



Full Length Research Paper

Conception d'un tuteur intelligent pour les étudiants en apprentissage à distance

Marie Hélène Wassa Mballo^{1*}, Denilson Preira¹, El Hadji Mamadou Nguer¹¹Université numérique Cheikh Hamidou Kane – Dakar, Sénégal

Received October 2024 – Accepted December 2024

*Corresponding author. ndeyemassata.ndiaye@unchk.edu.sn

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License.

Résumé:

L'intelligence artificielle générative connaît un succès fulgurant, avec l'apparition au quotidien d'applications de plus en plus innovantes. Tous les domaines d'activité sont impactés permettant ainsi d'optimiser le temps de travail. Ainsi les assistants virtuels ont été positivement impactés avec l'IA générative les rendant plus performants et plus puissants avec une grande capacité de raisonnement et d'analyse et capable de tenir des dialogues de plus en plus naturels et précis. L'université numérique cheikh Hamidou Kane rencontre d'énormes difficultés liées à la massification, et le principal défi est d'assurer un suivi en temps réel et personnalisé de l'étudiant. Ainsi l'UNCHK a su tirer profit des avantages offerts par l'IA générative pour concevoir un tuteur intelligent permettant un accompagnement personnalisé des étudiants et disponible à tout moment.

Mots clés: IA générative ; chatbot éducatif ; tuteur intelligent

Cite this article:

Marie Hélène Wassa Mballo, Denilson Preira, El Hadji Mamadou Nguer, (2024). Conception d'un tuteur intelligent pour les étudiants en apprentissage à distance. Revue RAMReS – Sci. Appl. & de l'Ing., Vol. 6(2), pp. 36-41. ISSN 2630-1164.

1. Introduction

L'intelligence artificielle connaît un succès croissant surtout avec l'avènement de l'IA générative. Cette dernière se définit comme un sous-domaine de l'intelligence artificielle qui se concentre sur la génération de contenus ou de solutions à partir d'un modèle appris, à partir de données. L'objectif de cette IA est d'offrir une réponse, de produire du contenu ou des solutions qui sont bien écrites, convaincantes, crédibles en lien avec le contexte décrit par la requête.

Les modèles de langage de l'IA générative sont des outils puissants qui révolutionnent la façon dont nous interagissons avec les machines. Ils offrent des possibilités infinies dans de nombreux domaines, de la création artistique à la résolution de problèmes complexes. Le monde éducatif n'est pas en reste face à cette révolution car permettant une personnalisation du contenu pédagogique et pour aller plus loin permettre à l'étudiant de disposer d'un assistant virtuel qui est un tuteur intelligent.

Ainsi dans cet article nous présenterons dans un premier temps les caractéristiques d'un tuteur intelligent, ensuite nous ferons un état de l'art sur l'intelligence artificielle générative pour enfin terminer avec la présentation du tuteur intelligent développé pour l'université numérique cheikh hamidou kane (UNCHK).

2. Caractéristiques des tuteurs intelligents

Les tuteurs intelligents sont devenus plus performants grâce à l'IA générative [1] qui en plus de ses fonctionnalités d'assistance selon les requêtes des utilisateurs sont capable de tenir une conversation plus naturelle.

Les tuteurs intelligents peuvent jouer un rôle essentiel dans le taux de réussite des étudiants car permettant d'une part de mieux les suivre et d'autre part les motiver dans leur apprentissage. Les auteurs de l'article « A Framework for building adaptive intelligent Virtual assistants. » [2] confirment l'apport crucial des tuteurs intelligents dans le taux de réussite des

étudiants. Le tuteur intelligent de nos jours peut s'appuyer sur le langage naturel pour échanger avec les étudiants, il peut répondre aux questions des étudiants, il peut aider les étudiants dans la révision des examens en leur proposant des exercices, il peut faire des retours aux étudiants sur des études de cas, il peut fournir des informations nécessaires sur la formation suivie. [3]

2.1. Fonctionnement des tuteurs intelligents

On peut considérer que les tuteurs intelligents sont introduits officiellement dans l'enseignement en 1987 avec la publication du livre de Wegner [4] (*Artificial Intelligence and Tutoring Systems*) sur la manière dont l'intelligence artificielle peut être appliquée aux méthodes pédagogiques avancées, permettant d'offrir des solutions d'apprentissage personnalisées et adaptatives.

Wegner décrit ainsi une architecture générique d'un système de tutorat intelligent comprenant 4 composants :

Composant de l'utilisateur : Ce module est responsable de la modélisation des connaissances, des compétences et des besoins de l'apprenant. Il permet au système de s'adapter aux niveaux de compréhension et de performance de l'apprenant.

Composant pédagogique: Ce module est chargé de la gestion des interactions avec l'apprenant. Il décide des interventions pédagogiques appropriées en fonction des réponses et des actions de l'apprenant.

Composant du domaine : Ce module contient la base de connaissances spécifique au sujet enseigné. Il est essentiel pour fournir des informations précises et pertinentes à l'apprenant.

Composant de l'interface utilisateur : Ce module gère l'interaction entre le système et l'utilisateur, en s'assurant que l'information est présentée de manière claire et accessible.

Avec les avancées technologies actuelles d'autres composants se sont ajoutés à cette architecture initialement décrite par Wegner dans son livre datant des années 1980

Composant de diagnostic : Ce composant évalue les performances de l'apprenant en temps réel, identifie les lacunes et propose des ajustements pour améliorer l'apprentissage

Composant d'inférence : Ce composant utilise les données des autres composants pour prendre des décisions sur les actions pédagogiques à entreprendre. Il détermine, par exemple, quel contenu présenter ensuite ou comment adapter une activité pour mieux répondre aux besoins de l'apprenant.

2.2. Quelques exemples de tuteurs intelligents pour l'enseignement supérieur

Nombreux sont les projets de système de tuteurs intelligents conçus pour l'enseignement supérieur, à titre d'exemple nous allons en citer certains :

Voici les exemples de systèmes de tuteurs intelligents avec les années de développement :

PROUST [5]

Développé en 1984, PROUST est un système de tutorat intelligent qui se concentre sur l'analyse des erreurs des étudiants en programmation, en particulier dans le langage Pascal. Il aide les apprenants à comprendre leurs erreurs et à améliorer leurs compétences en programmation.

Cognitive Tutor [6]

Ce système a été développé par Carnegie Learning dans les années 1990. Il est utilisé principalement dans l'enseignement des mathématiques et adapte les exercices en fonction des performances de l'élève, fournissant un soutien personnalisé et des rétroactions en temps réel.

ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces) [7]

ALEKS a été lancé en 1999. Ce système évalue les connaissances des étudiants et leur propose un parcours d'apprentissage personnalisé en mathématiques et en sciences, utilisant des algorithmes pour adapter le contenu aux besoins spécifiques de chaque apprenant.

Tuteur intelligent pour l'apprentissage des langues

Bien que ce type de système ait été développé progressivement, des exemples récents ont émergé dans les années 2010, où des tuteurs intelligents dédiés à l'apprentissage de l'anglais utilisent des données d'apprentissage pour proposer des solutions de remédiation et des recommandations de modules adaptés aux compétences de chaque apprenant.

Tutin [8]

Développé pour assurer la continuité pédagogique durant la pandémie de COVID-19, Tutin est un système de tuteur intelligent qui a évolué vers une solution pérenne. Il utilise un modèle client-serveur pour fournir un soutien personnalisé aux apprenants, en analysant leurs interactions et en recommandant des modules adaptés à leurs besoins d'apprentissage.

Chatbots Éducatifs [1] [9]

Depuis 2020, des chatbots comme ChatGPT propose des modules de formation personnalisés, offrant aux personnes apprenantes des explications détaillées, des exemples pratiques et des réponses interactives adaptées à leurs questions spécifiques dans leur domaine de spécialité grâce à l'IA générative.

Ces apports montrent comment l'IA peut transformer l'éducation en rendant l'apprentissage plus efficace, inclusif et accessible.

Ces exemples montrent comment les tuteurs intelligents continuent d'évoluer et de s'intégrer dans l'enseignement supérieur, en répondant aux besoins des apprenants et des enseignants dans un environnement éducatif en constante transformation.

3. Etat de l'art sur l'intelligence artificielle générative

L'IA générative contrairement à l'IA classique se concentre sur la création de données, de contenu ou bien même des éléments artistiques. Le domaine de l'IA générative est en constante évolution, avec de nouvelles avancées et applications qui émergent régulièrement, notamment :

Images hyperréalistes : Les modèles génératifs d'images sont capables de produire des visuels de plus en plus réalistes, voire photographiques, ouvrant de nouvelles perspectives dans les domaines de la création artistique, de la publicité et du design

Contenu multimédia : Les modèles sont de plus en plus capables de générer différents types de contenu, comme des vidéos, de la musique ou du code, ouvrant la voie à des applications encore plus innovantes.

Éducation : Les modèles génératifs peuvent être utilisés pour créer du contenu éducatif personnalisé, comme des exercices, des quiz ou des tutoriels.

L'IA générative s'appuie sur des modèles de langage puissants pour générer les différents contenus. Ces modèles s'appuient sur des techniques comme les réseaux de neurone qui sont très efficaces et qui sont entraînés sur d'énormes quantités de données. Voici quelques-uns des modèles les plus connus et utilisés aujourd'hui, que nous avons classé dans le tableau 1 ci dessous :

Tableau 1. – Modèles de langage

Modèle	Développeur	Spécialités	Année
GPT (GPT-3, GPT-4)	OpenAI [10]	Génération de texte, traduction, création de contenu	2018 (GPT-3), 2023 (GPT-4)
BERT	Google AI	Compréhension du langage naturel, analyse de sentiments	2018
T5	Google AI [11]	Traduction automatique, génération de questions-réponses	2019
LaMDA	Google AI	Dialogue, conversations naturelles	2021
Claude	Anthropic	Dialogue, génération de texte, alignement sur des principes d'innocuité	2022
Gemini	Google AI	Multimodalité (texte, image...)	2023

Il faut noter que le domaine de l'IA générative évolue très rapidement et les modèles de langage évoluent tout aussi ou d'autres voient le jour. Ce tableau est un exemple des modèles les plus populaires.

3.1. Architecture TRANSFORMER

Il faut noter que l'architecture TRANSFORMER a été un véritable déclic dans le développement des tuteurs intelligents leur permettant d'offrir des performances sans précédent et de se rapprocher toujours plus d'une interaction naturelle avec les humains.

L'architecture Transformer, définie dans l'article "Attention is All You Need" en 2017[12], a révolutionné le traitement du langage naturel (NLP). Elle repose sur un mécanisme d'attention qui permet de traiter les séquences de données de manière parallèle, contrairement aux architectures précédentes basées sur des réseaux récurrents (RNN).

TRANSFORMER suit une architecture de type encodeur-décodeur. L'encodeur transforme la séquence d'entrée en une représentation interne, que le décodeur utilise pour générer la séquence de sortie.

Multi-Head Attention: que l'on retrouve dans chaque couche de l'encodeur et du décodeur, permet au modèle de se concentrer sur différentes parties de la séquence simultanément en exécutant plusieurs mécanismes d'attention en parallèle

Feed-Forward Networks: Après le mécanisme d'attention, chaque couche de l'encodeur et du décodeur inclut un réseau de neurones feed-forward qui traite les informations de façon non linéaire.

Add & Norm: Chaque sous-couche (attention et feed-forward) est suivie d'une opération d'addition et de normalisation, qui aide à stabiliser et accélérer l'entraînement.

Position Encoding: Comme le Transformer ne traite pas les données de manière séquentielle, il utilise des

encodages de position pour conserver l'ordre des mots dans la séquence.

Masked Multi-Head Attention : est une sous couche du décodeur, qui permet d'éviter que le modèle ne regarde les éléments futurs lors de la génération.

3.2. Avantages de l'architecture TRANSFORMER

L'efficacité de l'architecture de TRANSFORMER repose sur les aspects suivants :

- ❖ Le traitement parallèle des données:
 - le Transformer peut traiter toutes les parties d'une séquence (comme une phrase) simultanément. Cela permet un gain de temps considérable et rend l'apprentissage plus efficace.
 - Mécanisme d'attention: Cette caractéristique permet au modèle de se concentrer sur les parties les plus pertinentes de l'entrée, quelle que soit leur position dans la séquence. Cela améliore la compréhension du contexte et la génération de réponses plus pertinentes.
- ❖ Capture des dépendances à long terme :
 - Le mécanisme d'attention multi-tête permet au Transformer de capturer des relations complexes entre les mots, même lorsqu'ils sont éloignés dans la séquence. Cela est crucial pour comprendre les nuances du langage et générer des réponses cohérentes.
- ❖ Adaptabilité à différentes tâches:
 - L'architecture Transformer est très flexible et peut être adaptée à un large éventail de tâches de traitement du langage naturel, telles que la traduction automatique, la génération de texte, la réponse à des questions et bien d'autres.

4. Modèle d'intégration d'un tuteur intelligent à l'université numérique Cheikh Hamidou Kane

Depuis plus d'un an l'UNCHK travaille sur un projet visant à intégrer l'IA dans les plateformes d'apprentissage, dont l'objectif est de personnaliser l'apprentissage des étudiants et de mieux faciliter le suivi des étudiants. Ce projet est composé de plusieurs phases dont la première est la conception d'un tuteur intelligent qui sera intégré dans les plateformes d'apprentissage.

Ce qui motive la conception d'un tuteur intelligent pour l'UNCHK est que les Systèmes de Tutorat Intelligents (STI) s'alignent naturellement avec les principes des théories de Jérôme Bruner sur l'apprentissage par la découverte et celles de Lev Vygotski sur l'importance des interactions sociales dans le développement cognitif et dans l'apprentissage à distance. Les STI sont conçus pour créer un environnement d'apprentissage qui encourage activement les personnes apprenantes à construire

activement leur compréhension et à s'impliquer dans le processus d'apprentissage.

Comme défini plus haut, nous avons opté pour un chatbot éducatif car les avancées en IA générative ont augmenté les capacités des tuteurs intelligents, leur permettant de mieux comprendre les contextes et les intentions des étudiants et d'intégrer une dimension émotionnelle.

4.1. Analyse des besoins

Il faut noter qu'au sein de l'UNCHK nous faisons face à un problème de massification ou la gestion des étudiants devient de plus en plus difficile et l'un des défis de l'enseignement à distance est de maintenir la motivation de l'apprenant tout en lui permettant un apprentissage personnalisé.

L'UNCHK est à plus de 70000 étudiants, et les groupes de tutorat (travaux dirigés) sont à peu près à 100 étudiants pour le niveau licence. Un groupe de tutorat est suivi par un seul enseignant ce qui peut détériorer la qualité du suivi malgré tous les efforts fournis par l'enseignant car chaque étudiant a des lacunes ou besoins spécifiques qui diffèrent de l'autre.

Le manque de suivi en enseignement à distance est le premier facteur de décrochage, occasionnant un abandon car l'étudiant va se sentir isolé, il sera moins motivé. Ainsi après réflexion pour assurer un suivi en temps réel, nous avons la technologie IA qui peut apporter la solution.

En effet depuis 2022 l'IA connaît une grande révolution avec l'IA générative la rendant plus performante et puissante. D'ailleurs pour confirmer nos propos et justifier notre choix nous avons mené une enquête auprès des étudiants de l'UNCHK sur l'utilisation de l'IA, et il se trouve que 80% des étudiants font usage des chatbots éducatifs quotidiennement, pour la plupart d'entre eux ce qu'ils trouvent le plus intéressant dans le service offert par les tuteurs intelligents est l'assistance en tout temps en tout moment (H24) et l'interaction très simple ainsi que le temps de réponse très rapide.

Comme fonctionnalités supplémentaires, les étudiants suggèrent les points suivants: que les chatbots éducatifs soient personnalisés selon les cours disponibles dans les plateformes et qu'ils soient connectés à des ressources externes comme les bibliothèques.

4.2. Botpress pour la conception du tuteur intelligent

Le chatbot éducatif de l'UNCHK vise à renforcer le suivi des étudiants, qu'il soit un suivi disponible en tout temps, accessible et personnalisé.

Nous avons utilisé l'outil Botpress pour concevoir un tel chatbot. Botpress [13] est une solution *open-source* et *on-premise* écrite en *TypeScript*. Il s'agit d'une plate-forme complète livrée avec tous les outils nécessaires pour construire, déployer et gérer des bots de production. Botpress utilise notamment son propre moteur de compréhension du langage naturel (*Natural Language Understanding* ou *NLU*)

- Composants de Botpress

Vue d'ensemble sur le fonctionnement d'un bot : le moteur de dialogue utilise des flux qui représentent la logique conversationnelle globale d'un bot. Un flux est composé de nœuds qui exécutent une série d'instructions. Ces dernières exécutent des actions qui sont des fichiers java script

Moteur de dialogue : permet de contrôler les interactions avec le bot, en gérant l'entrée utilisateur et le Bot

Cycle de vie d'un flux : un flux démarre toujours avec le nœud startNode qui indique le nom du nœud sur lequel le flux va commencer. Le moteur de dialogue se charge du traitement des instructions qui se fait de façon séquentielle.

Une fois le premier nœud traité, le moteur de dialogue passe au nœud suivant dans le flux jusqu'à la toute fin. Les nœuds ont également leur propre cycle de vie. Ce sont les nœuds qui font le travail le plus important dans un flux, celui-ci ne faisant que les orchestrer.

Nœud : c'est l'unité primaire de la logique conversationnelle du bot. Une conversation active a toujours un et un seul nœud actif. Le cycle de vie d'un nœud est ainsi composé :

- **Etape OnEnter :** correspond à une liste d'instructions exécutées lorsque le nœud est saisi
- **Etape OnReceive :** correspond à une liste d'instructions exécutées lorsque le nœud reçoit un message tout en étant le nœud actif
- **Etape OnNext :** appelée étape transition n'est évaluée qu'après l'exécution, de OnEnter ou OnReceive et redirige vers une cible appelée destination.

4.3. Architecture fonctionnelle de l'assistant virtuel

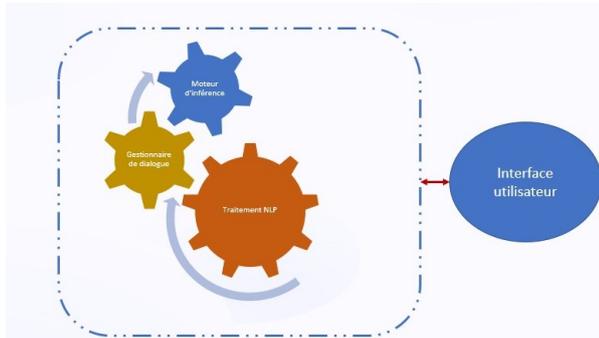


Figure 1: Architecture fonctionnelle de l'assistant

La figure 1 représente l'architecture fonctionnel du de l'assistant virtuel, ainsi nous avons les composants suivants :

Interface utilisateur : permet aux utilisateurs d'interagir avec l'assistant virtuel, il s'agit d'un chat web intégré dans la plateforme Moodle

Traitement du langage naturel : l'assistant virtuel utilise le langage GPT pour analyser les phrases des utilisateurs en extrayant les intentions et les entités

Gestionnaire de dialogue : il définit la façon dont l'assistant doit répondre en fonction des intentions détectées

Moteur d'inférence : il prend des décisions sur les actions à entreprendre en fonction des intentions et des données de l'utilisateur

Base de connaissance : les informations sont extraites à partir de fichier texte et de la base de données de Moodle accessible via une API.

4.4. Conception du tuteur intelligent

Nous avons conçu le tuteur intelligent avec les différents outils offerts par Botpress, et nous avons obtenu le résultat, comme nous pouvons le constater sur la figure 3 montrant une partie de la logique conversationnelle.

La logique conversationnelle du tuteur intelligent est composée de plusieurs nœuds dont les principaux sont les suivants :

Le nœud de démarrage : ce nœud commence la discussion avec l'utilisateur et propose les différentes activités qui peuvent être faites ;

Le nœud faire des recherches : il permet de poser une question ou de donner des instructions à l'assistant virtuel, qui à son tour va générer la réponse ;

Le nœud faire un résumé : dans ce nœud l'assistant virtuel reçoit un texte qu'il va résumer en quelques lignes beaucoup plus condensé

Le nœud de la bibliothèque numérique : permet de rechercher des livres dans une bibliothèque numérique, l'assistant virtuel donne toutes les informations pertinentes en facilitant à l'utilisateur de faire son choix de lecture.

L'interface de l'assistant est présentée à la figure 2 ci-dessous, à la première connexion l'assistant affiche la liste de services offerts à l'utilisateur

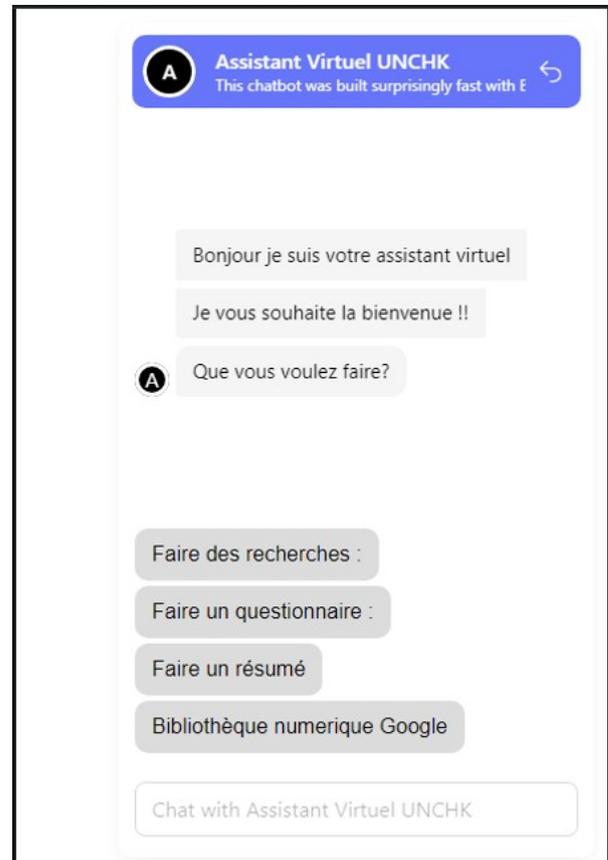


Figure 2: Interface d'accueil de l'assistant virtuel

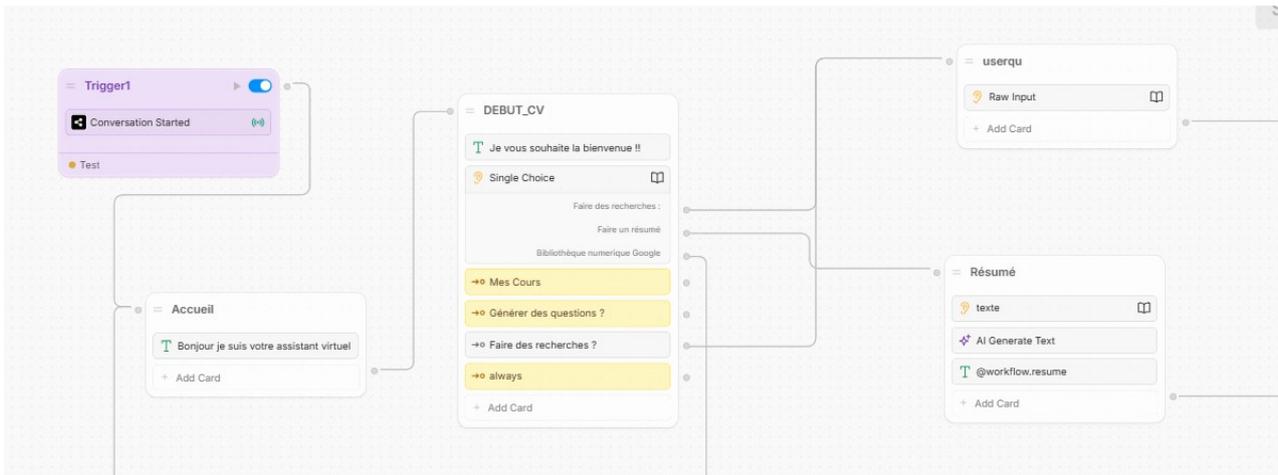


Figure 3: Conception de l'assistant virtuel sur Botpress

4. Conclusion

Les avancées actuelles de l'intelligence artificielle nous ont permis de concevoir un assistant virtuel qui s'appuie sur la technologie de l'IA générative. Cet assistant qui a la capacité de tenir des dialogues très naturel et très précis avec un utilisateur permet un accompagnement personnalisé et disponible aux étudiants de l'UNCKH. Cet assistant virtuel permet ainsi d'apporter une solution aux défis de la massification de l'UNCHK. L'accès à la base de données des cours par l'assistant virtuel permet de générer des réponses plus exactes diminuant ainsi les hallucinations qui sont considérés comme une des limites des chatbots éducatifs.

Nous comptons optimiser et rendre plus performant l'assistant virtuel en nous appuyant sur les différents retours des utilisateurs et les différentes interactions avec l'assistant virtuel.

REFERENCES

- [1] M. H. W. Mballo, « Une IA générative responsable au service de l'enseignement supérieur.», *Sciences Appliquées et de l'Ingénieur 5(1)*, pp. 96-100., 2023.
- [2] L. Lamontagne, F. Laviolette, R. Houry et A. Bergeron-Guyard, «A Framework for Building Adaptive Intelligent Virtual Assistants.», chez (810) *Software Engineering / 811: Parallel and Distributed Computing and Networks / 816: Artificial Intelligence and Applications*, 2014.
- [3] . R. Gubareva et R. Lopes, « Virtual Assistants for Learning: A Systematic Literature Review.», *CSEDU*, pp. 97-103, 2020.
- [4] E. Wenger , *Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*, 1987.
- [5] W. L. Johnson et E. Soloway, «PROUST: Knowledge-Based Program Understanding.», chez *IEEE Transactions on Software Engineering*, 1985.
- [6] . A. T. Corbett et . J. R. Anderson., «Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge.», *User Modeling and User-Adapted Interaction*, pp. 253-278, 1995.
- [7] ALEKS Corporation, «ALEKS: Assessment and

Learning in Knowledge Spaces.», 2020. [En ligne]. Available: https://www.aleks.com/about_aleks.

- [8] J. Fotsing, T. N. Mbadjoin et N. T. Tankam, «La formation à distance et l'apprentissage à l'aide du numérique : une perspective postpandémique.», *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, vol. 20, n° %12, pp. 154-172, 2023.
- [9] A. S. Tulshan et S. N. Dhage, «Survey on Virtual Assistant: Google Assistant, Siri, Cortana, Alexa.», chez *Communications in Computer and Information Science.*, 2019.
- [10] OpenAI, «OpenAI.», [En ligne]. Available: <https://openai.com/>. [Accès le octobre 2024].
- [11] G. AI, «Google AI.», [En ligne]. Available: <https://ai.google/>. [Accès le octobre 2024].
- [12] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, Ł. Kaiser et I. Polosukhin, «Attention is all you need.», chez *31st Conference on Neural Information Processing Systems*, Long Beach, CA, USA, 2017.
- [13] Botpress, «Botpress.», juin. [En ligne]. Available: <https://botpress.com/fr>.