des coûts mensuels, limitant les options gratuites pour certains utilisateurs.
Analyse du Contenu : Otter.ai va au-delà de la simple transcription en analysant le contenu pour identifier et différencier les différents locuteurs. Cela ajoute une couche de compréhension supplémentaire à la transcription.	
Organisation et Recherche : Otter.ai propose des fonctionnalités avancées d'organisation et de recherche dans les transcriptions. Les utilisateurs peuvent organiser les transcriptions par sujet, date, ou autre critère, et effectuer des recherches spécifiques dans le contenu transcrit.	

TABLE 3.4 – Tableau comparatif des avantages et inconvénients de Otter.ai

3.2.5 SMMRY

- **Principe de fonctionnement :** SMMRY est un outil en ligne qui résume des articles, des textes, des sites web et des documents. Il offre la possibilité de résumer des contenus en utilisant l'URL de l'article ou en téléchargeant un fichier texte. Il utilise des algorithmes pour extraire les points clés du contenu et en générer un résumé.[2]

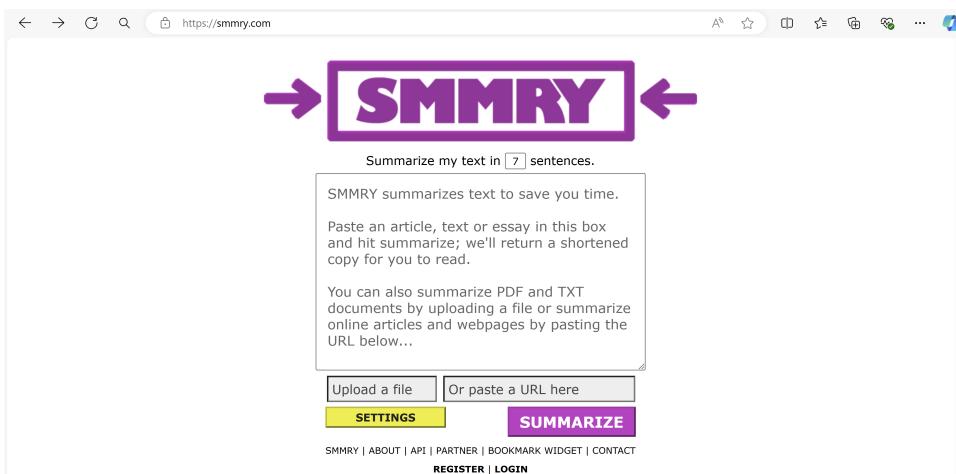


FIGURE 3.6 – Interface de l'outil SMMRY

3.2. Technologies et modèles existants

- **Avantages et Inconvénients**

Avantages	Inconvénients
SMMRY présente plusieurs avantages notables, notamment sa gratuité et sa capacité à traiter de grandes quantités de pages de PDF.	Cependant, il comporte aussi quelques inconvénients. SMMRY n'est pas capable d'analyser les PDF scannés et permet à l'utilisateur de déterminer le nombre de phrases dans le résumé, ce qui peut parfois entraîner des résumés incohérents et incompréhensibles. De plus, le système ne parvient pas à écrire correctement les formules mathématiques.

TABLE 3.5 – Tableau comparatif des avantages et inconvénients de l'outil SMMRY

4 | Solution retenue

En envisageant la mise en place d'un système de prise de notes intelligent dans les amphithéâtres, il est possible de créer une synergie entre la technologie avancée des stylos LiveScribe et les autres outils numériques cités ci-dessus. Les stylos LiveScribe, avec leur capacité à enregistrer simultanément l'audio et l'écriture manuscrite, fournissent une base solide pour capturer les informations délivrées par le professeur pendant les cours. En intégrant ce principe à la plateforme dans les amphithéâtres, on peut automatiser la transcription des cours, analyser le contenu pour extraire les idées essentielles, et ainsi créer une synthèse claire et concise du contenu du cours. Cette approche, combinant les différentes fonctionnalités des modèles cités auparavant dans une plateforme intelligente, permettrait non seulement de faciliter la compréhension et la révision pour les étudiants, mais aussi d'offrir une expérience d'apprentissage personnalisée.

4.1 Comparaison des LLM

Dans le cadre de notre projet de développement d'un système de prise de notes intelligent dans les amphithéâtres, nous avons intégré plusieurs modèles LLM pour améliorer la qualité des synthèses générées. Les modèles utilisés incluent Gemini 1.5 PRO, Gemini 1.0 Pro et GPT-3.5 Turbo. Ces modèles offrent un équilibre entre qualité, rapidité, et coût.[3]

Modèle	Option	RPM	TPM	RPD	Coût
GEMINI 1.0 PRO	Sans frais	15	32 000	1500	-
	Paiement à l'usage	360	120 000	30 000	0,50 \$ / 1M tokens
GEMINI 1.5 PRO	Sans frais	2	32 000	50	-
	Paiement à l'usage	360	2 millions	10 000	3,50 \$ / 1M tokens
GPT-3.5 Turbo	Sans frais	3	40 000	200	-
	Paiement à l'usage	360	2 millions	10 000	2 \$ / 1M tokens

FIGURE 4.1 – Tableau comparatif des modèles LLM

4.2. Description du système

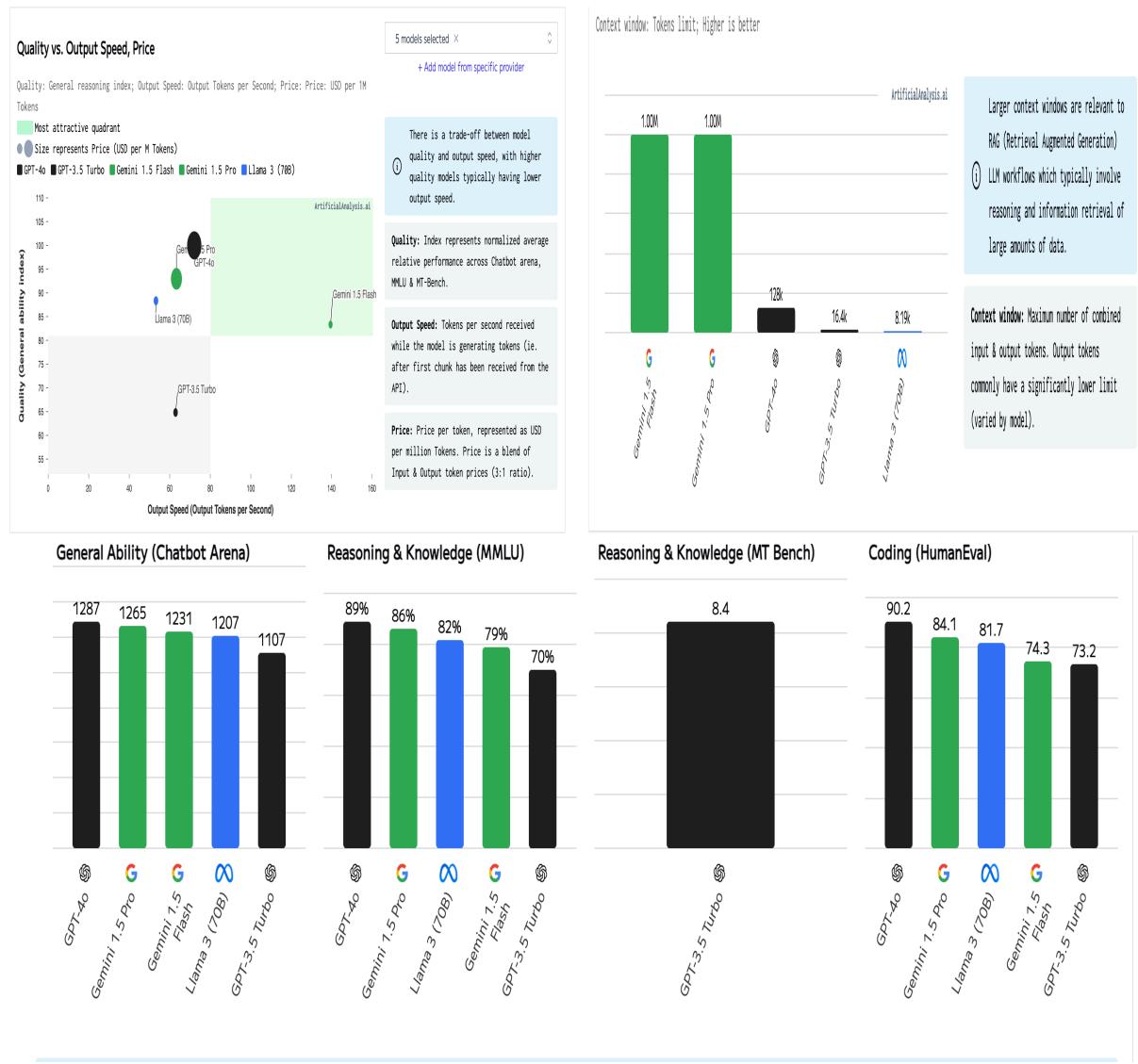


FIGURE 4.2 – Évaluation des modèles LLM

4.2 Description du système

On mettra en place un système de prise de notes intelligent dans les amphithéâtres à travers une plateforme sophistiquée. Ce système implanté dans le PC de lamphithéâtre dont le lancement est contrôlé par un professeur/technicien, serait capable de capturer les informations délivrées par le professeur au cours de la leçon, tout en prenant en compte les objectifs, les attentes et le contexte spécifique du cours. D'une part, il fera la transcription des données verbales du cours, les analysant pour extraire les idées essentielles. Ces idées seraient ensuite agencées de manière claire et concise dans un document, fournissant ainsi une synthèse automatique du contenu du cours (qui sera approuvée par le prof). Cette fonctionnalité viserait à faciliter la compréhension et la révision pour les étudiants. D'autre part, les étudiants auraient accès à leur espace dans la plateforme/application. Cette application donnera la possibilité à l'élève de prendre des notes personnelles pendant le cours, ou bien intégrer ses propres notes manuscrites. Enfin, pour une expérience optimale, ces deux sortes de notes pourraient être combinés pour créer une prise de note personnalisée. Cela signifie que les informations extraites automatiquement des paroles du professeur pourraient être intégrées aux notes prises individuellement par

4.2. Description du système

les étudiants. L'objectif ultime serait de fournir une ressource de révision complète, reflétant à la fois la perspective du professeur et celle de l'étudiant. Pour enrichir davantage l'expérience, l'application pourrait générer des questions de compréhension basées sur les notes prises par l'étudiant. Elle pourrait également proposer des tests adaptés au contenu de la prise de notes, permettant aux étudiants de s'auto-évaluer. De surcroît, on pourra intégrer à l'intérieur de la plateforme un système dévaluation de la prise de note de l'élève afin de lui donner un score (qui sera établi à travers un barème à mettre en place) ce qui permettra d'encourager les élèves de faire leur prise de note d'une manière adéquate et de l'améliorer et suivre cet avancement.

4.2. Description du système

4.2.1 Diagramme de séquences

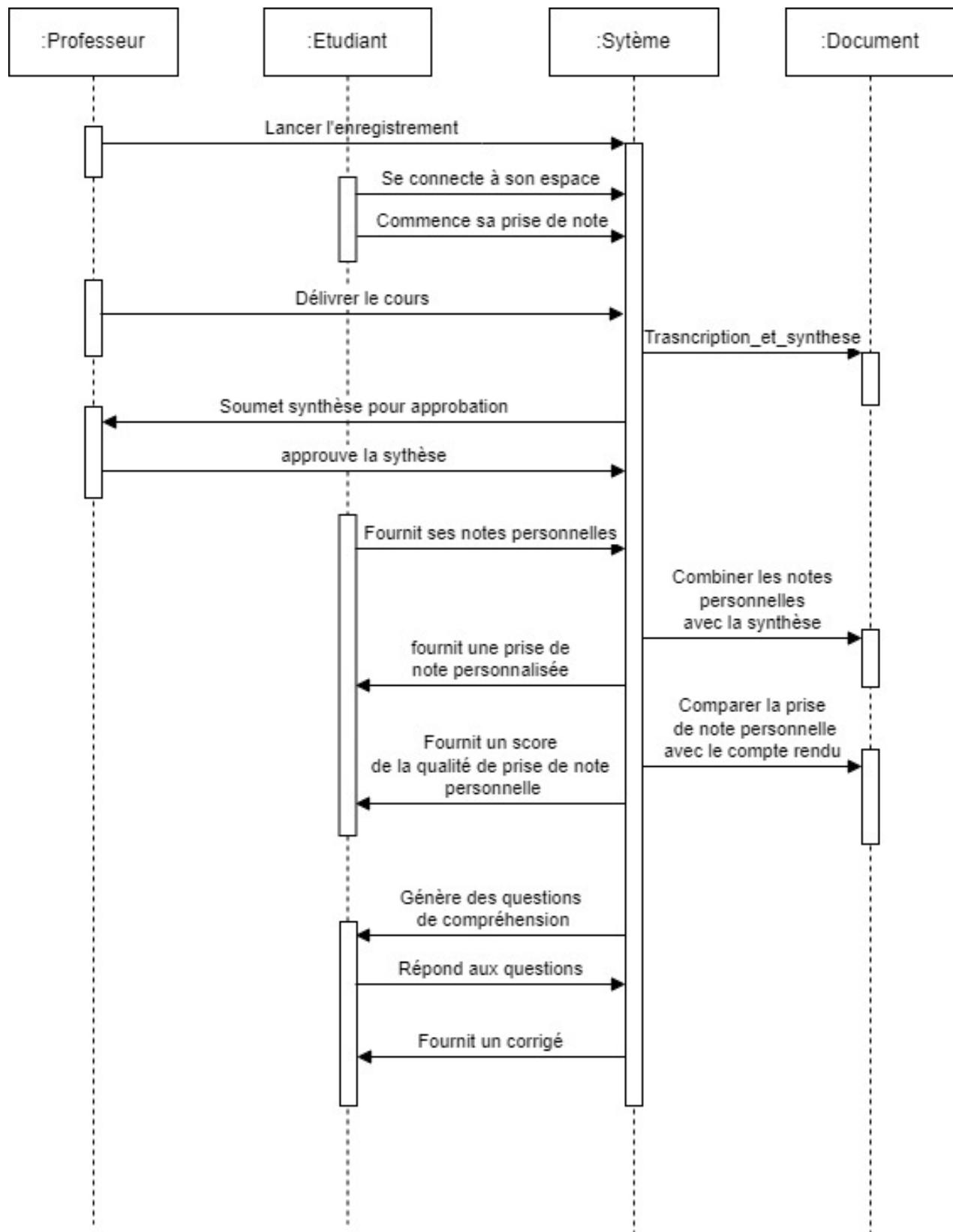


FIGURE 4.3 – Diagramme de séquence

4.3. Fonctionnalités et services du système

4.2.2 Diagramme Pieuvre

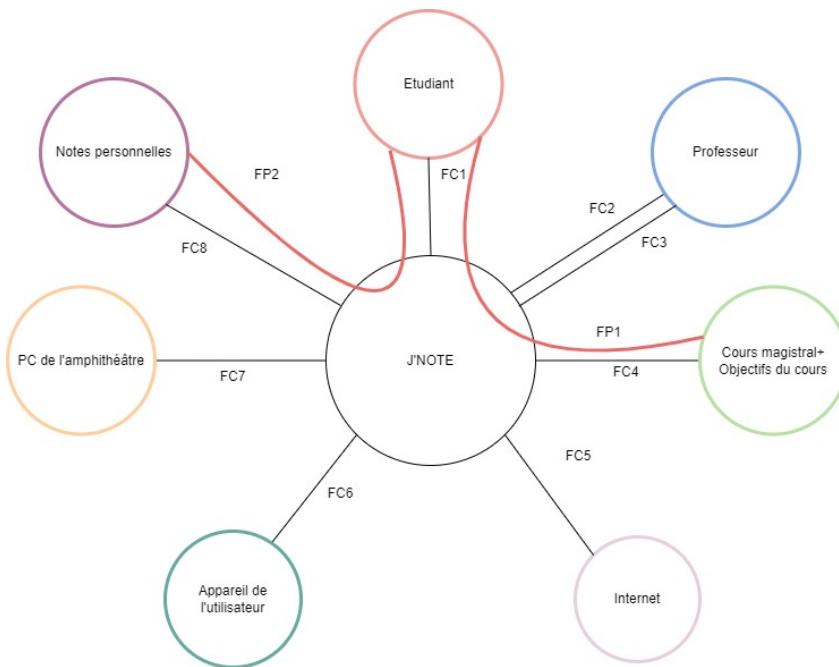


FIGURE 4.4 – Diagramme Pieuvre

FP1	Permettre de générer à l'étudiant un compte rendu à partir du cours magistral.
FP2	Permettre d'enrichir et de compléter les notes personnelles de l'étudiant
FC1	Doit accompagner l'étudiant dans sa prise de note
FC2	Doit être capable de capturer les informations délivrées par le professeur
FC3	Doit permettre au professeur d'approuver le compte rendu final
FC4	Doit être capable de faire la transcription tout en prenant en compte les objectifs du cours
FC5	Doit être connecté à un réseau Internet
FC6	Doit être compatible avec l'appareil de l'utilisateur
FC7	Doit lancer l'enregistrement à partir du PC de l'amphithéâtre
FC8	Doit être capable d'analyser les notes personnelles de l'étudiant

4.3 Fonctionnalités et services du système

- Fourniture d'un compte-rendu du cours donné en amphithéâtre par le professeur. Cela permet à l'élève d'avoir une trace écrite des informations qu'il n'a pas pu noter, ce qui lui permettra de se concentrer davantage sur le cours pour une meilleure compréhension.
- Espace étudiant où l'élève peut prendre des notes ou intégrer ses propres notes personnelles. Notre système fournira ensuite une prise de note personnalisée et enrichie à l'élève.
- Livraison d'un quiz à la fin du cours basé sur les informations collectées, dans le but de consolider l'assimilation du cours par l'élève en testant ses connaissances afin d'avoir une meilleure idée sur le niveau de concentration de l'élève durant son cours.
- Attribution d'un score à l'élève en fonction de l'efficacité de sa prise de note. Cela permet à l'élève de suivre ses progrès en matière de prise de note et l'encourage à améliorer cette compétence tout en restant concentré pendant le cours.

4.4 Technologies intégrées dans notre solution

Pour la mise en oeuvre réussie de notre solution de prise de notes intelligente dans les amphithéâtres, nous avons utiliser des bibliothèques de traitement automatique du langage naturel (**NLP**) qui sont cruciales pour le prétraitement efficace du texte. Parmi ces bibliothèques, **NLTK** (Natural Language Toolkit) se distingue en tant que ressource complète en Python, offrant des modules dédiés à la *tokenization*, la *lemmatisation*, le *stemming*, et d'autres techniques essentielles pour améliorer la qualité du texte transcrit. **SpaCy**, une bibliothèque NLP avancée, se démarque par ses capacités d'analyse linguistique approfondie, englobant des fonctionnalités telles que la lemmatisation et l'analyse de la syntaxe. **Scikit-learn**, bien que principalement axé sur l'apprentissage machine, offre des outils de prétraitement du texte, notamment la vectorisation du texte et la suppression des stop-words. La combinaison judicieuse de ces bibliothèques s'inscrit dans notre stratégie pour assurer une analyse linguistique précise, contextualisée et une synthèse optimale du contenu des cours dans notre solution globale.

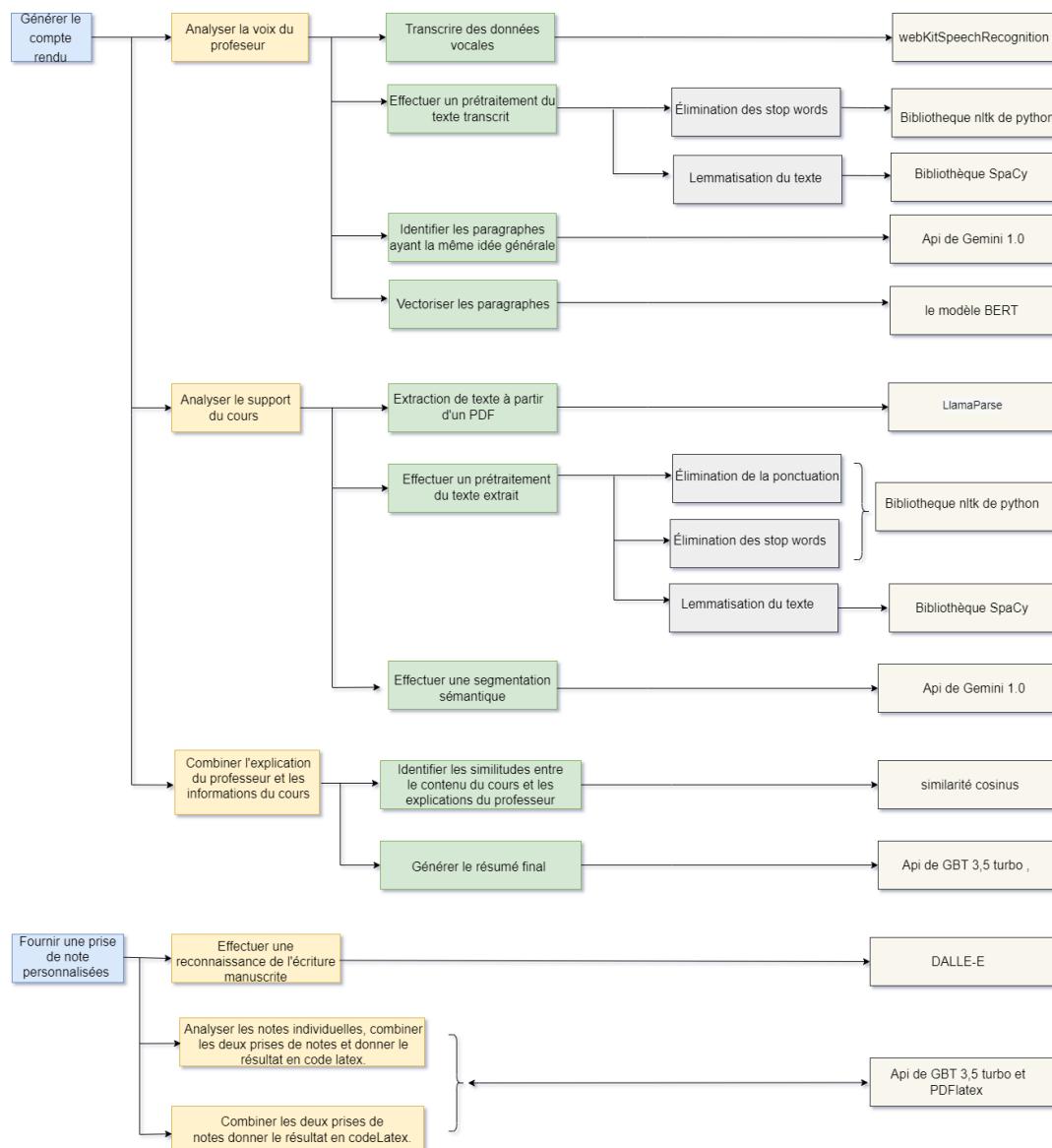


FIGURE 4.5 – Diagramme FAST

5 | Prototype

5.1 Méthodologie

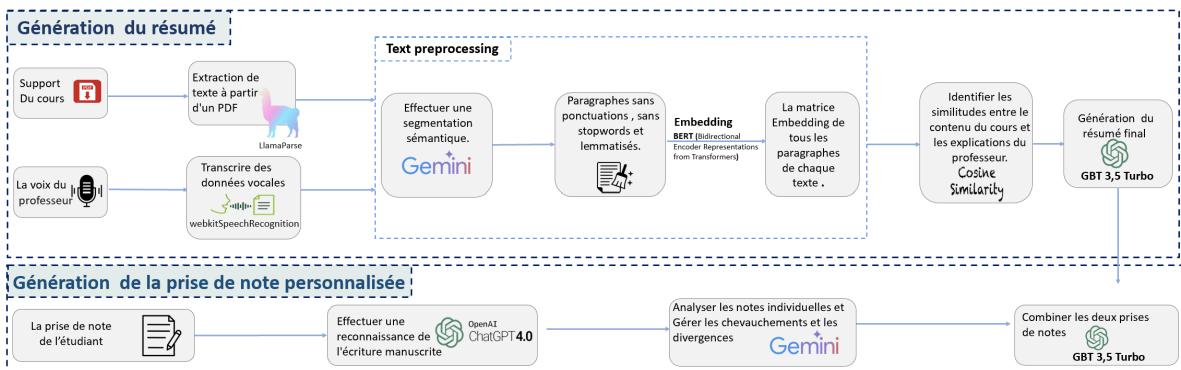


FIGURE 5.1 – Méthdologie

5.2 Application Web

5.2.1 Architecture de l'application web

Pour le développement de notre système de prise de notes intelligent, nous avons utilisé le framework Flask en Python. Flask est un framework léger et modulaire, idéal pour développer des applications web rapides et évolutives.

Nous avons également utilisé HTML, JavaScript et CSS pour le développement de notre application web. Chaque technologie joue un rôle spécifique dans le fonctionnement global du système :

- **HTML** : Utilisé pour structurer les pages web et définir la disposition des éléments.
- **JavaScript** : Employé pour ajouter des fonctionnalités dynamiques et interactives aux pages web, telles que les appels AJAX pour communiquer avec le back-end sans recharger la page.
- **CSS** : Utilisé pour styliser les pages web, assurant une présentation visuelle cohérente et attrayante.

5.2. Application Web

5.2.2 Interface

Espace Prof

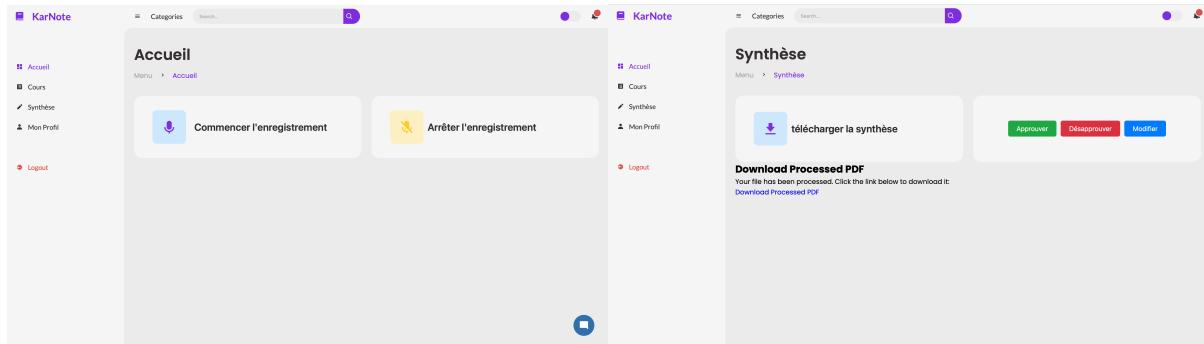


FIGURE 5.2 – Interface enseignant

Espace Étudiant

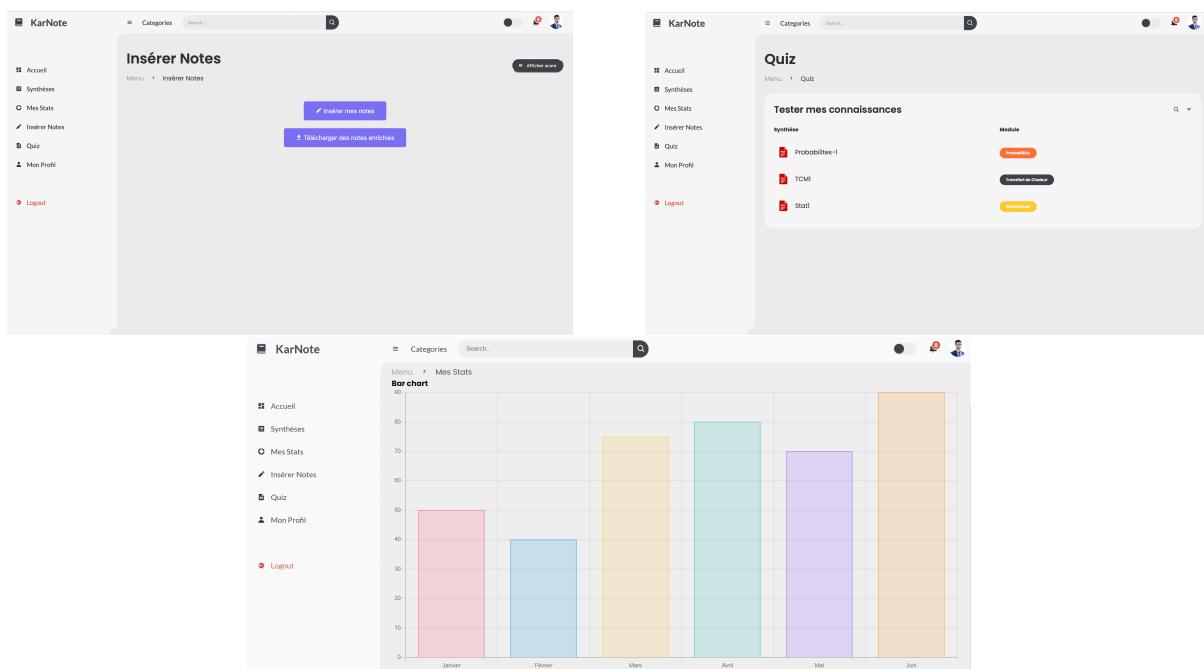
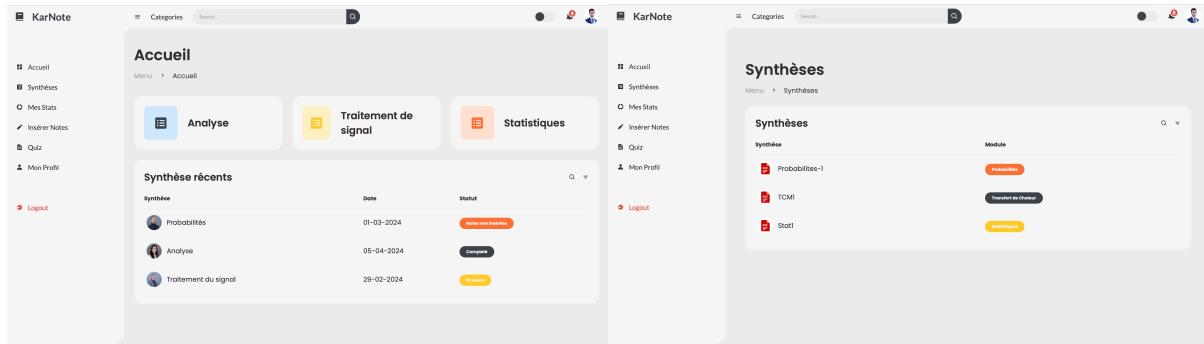


FIGURE 5.3 – Interface Étudiant

6 | Résultats et Discussion

Le développement du système de prise de notes intelligent avait pour objectif de faciliter la compréhension et la révision des cours pour les étudiants en générant automatiquement des synthèses personnalisées des leçons. Dans cette section, nous présentons les résultats obtenus lors des tests et expérimentations du système, suivis d'une discussion sur leur impact et leurs implications.

6.1 Résultats

Voici les résultats obtenus par notre système Karnote pour le cours d'**Optimisation séance 3** :

Conditions d'optimalité (sans contraintes)

Condition nécessaire: Si u est un minimum local de J dans V , alors

- Si J est différentiable en u , alors $J'(u) = 0$.
- Si J est deux fois différentiable en u , on a de plus $\forall w \in V, J''(u)(w, w) \geq 0$.

Condition suffisante: Soit J une fonction différentiable dans V et u un point de V tel que $J'(u) = 0$.

- Si J est deux fois différentiable dans un voisinage de u et s'il existe un voisinage Ω de u tel que $\forall v \in \Omega, \forall w \in V, J''(v)(w, w) \geq 0$, alors u est un minimum local de J .
- Si J est deux fois différentiable, et s'il existe $\alpha > 0$ tel que $\forall v \in V, J''(v)(w, w) \geq \alpha \|w\|^2$, alors u est un minimum local strict pour J .

Conditions d'optimalité (inéquation d'Euler) : cas d'un ensemble de contraintes convexes

Condition nécessaire: Si u est une solution optimale, on a l'inéquation d'Euler suivante: $\{u \in K, \forall v \in K, J'(u) \cdot (v - u) \geq 0\}$. **Condition suffisante:** Réciproquement, si on a l'inéquation d'Euler en u et si de plus J est convexe, alors u est une solution optimale.

Conditions d'optimalité : cas particuliers de K

$K = V$ (aucune contrainte)

- Si J est convexe différentiable, alors u réalise le minimum de J sur V si et seulement si $J'(u) = 0$.

K sous-espace affine engendré par le sous-espace vectoriel fermé E de V

- La condition d'optimalité s'écrit :

$$(2) \Leftrightarrow u \in K \mid \forall w \in E, J'(u) \cdot w = 0$$

K cône convexe fermé

- Définition : K_0 est un cône si $tw \in K_0 \Rightarrow w \in K_0$ pour tout $t \geq 0$.
- La condition d'optimalité devient : $u \in K, J'(u) \cdot (u_0 - u) \geq 0$.

FIGURE 6.1 – Résultats de synthèse

Karnote fournit une synthèse bien organisée et structurée de manière cohérente et concise, le résultat inclut les idées essentielles du cours magistral.

6.2. Comparaison avec d'autres modèles

Problème

Soit une fonction $J : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ fortement convexe et deux fois différentiable, et soit $X = \{x \in \mathbb{R}^n | g_i(x) = 0, i = 1, \dots, m; h_j(x) \leq 0, j = 1, \dots, p\}$ où $g_i, h_j : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ sont différentiables. Considérons le problème d'optimisation suivant:

$$\min_{x \in X} J(x)$$

Pour résoudre ce problème, répondez aux questions suivantes.

Q1. Conditions sans Contraintes:
Soit $V = \mathbb{R}^n$ et $u \in V$.

(a) Énoncez et prouvez les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un point $u \in V$ soit un minimum local de J .

Q2. Conditions avec Contraintes:

(a) Montrez que pour un ensemble convexe $K \subseteq \mathbb{R}^n$, si u est une solution optimale du problème $\min\{J(v) | v \in K\}$, alors u satisfait l'inéquation d'Euler.

(b) Si K est un sous-espace affine de \mathbb{R}^n , exprimez et justifiez les conditions d'optimalité pour $u \in K$.

Q3. Lagrangien et KKT:
Considérons le problème $\min_{x \in \mathbb{R}^n} J(x)$ soumis aux contraintes $g_i(x) = 0, i = 1, \dots, m$ et $h_j(x) \leq 0, j = 1, \dots, p$.

(a) Définissez le lagrangien associé à ce problème.

(b) En utilisant les multiplicateurs de Lagrange, écrivez les conditions KKT pour ce problème.

(c) Supposons que J est fortement convexe et que les contraintes soient qualifiées en u , montrez comment prouver l'unicité de la solution optimale.

Éléments de Réponse

R1. (a) **Conditions Nécessaires:** Si u est un minimum local et que J est différentiable, alors $J'(u) = 0$. Si J est deux fois différentiable, $J''(u)(w, w) \geq 0$ pour tout w .
Conditions Suffisantes: Si $J'(u) = 0$ et $J''(v)(w, w) \geq 0$ dans un voisinage, alors u est un minimum local.

R2. (a) Pour K convexe, l'inéquation d'Euler est: $\forall v \in K, J'(u) \cdot (v - u) \geq 0$.
(b) Pour K sous-espace affine, $\forall w \in E, J'(u) \cdot w = 0 \Leftrightarrow J'(u) \in E^\perp$.

R3. (a) $L(x, \lambda, \mu) = J(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g_i(x) + \sum_{j=1}^p \mu_j h_j(x)$.
(b) KKT: $\nabla J(x) + \sum \lambda_i \nabla g_i(x) + \sum \mu_j \nabla h_j(x) = 0, g_i(x) = 0, h_j(x) \leq 0, \mu_j \geq 0, \mu_j h_j(x) = 0$.
(c) Si J est fortement convexe, la solution est unique par les propriétés de J .

R4. (a) Formulation: $L(x, \lambda, \mu) = \frac{1}{2}x^T Qx + c^T x + \lambda^T (Ax - b) + \mu^T (Cx - d)$.
(b) Conditions KKT sont dérivées en prenant les dérivées partielles.
(c) En résolvant les conditions dérivées, on obtient la solution optimale.

R5. (a) Transformer le problème en recherchant un point de selle permet de trouver simultanément la solution optimale et les multiplicateurs correspondants.
(b) Prendre par exemple $J(x) = e^{x_1} + x_2^2$ et contraintes polynomiales pour démontrer les KKT et résoudre.

FIGURE 6.2 – Problème généré par Karnote

Les problèmes d'optimisation générés par Karnote démontrent une compréhension approfondie des concepts du cours. Ils permettent aux étudiants d'affronter des problèmes réels nécessitant d'adopter une approche rigoureuse et méthodique afin de les résoudre.

6.2 Comparaison avec d'autres modèles

Dans cette section nous allons aborder une comparaison du système Karnote aux autres modèles qu'on a cité dans la partie 3. On a appliqué les modèles suivants au cours d'**Optimisation séance 3**.

6.3. Discussion

The screenshot shows the StudyFetch platform interface. On the left, there's a sidebar with various navigation options like Home, Chat, Flashcards, etc. The main area displays a PDF document titled "Séance_3_Optimisation.pdf". The content of the PDF is summarized in a large block of text. At the top right of the main area, there's a purple "SUMMARY" button with arrows on either side. Below it, there are buttons for "CANCEL", "REGISTER", and "LOGIN". A status bar at the bottom indicates "This is a 7 sentence summary of the text you submitted. Public SAVE". To the right of the summary, there's a detailed mathematical proof related to optimization theory.

FIGURE 6.3 – Résultat donné par StudyFetch

The screenshot shows two separate instances of the GPT-4o interface. Both instances have a file named "Séance_3_Optimisation.pdf" attached. The left instance shows a summary of the document's contents under the heading "Synthèse du cours d'optimisation différentiable : Théorie et Algorithmes". The right instance shows a more detailed mathematical derivation of optimality conditions, specifically mentioning KKT conditions and Lagrange multipliers. Both instances include a "Message ChatGPT" input field at the bottom.

FIGURE 6.5 – Résultat donné par GPT 4o

6.3 Discussion

Les résultats du système Karnote montrent son potentiel à révolutionner le processus de prise de notes dans les amphithéâtres. En **automatisant** la transcription et la synthèse des cours, le système réduit la charge cognitive des étudiants, leur permettant de se concentrer davantage sur la compréhension du contenu plutôt que sur sa simple capture. L'intégration des notes personnelles aux résumés automatiques personnalise davantage l'expérience d'apprentissage, la rendant plus pertinente et adaptée aux besoins individuels des étudiants.

De plus, la capacité du système à générer des quiz et des questions de compréhension basées sur les notes offre une approche proactive de l'apprentissage. Cette fonctionnalité renforce non seulement le contenu, mais offre également une opportunité d'auto-évaluation, aidant les étudiants à identifier les domaines nécessitant une révision supplémentaire.

6.3. Discussion

Notre système présente plusieurs avantages distincts par rapport aux autres modèles. Comparé à GPT-4o, notre système fournit une synthèse structurée et personnalisée sous format PDF. En comparaison avec SMMRY, notre système est capable de traiter des cours de mathématiques et d'y insérer des formules mathématiques dans la synthèse. Enfin, par rapport à StudyFetch, notre système offre un résumé enrichi et plus complet.

Technologie	Transcription	Formules mathématiques	Intégration d'un chatbot	Notes manuscrites	Description du Résumé	Coût
KarNote	Précision variable	Oui	Oui	Oui	Détaillé au format PDF, il intègre l'explication et les notes personnelles de l'étudiant.	Gratuit
Chatgbt 4-o		Oui	Oui	Oui	Détaillé en texte brut ne peut pas intégrer l'explication du prof.	20 \$ par mois
StudyFetch.com	Précision variable	Oui avec un manque de clarté	Oui	Non	Résumé pas très enrichi et personnalisé	10\$ par mois
Humata.ai		Sous format latex /Oui pour 9,99 \$ par mois	Oui	Oui pour 9,99 \$ par mois	Texte brut	Version pour les étudiants avec 1,99 \$
Smmry		Sous format latex avec un manque de précision.	Non	Non	Le Résumé ressemble à une simple réduction du texte original et n'est concis.	Gratuit

FIGURE 6.6 – Caractéristiques de chaque modèle

Conclusion

Ce projet représente une avancée significative dans le domaine de l'éducation numérique. En combinant la transcription automatique des discours, l'analyse contextuelle des cours, et l'intégration des notes personnelles des étudiants, notre système vise à améliorer l'expérience d'apprentissage et à optimiser la révision des cours pour les étudiants.

Valeur Ajoutée

L'un des principaux atouts de notre système réside dans sa capacité à fournir des synthèses personnalisées et structurées sous format PDF, adaptées aux besoins spécifiques de chaque étudiant.

Perspectives Futures

Les résultats obtenus jusqu'à présent sont prometteurs et ouvrent la voie à de nombreuses améliorations futures. Nous envisageons d'intégrer des fonctionnalités supplémentaires telles que la génération automatique de questions de compréhension et de tests basés sur les notes prises, permettant ainsi aux étudiants de s'auto-évaluer et de renforcer leur compréhension des sujets abordés.

Bibliographie

- [1] [https://www.humata.ai/.](https://www.humata.ai/)
- [2] [https://smmry.com/.](https://smmry.com/)
- [3] [https://artificialanalysis.ai/models.](https://artificialanalysis.ai/models)
- [4] BDM. *Otter.ai : un outil de transcription pour vos réunions et interviews en anglais.* [https://blogdumoderateur.com/otter-ai-transcription-reunions-interviews.](https://blogdumoderateur.com/otter-ai-transcription-reunions-interviews) 2023.
- [5] Karine BOUCHET, Sophie DUFOUR et Diana Lorena RENGIFO. “Le pad : une aide à la prise de notes des étudiants allophones ?” In : (2014). URL : <https://shs.hal.science/halshs-01376816/document>.
- [6] *GPT-4o.* https://chatbotapp.ai/landing-gpt4o?utm_source=GoogleAds&utm_medium=cpc&utm_campaign={campaign}&utm_id=21124457886&utm_term=163298305114&utm_content=702307790819&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw7NmzBhBLEiwAxrHQa0-gce0gzPn1YQ_38pXe1Z4E08xothNu2r4XJ-kPadXNPqoaPXZhxoCDqsQAvD_BwE.
- [7] Parth PATIL. *Revolutionizing Study Habits : How StudyFetch's AI is Changing the Game for Learners Everywhere.* [https://medium.com/@parthgajananpatil/revolutionizing-study-habits-how-studyfetchs-ai-is-changing-the-game-for-learners-everywhere-fa925c841cf2.](https://medium.com/@parthgajananpatil/revolutionizing-study-habits-how-studyfetchs-ai-is-changing-the-game-for-learners-everywhere-fa925c841cf2) 2023.
- [8] Marie-France ROQUELAURE. “Reformulations dans l’enseignement supérieur : discours du professeur et prises de notes des étudiants : analyse d’enregistrements d’enseignants de sciences du langage avec ou sans supports technologiques”. In : (2014). URL : <https://theses.hal.science/tel-01252580/>.