



Université Paris Cité
Lamarck B,
35 rue Hélène Brion,
75013 Paris

Rapport de Projet Tutoré M1ISDD

Analyse technique et développement d'un ChatBot

Effectué par :
Yoan HURTADO

Tuteur académique : Dcoteure Anne BADEL

Année scolaire 2024-2025

Sommaire

INTRODUCTION	2
MATERIELS ET METHODES.....	3
ÉTAT DE L'ART	3
METHODOLOGIE	3
DEVELOPPEMENT DU CHATBOT	6
RESULTATS	9
DIFFICULTES RENCONTREES	9
ÉVALUATION DES PERFORMANCES	11
CONCLUSION	11
DISCUSSION ET PERSPECTIVES	11
BILAN.....	12
REMERCIEMENTS.....	12
RESUME	13
FRANÇAIS.....	13
ENGLISH	13

Introduction

L'ère numérique a transformé la manière dont nous interagissons avec les technologies, et l'une des innovations les plus remarquables dans le domaine de la communication numérique est sans doute le chatbot. Ces assistants virtuels sont devenus omniprésents, facilitant des interactions entre les entreprises et les clients à une échelle automatisée et personnalisée.

Mais qu'est-ce qu'un chatbot ?

Un chatbot est un programme informatique conçu pour simuler des conversations avec des utilisateurs humains en utilisant le langage naturel. Opérant à travers diverses interfaces numériques telles que des applications de messagerie, des sites web ou des applications mobiles, ces systèmes automatisent des interactions, souvent dans des contextes de service client. Leur principal avantage est la capacité de gérer des tâches répétitives comme la prise de commandes ou la gestion des requêtes clients sans nécessiter une intervention humaine directe.

Les chatbots deviennent des outils puissants et accessibles tout autour de nous et dans divers domaines. Leur démocratisation et leur présence dans notre quotidien induisent une nouvelle façon de travailler, d'échanger, d'apprendre, de se former, d'interagir et de converser avec divers corps de métiers. Pour autant, bien que répandus, leur mode opérationnel reste une question vague : comment fonctionnent-ils ? Comment comprennent-ils nos requêtes pour y répondre ? C'est dans cette optique de compréhension et de démystification que s'articule ce projet tutoré. Nous allons démontrer et expliquer les principales méthodes de fonctionnement technique d'un chatbot, afin, dans un second temps, de mettre en application ces dites méthodes au profit du développement d'un chatbot spécifique au domaine des statistiques.

Matériels et Méthodes

Etat de l'art

L'évolution des chatbots a été marquée par des innovations significatives depuis les années 1960, reflétant l'avancement des technologies d'intelligence artificielle et de traitement du langage naturel. Chaque étape de cette évolution a contribué à façonner l'interaction homme-machine telle que nous la connaissons aujourd'hui dans les domaines de l'intelligence artificielle et du traitement du langage naturel. Ces avancées ont débuté avec **ELIZA** en 1966, un prototype créé par Joseph Weizenbaum qui imitait un psychothérapeute, démontrant la possibilité de simuler une conversation humaine avec des technologies naissantes.

Peu après, en 1968, Terry Winograd a développé **SHRDLU**, un chatbot capable de comprendre et d'exécuter des commandes dans un monde virtuel, améliorant considérablement l'interaction et la compréhension contextuelle. Les innovations ont continué avec des développements majeurs tels que **Parry** en 1972, qui simulait une complexité psychologique, et **A.L.I.C.E.** en 1995, qui employait le langage AIML pour des réponses plus dynamiques.

Le tournant du millénaire a vu l'introduction de **SmarterChild** en 2001, un chatbot intégré à des plateformes de messagerie instantanée qui offrait utilité et accessibilité au quotidien. Cette période a préparé le terrain pour les assistants vocaux modernes tels que **Siri** en 2011, suivis de **Google Now**, **Alexa** et **Google Assistant**, qui ont intégré les chatbots dans nos routines quotidiennes à travers des interactions vocales sophistiquées.

La période récente est marquée par le lancement de **GPT-3** et **ChatGPT** par OpenAI en 2020, apportant des capacités de génération de texte extrêmement avancées et révolutionnant la conversation automatisée. Ces systèmes offrent maintenant des dialogues précis et adaptés au contexte sur une variété de sujets, consolidant le rôle essentiel des chatbots dans les communications numériques et leur potentiel futur dans divers domaines professionnels.

Ces développements soulignent l'importance croissante des chatbots dans notre société, non seulement en tant qu'outils de commodité mais aussi en tant que facilitateurs de communication et d'interaction dans une multitude de domaines professionnels et personnels.

Méthodologie

La méthodologie de développement d'un chatbot s'ancre dans une compréhension approfondie de ce qu'est un **chatbot** : un programme informatique conçu pour simuler des conversations avec des utilisateurs humains, utilisant des interfaces textuelles ou vocales pour fournir des informations, résoudre des problèmes, ou assister les utilisateurs dans diverses tâches.

L'interface utilisateur constitue le premier point de contact entre le chatbot et l'utilisateur, qu'il s'agisse d'applications mobiles, de sites web ou de systèmes de messagerie. Cette interface joue un rôle crucial, car elle détermine l'efficacité des interactions entre l'utilisateur et le chatbot. C'est à ce stade que l'utilisateur formule sa demande, situant ainsi l'interface au cœur du système de performance du chatbot.

Pour traiter efficacement les données entrantes le **prétraitement du texte** est essentiel dans la gestion efficace des données des chatbots, uniformisant le texte par la conversion en minuscules, divisant le texte en unités plus petites grâce à la tokenisation, éliminant les mots non significatifs via la suppression des stop words, et réduisant les mots à leur forme de base par lemmatisation. Ces étapes simplifient le texte entrant pour améliorer la précision dans la détection d'intentions (les objectifs que l'utilisateur cherche à atteindre avec sa requête) et l'extraction d'entités (les informations spécifiques comme les noms propres, les dates, et les lieux contenues dans la requête).

Grâce au traitement du langage naturel (NLP), le chatbot est capable de décomposer, de comprendre et de générer le langage humain, permettant ainsi une interaction fluide et naturelle. Cette technologie est essentielle pour traduire les requêtes des utilisateurs en actions compréhensibles par le système, enrichissant l'expérience utilisateur par une communication efficace et intuitive. En fonction de leur conception, les chatbots peuvent adopter deux approches principales :

- **Approche Basée sur les Règles** : Cette méthode structure les réponses en utilisant des motifs prédéfinis pour reconnaître rapidement les intentions. Elle permet d'adapter des modèles de réponses en fonction des intentions détectées, facilitant une interaction précise pour des questions standards et améliorant l'efficacité du chatbot lors de demandes courantes.
- **Approche Machine Learning (ML)** : L'approche ML transforme le texte en vecteurs numériques pour prédire les intentions à partir des messages vectorisés. Elle évalue la confiance des prédictions pour assurer la fiabilité des réponses générées. En fonction de cette confiance, le chatbot peut générer des réponses directes ou, si nécessaire, demander des clarifications pour mieux comprendre la requête de l'utilisateur, garantissant des interactions plus précises et personnalisées.
- **Approche Hybride** : Cette méthode combine les techniques basées sur les règles et le Machine Learning pour offrir une réponse optimisée. Les seuils de confiance établis déterminent si une réponse générée par les règles est suffisamment fiable ou si le chatbot doit recourir à l'intelligence artificielle pour traiter la requête. Cette approche permet de maximiser la précision et la pertinence des interactions, en utilisant des réponses basées sur les règles pour les questions courantes et prévisibles, tout en mobilisant le Machine Learning pour des requêtes complexes ou moins bien définies. En cas de résultats incertains, le système demande des clarifications, assurant ainsi une meilleure compréhension et satisfaction de l'utilisateur.

Les techniques spécifiques du NLP, telles que l'analyse morphologique, facilitent la compréhension des structures et formes des mots. Voici quelques-unes des méthodes essentielles :

- **Tagging grammatical** : cette technique implique l'assignation de catégories grammaticales aux mots, telles que nom, verbe, adjectif, etc., aidant ainsi à clarifier la structure syntaxique des phrases.
- **Parsing syntaxique** : cette méthode analyse la structure d'une phrase pour comprendre les relations entre les éléments, permettant ainsi de décomposer et d'interpréter correctement les demandes complexes.

Ces processus sont cruciaux pour l'identification des **intentions** et des **entités**, éléments indispensables pour fournir une réponse adéquate et pertinente.

Cette capacité est renforcée par une **base de connaissances**, qui stocke les informations nécessaires pour que le chatbot réponde correctement aux questions des utilisateurs. Le **moteur de traitement des dialogues** joue également un rôle essentiel en gérant le flux de la conversation, en prenant des décisions basées sur **l'historique des interactions** et le contexte actuel.

Les défis tels que la **compréhension du contexte** et la **gestion des erreurs ou ambiguïtés** sont abordés en utilisant des composants sophistiqués tels que :

- **L'Initialisation avec des modèles de Machine Learning** pour prédire les intentions des utilisateurs à partir de leurs messages.
- **Les Approches de traitement hybride** utilisent des seuils de confiance, appelés "température", pour réguler la sélection de la réponse la plus appropriée. Cette température ajuste la distribution des probabilités de réponse du modèle, permettant de choisir entre des réponses basées sur des règles prédéfinies et celles générées par des modèles d'apprentissage.

Les **problèmes éthiques**, tels que la confidentialité des données et les biais algorithmiques, doivent également être pris en compte, de même que la **frugalité** (utilisation efficace et minimale des ressources) dans l'utilisation des ressources pour développer des systèmes efficaces tout en minimisant leur impact environnemental.

L'utilisation de **connecteurs API**, comme ceux fournis par l'**API de ChatGPT**, permet de développer des chatbots spécialisés qui peuvent fournir des réponses précises et pertinentes dans des domaines spécifiques, enrichissant ainsi l'interaction utilisateur et augmentant la valeur ajoutée des services fournis par les chatbots.

L'**Apprentissage Continu** est un aspect essentiel de la méthodologie des chatbots, permettant au système de s'adapter et de s'améliorer au fil du temps. Ce processus se déroule à travers plusieurs étapes clés :

- **Collecte des nouvelles conversations** : Cette étape consiste à rassembler les interactions récentes, qui serviront de base pour l'entraînement futur.
- **Entraînement incrémental du modèle ML** : Avec les données fraîchement collectées, le modèle de Machine Learning est régulièrement mis à jour, ce qui permet au chatbot de rester en phase avec les nouvelles tendances et les évolutions dans les comportements des utilisateurs.
- **Mise à jour de la base de connaissances** : Les nouvelles informations obtenues au cours des interactions améliorent la base de connaissances, assurant des réponses toujours pertinentes et actuelles.

Ces mécanismes d'adaptation continue garantissent que le chatbot maintient une performance optimale, répondant précisément aux exigences changeantes des utilisateurs.

Cette approche méthodologique établit une base solide pour le développement et la mise en œuvre de chatbots, soulignant leur potentiel à transformer les interactions numériques. Elle aborde les défis techniques inhérents à la création de ces systèmes, en mettant en avant les

capacités des chatbots à améliorer la communication entre les entreprises et les consommateurs. En optimisant ces interactions, la méthodologie vise à accroître l'efficacité et la personnalisation des services, favorisant ainsi une meilleure expérience utilisateur et une plus grande satisfaction client

Développement du ChatBot

Dans le cadre de ce projet, nous nous concentrons sur le développement d'un chatbot destiné à assister les étudiants en Master de Biologie Informatique pour l'unité d'enseignement 'Analyses de données massives'. Ce chatbot, axé sur les statistiques, vise à faciliter la compréhension et l'utilisation des méthodes statistiques complexes nécessaires à l'analyse de données.

Actuellement, le marché propose une variété de chatbots puissants et polyvalents. Parmi eux, certains offrent aux développeurs la possibilité d'utiliser leur API pour créer des applications basées sur une architecture éprouvée et reconnue. Nous avons choisi d'utiliser l'API d'OpenAI, les créateurs de ChatGPT, pour ce projet en raison de sa robustesse et de sa capacité à gérer des conversations complexes.

Opter pour l'API de ChatGPT au lieu de développer notre propre chatbot intégralement offre plusieurs avantages. Le plus notable est l'accessibilité : pour un investissement initial de cinq dollars, nous avons obtenu une clé API qui nous a permis d'accéder aux ressources nécessaires pour le développement de notre chatbot. Durant la phase principale de développement et de test, qui s'est étendue du 22 octobre au 29 novembre, le coût total d'utilisation a été de seulement 0,6 dollar. Bien que minimal, ce coût sera discuté plus en détail plus tard dans ce rapport.

L'API d'OpenAI fournit un cadre robuste pour le développement de chatbots, offrant la capacité de générer des réponses à des questions posées par les utilisateurs en intégrant un contexte conversationnel. Pour assurer des échanges cohérents et pertinents, il est crucial de maintenir un historique des messages. Ce suivi permet au chatbot de se souvenir des interactions précédentes, facilitant une réponse contextuelle et adaptée.

Une étape clé dans le développement est la formulation d'un prompt précis, complet et bien ciblé. Le prompt joue un rôle crucial en orientant les réponses du chatbot, initialement conçu pour être polyvalent et capable de discuter de divers sujets. Pour notre projet, nous souhaitons limiter les capacités du chatbot au domaine spécifique des statistiques. En utilisant un prompt directive, similaire à un entonnoir, nous filtrons les réponses du chatbot pour qu'elles restent strictement dans le champ des statistiques.

Pour améliorer l'interaction entre le chatbot et les utilisateurs, une interface graphique a été développée à l'aide de Tkinter. Cette interface propose une fenêtre flottante où les utilisateurs peuvent poser leurs questions et recevoir des réponses, rendant les échanges plus interactifs et accessibles.

Le chatbot récupère la question de l'utilisateur via l'interface conversationnelle et construit une réponse en envoyant la requête aux serveurs d'OpenAI. La réponse est générée par une commande qui permet de sélectionner le modèle d'IA utilisé, tout en prenant en compte l'historique des messages, la question actuelle étant la dernière entrée. Cela permet de fournir une réponse contextualisée en tenant compte des interactions précédentes. La "température" de créativité, qui peut être ajustée entre 0.1 et 1, influe sur le degré de prévisibilité ou d'imprévisibilité des réponses du chatbot, avec des valeurs plus faibles conduisant à des réponses plus déterministes et des valeurs plus élevées permettant une réponse plus « imprévisible », semblant plus humaine.

Une fois la requête traitée, la réponse d'OpenAI inclut divers éléments tels que le texte généré, des métadonnées sur le modèle utilisé, et les jetons consommés durant le processus. Cette réponse est ensuite sélectionnée pour être affichée dans l'interface graphique de la conversation, permettant ainsi la continuité de l'échange entre l'utilisateur et le chatbot.

La limite de cet échange est essentiellement dictée par le nombre de crédits disponibles sur le compte du développeur associé à la clé API, ce qui définit le volume de jetons alloués pour chaque requête envoyée à l'API.

Cette méthode de développement offre un chatbot robuste et fonctionnel qui permet aux développeurs de personnaliser son utilisation selon leurs besoins. Bien que principalement utilisé pour l'enseignement académique et l'assistance en statistique, ce système peut être facilement adapté à d'autres domaines simplement en modifiant le prompt, offrant ainsi une grande flexibilité d'application.

Actuellement, le chatbot repose en grande partie sur l'intelligence artificielle de ChatGPT, exploitant ses vastes ressources pour fournir des réponses pertinentes et contextualisées. Cependant, l'objectif est de développer un chatbot hybride qui associe ces capacités IA à des bases de connaissance spécifiques pour renforcer le contexte des réponses et mieux répondre aux exigences spécifiques de l'unité d'enseignement Analyses de données massives. À cette fin,

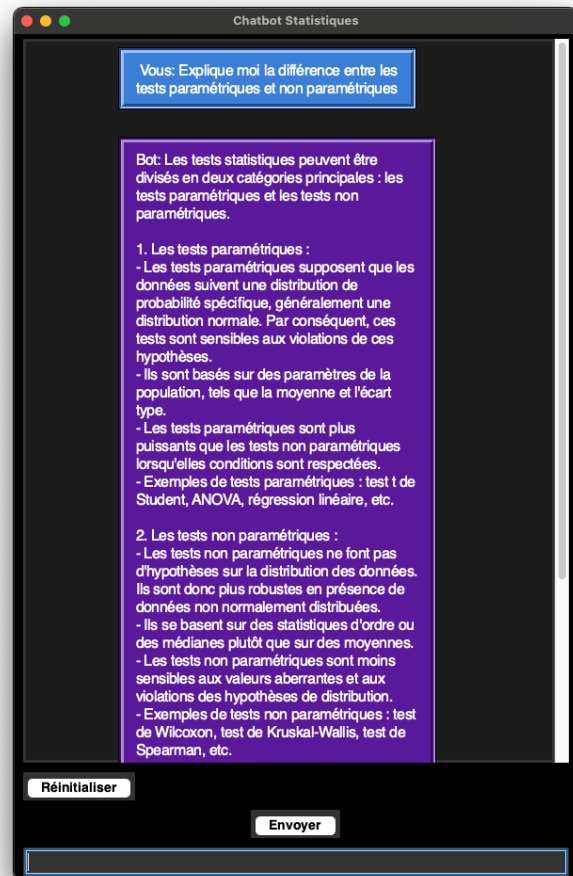


Figure 1 : Interface graphique du chatbot statistique

tous les cours de l'UE ont été utilisés pour servir de référence approfondie, afin d'enrichir le fonds de connaissance accessible au chatbot.

Pour enrichir le contexte des interactions, les supports de cours sont numérisés à l'aide de la bibliothèque PyMuPDF/fitz, transformant le contenu des documents en format texte exploitable. Chaque cours de l'unité d'enseignement, au nombre de sept, est converti en une base de connaissances textuelle correspondant à des thèmes spécifiques traités dans le curriculum.

Pour optimiser la pertinence des réponses du chatbot, un prétraitement est appliqué aux questions posées par les utilisateurs. Ce prétraitement implique l'utilisation d'un système de mots-clés pour associer chaque question à un chapitre pertinent du cours. Ce mécanisme permet de charger la base de connaissances la plus adéquate pour fournir un contexte solide lors de la génération des réponses par l'API ChatGPT. À titre d'exemple, si un cours est dédié aux arbres de décision et à des méthodes statistiques telles que CART, le système identifie et associe les questions pertinentes à ce contenu spécifique.

Pour réaliser ce processus de correspondance, un dictionnaire principal est créé, incluant des dictionnaires imbriqués. Chaque sous-dictionnaire contient des clés liées à des listes de mots-clés et à des valeurs numériques représentant des poids. Ces poids servent à augmenter la pertinence d'un cours spécifique lorsque des mots-clés correspondants sont détectés dans la question de l'utilisateur.

Lors de l'analyse de la question, chaque mot est comparé aux mots-clés définis, en utilisant une méthode de seuil de similarité. Un seuil de 80% est établi pour considérer qu'un mot dans la question correspond à un mot-clé, prenant en compte les variations telles que les fautes de frappe ou les formes grammaticales. Cette approche permet de hiérarchiser les mots selon leur spécificité : des termes précis tels que "ACP" ou "forêts aléatoires" sont pondérés plus fortement que des termes généraux tels que "données" ou "variables". Cette stratégie assure que le chatbot charge la base de connaissances la plus pertinente en fonction de la question posée, améliorant ainsi la précision et la pertinence des réponses générées.

Cette approche hybride intègre d'abord le principe des règles prédéfinies pour initialiser le contexte de la question, puis elle s'appuie sur le machine learning d'OpenAI pour générer des réponses précises. Cette méthode assure une précision accrue dans le contexte des réponses fournies, en combinant des méthodes de traitement basées sur des règles bien établies, qui s'appuient sur des cours concrets et validés, avec les capacités avancées d'apprentissage automatique.

L'intégration de toutes ces méthodes et fonctions aboutit au développement d'un chatbot fonctionnel, spécifiquement adapté aux besoins éducatifs pour lesquels il a été conçu, répondant ainsi efficacement au domaine et aux objectifs définis initialement.

Résultats

Difficultés Rencontrées

Au cours de ce projet, plusieurs défis se sont présentés, certains étant plus complexes à surmonter que d'autres.

Le premier défi était de comprendre en profondeur ce qu'est un chatbot. Bien que les chatbots soient omniprésents dans notre quotidien, via des plateformes avancées telles que Gemini ou ChatGPT, ou encore dans les services clients automatisés, notre connaissance réelle de leur fonctionnement reste limitée. Démystifier l'utilisation d'un chatbot et en comprendre le fonctionnement de manière claire et tangible s'est révélé être une tâche fascinante mais exigeante.

Ensuite, la définition d'un plan de développement en génie logiciel a posé un défi plus sérieux qu'anticipé. Face à des technologies de pointe et bien établies, s'aligner sur ces géants technologiques semblait être un combat perdu d'avance. Il a donc été essentiel de s'adapter et de se focaliser sur la faisabilité du projet, en choisissant des technologies existantes et en les intégrant pour atteindre les objectifs fixés. La sélection de la technologie appropriée parmi l'abondance de chatbots disponibles sur le marché, tout en respectant des contraintes de temps, a été particulièrement importante, rappelant que choisir, c'est renoncer.

Les difficultés ont également concerné le développement du chatbot lui-même. La prise en main de l'API OpenAI a été rapidement maîtrisée ; cependant, le manque de documentation détaillée et la récente mise à jour de l'API, qui rendait certaines commandes obsolètes, ont nécessité un effort supplémentaire pour adapter notre approche. De plus, la compréhension du modèle économique d'OpenAI, notamment en ce qui concerne l'achat de crédits, n'était pas clairement expliquée et a demandé des éclaircissements pour une utilisation optimale des ressources.

La majorité des défis rencontrés se sont manifestés durant la phase de codage, en premier lieu dans la reproduction et l'adaptation de l'interface graphique des chatbots existants, tout en s'efforçant de ne pas simplement copier. La gestion des entrées et des sorties des utilisateurs a également représenté une tâche nécessitant une attention particulière.

Le plus gros du travail a concerné la gestion de la base de connaissances et le traitement du langage naturel (NLP). L'ambition était d'intégrer une base de connaissances articulée autour des contenus des cours de l'UE "Analyse de données massives", pour éduquer le chatbot sur le sujet. Toutefois, l'adaptation de documents n'était pas sans défis, notamment parce que les chatbots actuels ne sont généralement pas conçus pour interagir avec des images ou des graphiques, qui abondent pourtant dans les cours de cette UE. Par conséquent, une décision a été prise de convertir les cours en texte (format txt), afin de les intégrer comme une base de connaissances textuelle complète. Un script a été utilisé pour analyser chaque document et transcrire les textes dans des fichiers txt individuels, qui ont ensuite été fusionnés en une seule base de connaissances.

Un problème majeur a été le formatage : en analysant les graphiques, le programme a souvent inclus des légendes et des caractères de manière désordonnée, créant par moments un amas confus de caractères dans le fichier de sortie. Malgré cela, de nombreuses définitions et explications des cours ont été fidèlement transcrites, donnant un sens général aux fichiers textuels produits, bien que ceux-ci soient loin d'être parfaits.

Une autre difficulté majeure résidait dans la gestion de cette base de connaissances. La base de données principale, d'environ 60 000 caractères, dépassait largement la limite de tokens imposée par le forfait de base de la clé API utilisée, qui restreint chaque message à un maximum de 16 000 tokens. Ainsi, il n'était pas possible de passer toute la base de connaissances via le prompt du chatbot. La stratégie initiale était de maintenir un prompt directif et inchangé, en y ajoutant le texte de la base de connaissances. Bien que cette approche fût plus simple à mettre en œuvre qu'un apprentissage automatique, elle s'est avérée coûteuse en ressources et irréalisable en pratique en raison des contraintes imposées.

Dans le processus de développement, une approche de prétraitement des messages des utilisateurs a été mise en œuvre pour optimiser la gestion du traitement du langage naturel (NLP) et pour segmenter efficacement la base de connaissances en sept parties distinctes, correspondant à chaque cours. Cette stratégie a permis d'identifier l'objectif de la question de l'utilisateur et de choisir la section de la base de connaissances la plus pertinente pour fournir une réponse, contournant ainsi la limite de 16 000 tokens par message, chaque section contenant entre 8 000 et 9 000 caractères.

Initialement, une méthode de vectorisation NLP des mots avait été envisagée pour analyser tous les mots de la question. Cependant, sa complexité de mise en œuvre a posé un important défi et tous les essais de cette approche ont échoué ou n'étaient pas concluants. Une seconde approche, basée sur la sélection par mots-clés et la pondération, a finalement été adoptée. Bien que son implémentation ait été exigeante et nécessite une connaissance approfondie des contenus pour attribuer correctement les mots-clés aux différents cours, cette méthode a été efficace. Les tests ont confirmé que les bases de connaissances étaient correctement sélectionnées en fonction des mots-clés utilisés.

Un autre problème majeur concernait la gestion de ces bases de connaissances, intégrées à la suite du prompt comme instructions au chatbot. Cette méthode posait un problème car elle empêchait de dépasser la base de données existante de ChatGPT, liée à l'API pour bénéficier de sa robustesse et de sa vaste base de connaissances. En conséquence, l'intégration de bases de connaissances spécifiques dans les messages envoyés selon les questions surchargeait l'historique des messages, ce qui pouvait amener le chatbot à perdre le fil entre deux questions liées à un même ensemble de données, en plus de se heurter aux limites de tokens autorisés par le forfait de base de la clé OpenAI, provoquant des erreurs et des arrêts de fonctionnement.

Pour résoudre ce problème, une approche dynamique a été adoptée en plaçant l'historique des messages dans des variables globales, permettant ainsi une gestion plus fluide des interactions. De plus, une fonction a été mise en place pour contrôler la taille de l'historique afin de ne pas dépasser la limite de 16 000 tokens imposée par l'API. Cette fonction impose une limite maximale de 10 000 tokens par interaction, ce qui garantit suffisamment d'espace pour intégrer la base de connaissances, envoyer la requête et recevoir la réponse, puis alléger l'historique en supprimant la base de connaissances avant le retour de la requête. Bien que cette méthode rallonge légèrement le temps de réponse de chaque message (d'une à deux secondes supplémentaires), elle permet au chatbot de fonctionner sans être restreint par les limites de la clé API de base d'OpenAI, garantissant ainsi une performance optimale.

Évaluation Des Performances

Dans l'évaluation des performances du chatbot développé dans ce projet tutoré, plusieurs aspects méritent une attention particulière. Premièrement, le temps de réponse du chatbot est remarquablement court, avec une moyenne inférieure à trois secondes, illustrant l'efficacité de l'intégration de l'API d'OpenAI et de l'optimisation du traitement des requêtes.

La précision des réponses est également élevée, confirmant que le chatbot saisit avec précision les questions relatives aux statistiques et fournit des réponses adéquates. Cette performance est complétée par sa capacité à générer du code, à corriger des erreurs dans des codes préexistants et à effectuer des calculs basiques. Cependant, contrairement à ChatGPT, il est limité dans l'interprétation de codes complexes, comme l'exécution de petits scripts Python, ce qui marque une certaine restriction comparée à son prédécesseur plus avancé.

Sur le plan technique, le chatbot consomme environ 325 Mo de mémoire vive un volume relativement modeste au regard des fonctionnalités qu'il propose. Sa robustesse est également remarquable ; il répond avec précision aux questions spécifiques aux statistiques et maintient fermement son focus sur ce domaine. Conformément à ses directives, il invite l'utilisateur à rester dans le cadre des statistiques et, en cas de manque d'informations essentielles pour une réponse adéquate, il sollicite des précisions supplémentaires, évitant ainsi les malentendus et améliorant la qualité de ses réponses.

Enfin, le coût de fonctionnement du chatbot est relativement faible, nécessitant seulement un investissement initial de 5 dollars pour accéder à l'API d'OpenAI. Le coût par requête reste extrêmement modéré ; seulement 0,6\$ ont été dépensés pour les tests jusqu'à présent. Ce faible coût rend le chatbot économiquement viable pour un usage éducatif continu. Cependant, en envisageant un déploiement plus large pour un groupe d'étudiants, les coûts pourraient devenir significatifs, surtout si une augmentation du forfait de base est nécessaire pour accéder à davantage de fonctionnalités et améliorer les performances.

Ces facteurs illustrent que le chatbot est efficace tant en termes de réactivité et de gestion des ressources qu'en termes de coût (bien que celle-ci puisse devenir cruciale à mesure que l'usage s'élargit). Ainsi, le chatbot est donc bien adapté pour soutenir l'enseignement des statistiques aux étudiants en Master de Biologie Informatique.

Conclusion

Discussion et Perspectives

Les résultats obtenus par le chatbot développé dans ce projet tutoré sont satisfaisants, bien qu'ils ne soient pas exceptionnels. Le chatbot répond de manière compétente aux questions dans le domaine spécifique des statistiques, ce qui confirme son utilité pédagogique pour les étudiants en Master de Biologie Informatique. Cependant, plusieurs aspects nécessitent des améliorations pour optimiser son fonctionnement et son efficacité.

La gestion de la base de connaissances, de l'historique des interactions et de l'interface graphique mérite une attention particulière. Actuellement, la base de connaissances est assez volumineuse et complexe, ce qui entraîne des défis lors de son intégration avec le prompt du chatbot. Une gestion plus dynamique de cette base pourrait améliorer la réactivité et la précision

des réponses. Concernant l'interface graphique, bien que fonctionnelle, elle pourrait bénéficier d'améliorations esthétiques et fonctionnelles telles que des textures améliorées, une gestion plus flexible des dimensions de la fenêtre, et des options d'extension du chat pour mieux accompagner l'utilisateur.

En comparaison avec ChatGPT, notre chatbot ne peut rivaliser en termes de polyvalence et d'accès gratuit. ChatGPT est soutenu par une infrastructure robuste qui permet une utilisation gratuite et extensive, alors que notre solution nécessite un abonnement payant pour accéder aux clés API d'OpenAI, ce qui limite son accessibilité et son expansion. Néanmoins, le caractère ciblé de notre chatbot est un avantage notable, car il limite les interactions aux sujets pertinentes pour le cours, évitant ainsi les distractions et renforçant l'apprentissage focalisé.

La frugalité, une considération importante dans le développement de solutions technologiques durables, est respectée à certains égards par notre chatbot, notamment en termes de consommation de ressources de calcul relativement modeste. Toutefois, le modèle économique basé sur le paiement pour chaque requête pose question quant à son efficacité coût-bénéfice sur le long terme. Pour le rendre plus frugal, des ajustements pourraient être envisagés, comme l'amélioration de l'algorithme de sélection de la base de connaissances pour réduire les requêtes nécessaires, ou l'optimisation du code pour diminuer la charge sur les serveurs.

En somme, bien que le chatbot offre une aide précieuse et ciblée, une révision approfondie de ses composants et de son modèle économique est essentielle pour améliorer sa performance, sa frugalité et son accessibilité. Ces ajustements permettront de maximiser son potentiel en tant qu'outil éducatif dans le domaine des statistiques.

Bilan

Ce projet tutoré a été une expérience enrichissante et formatrice, qui m'a permis d'explorer en profondeur les rouages d'une technologie omniprésente, mais souvent méconnue : les chatbots. En m'immergeant dans leur conception et leur fonctionnement, j'ai non seulement renforcé mes compétences techniques, mais également développé une meilleure compréhension de leur potentiel et des défis qu'ils posent.

Bien que les résultats obtenus soient satisfaisants et que le chatbot ait démontré son utilité dans le cadre pédagogique, cette réalisation ouvre également la voie à de nombreuses améliorations possibles. Ce projet marque ainsi le début d'une réflexion plus large sur l'optimisation des outils d'intelligence artificielle pour un usage éducatif ciblé.

En somme, ce travail a été à la fois une exploration et une démonstration des possibilités qu'offre l'IA appliquée, renforçant mon intérêt pour ce domaine en constante évolution. Il souligne l'importance de continuer à apprendre et à innover, en gardant toujours à l'esprit l'impact que ces technologies peuvent avoir sur notre quotidien et nos méthodes d'apprentissage.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma gratitude au professeur Taboureau pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser ce projet tutoré. Je souhaite également remercier tout particulièrement la docteure Badel, qui m'a proposé ce projet, m'a accordé sa confiance pour le mener à bien, et a généreusement consacré de son temps pour me prodiguer ses conseils avisés. Son regard attentif

et ses retours constructifs ont grandement contribué à l'avancement de mes recherches et de mes travaux.

Résumé

Français

Ce projet tutoré avait pour double objectif de comprendre les rouages techniques et méthodologiques d'un chatbot tout en développant un chatbot éducatif spécifiquement destiné à l'apprentissage des statistiques. En utilisant l'API d'OpenAI, le chatbot a été conçu pour fournir un soutien pédagogique aux étudiants en Master de Biologie Informatique, en se limitant strictement au domaine des statistiques.

Le développement a impliqué plusieurs étapes clés, notamment la gestion de bases de connaissances spécifiques aux cours, l'intégration d'une interface graphique pour améliorer l'expérience utilisateur, et l'optimisation des performances pour garantir des réponses précises et rapides. La recherche s'est également concentrée sur l'efficacité des approches hybrides combinant des règles prédéfinies et l'intelligence artificielle pour contextualiser les réponses.

Ce travail a permis d'acquérir une compréhension approfondie des technologies sous-jacentes, tout en offrant un outil fonctionnel pour soutenir l'apprentissage des étudiants en statistiques. Cette expérience met également en lumière des pistes d'amélioration, tant sur le plan technique que méthodologique, pour maximiser l'impact de ce type de solution éducative.

English

This tutored project had the dual objective of understanding the technical and methodological workings of a chatbot while developing an educational chatbot specifically designed for learning statistics. Using OpenAI's API, the chatbot was developed to provide pedagogical support to Master's students in Bioinformatics, strictly focusing on the domain of statistics.

The development process involved several key steps, including managing knowledge bases specific to course content, integrating a graphical interface to enhance user experience, and optimizing performance to ensure accurate and prompt responses. The research also focused on the effectiveness of hybrid approaches, combining predefined rules and artificial intelligence to contextualize responses.

This work provided an in-depth understanding of the underlying chatbot technologies while delivering a functional tool to support students' learning in statistics. It also highlights avenues for improvement, both technical and methodological, to maximize the impact of this type of educational solution.