**INTRODUCTION GENERALE**

CONTEXTE

Les zones enclavées de l’Afrique, et plus particulièrement du Cameroun, font face à des défis considérables en matière d’accès aux soins de santé. Loin des centres urbains et des infrastructures médicales modernes, les populations rurales sont souvent confrontées à des conditions sanitaires précaires. Le manque de personnel médical qualifié, l’éloignement des établissements de santé et la difficulté d’accès aux médicaments constituent autant d’obstacles à une prise en charge médicale adéquate. Dans ce contexte, le développement d’une application mobile dédiée aux premiers secours apparaît comme une solution innovante et prometteuse pour améliorer la qualité des soins dans ces régions isolées. En mettant en relation les infirmiers exerçant dans les zones rurales avec des médecins spécialistes basés dans les grandes villes, cette application permettrait de surmonter les limites géographiques et de favoriser un diagnostic plus précis ainsi qu’une prescription médicale adaptée. L’importance d’une telle initiative se justifie par plusieurs raisons. Tout d’abord, elle permettrait de renforcer les compétences des infirmiers en première ligne. Grâce à des fonctionnalités de téléconsultation, ces professionnels de santé pourraient bénéficier de l’expertise de médecins expérimentés pour le diagnostic de pathologies complexes ou la gestion de cas particuliers. Les échanges en temps réel, soutenus par des outils de télétransmission d’images médicales, faciliteraient la prise de décision et amélioreraient la qualité des soins prodigués aux patients. Enfin, une telle application pourrait jouer un rôle majeur dans la prévention et la lutte contre les maladies. En permettant aux populations d’accéder à des informations fiables sur les maladies les plus fréquentes dans leur région, sur les mesures de prévention à adopter et sur les signes d’alerte à ne pas négliger, elle contribuerait à sensibiliser les populations aux enjeux de santé et à encourager des comportements plus responsables. En conclusion, le développement d’une application mobile dédiée aux premiers soins dans les zones enclavées du Cameroun représente un enjeu majeur de santé publique. En facilitant l’accès à des soins de qualité, en renforçant les compétences des professionnels de santé et en améliorant la gestion des ressources, cette initiative pourrait contribuer à réduire la mortalité et à améliorer la qualité de vie des populations les plus vulnérables

PROBLEMATIQUE

Avec le manque de personnel compétents et l'augmentation des demandes de consultations médicales, nous faisons face à des défis croissants en termes de gestion des flux d’appels, de temps d'attente et de satisfaction des patients. Ce contexte soulève la question suivante :

Comment optimiser la gestion des flux d’appels et réduire les temps d’attente, tout en garantissant une satisfaction optimale des patients ?

OBJECTIFS

L’objectif principal de ce travail est de concevoir et d’implémenter un chatbot de communication entre les agents communautaires et les médecins basé sur le Natural Language Processing et le Large Language Model afin de pouvoir effectuer des consultations 24h/24 7j/7 et plus rapidement.

Pour atteindre cet objectif, nous avons défini des étapes spécifiques à savoir :

1. Collecte et préparation des données :
2. Développement et entraînement du modèle :
3. Intégration dans l’application Smart Mobile Clinic :

METHODOLOGIE

Pour mettre en place notre solution, nous adoptons une méthodologie en plusieurs étapes.

Nous commençons par une analyse des besoins, qui permet d’identifier les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles, ainsi que les utilisateurs du chatbot. Nous présentons ensuite les diagrammes UML pour montrer les cas d’utilisation de notre chatbot. Enfin, nous détaillons la conception du modèle d’intelligence artificielle, en abordant la collecte et le prétraitement des données, ainsi que la construction des modèles, que nous évaluons à partir de métriques telles que\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Cela nous permet de comparer les différents modèles afin de choisir le meilleur.

PLAN DU MÉMOIRE

La suite de ce mémoire s’articule autour de trois principaux chapitres.

Chapitre 1 : Généralité et état de l’art, nous y abordons les concepts généraux essentiels pour une meilleure compréhension de notre sujet, ainsi que les travaux existants liés à notre thème. Enfin, nous présentons notre bilan et notre positionnement.

Chapitre 2 : Méthodologie, nous y détaillons la conception de notre système, depuis le développement du chatbot jusqu’à l’intégration dans l’application Smart Mobile Clinic.

Chapitre 3 : Implémentation et résultats, nous débutons par la présentation des différents outils utilisés pour la conception de notre système. Ensuite, nous mettons en avant les résultats obtenus, incluant les métriques d’évaluation du modèle et l’interface du chatbot. Enfin nous, nous concluons par la description d’un scénario d’utilisation de notre solution.

Conclusion générale : nous récapitulons la problématique, les objectifs définis, la démarche suivie et les résultats obtenus. Ensuite, nous exposons les limites de notre approche ainsi que les perspectives d’amélioration.

GENERALITE ET ETAT DE L’ART

Généralités

Dans cette section, nous exposons les concepts fondamentaux associés aux Assistances Médicales, Call Center et Traitement du Langage Naturel.

Assistance médicale

L’assistance médicale désigne l’ensemble des services et des soins fournis aux individus pour préserver ; maintenir ou restaurer leur santé. Cela inclut les traitements médicaux et chirurgicaux, la prévention des maladies, l’éducation à la santé, et le soutien psychosocial. Elle englobe une vaste gamme d'activités, allant des consultations médicales aux soins d'urgence, en passant par la gestion des maladies chroniques et des programmes de vaccination. L’assistance médicale peut être dispensée dans divers contextes, tels que les hôpitaux, les cliniques, les centres de santé communautaires, et même à domicile.

Dans un monde en constante évolution, l'accès aux soins de santé devient de plus en plus important. Les inégalités géographiques, économiques et sociales peuvent créer des barrières significatives à l'accès à l'assistance médicale, en particulier dans les zones rurales ou les régions défavorisées. Les gouvernements, organisations non gouvernementales (ONG) et communautés locales travaillent ensemble pour surmonter ces défis, en mettant en place des programmes de santé adaptés aux besoins spécifiques des populations. Cela implique des efforts de sensibilisation, de formation des professionnels de santé, et de développement d'infrastructures sanitaires. La collaboration entre les différents acteurs du secteur de la santé est également cruciale pour assurer une réponse efficace aux crises sanitaires, qu'elles soient d'origine épidémique ou liée à des catastrophes naturelles.

En somme, l'assistance médicale est un concept vaste et multidimensionnel, essentiel pour la santé des individus et des communautés. Sa mise en œuvre efficace nécessite une approche collaborative et intégrée, visant à garantir l'accès équitable aux soins pour tous.

Call Center

Un call center (ou centre d’appels) peut être défini comme une installation ou un service qui gère les communications téléphoniques pour une entreprise ou une organisation. Les principales fonctions d’un call center incluent :

1. Service client : Répondre aux questions des clients, résoudre des problèmes et fournir des informations sur les produits ou services.
2. Ventes : Prendre des commandes, promouvoir des produits et services, et effectuer des ventes à distance.
3. Support technique : Aider les clients à résoudre des problèmes techniques liés à des produits ou services.
4. Enquêtes et sondages : Recueillir des informations et retours d’expérience auprès des clients.

Les call centers peuvent être classés en deux types principaux :

* In-house : Gérés par l’entreprise elle-même.
* Externalisés : Gérés par des tiers spécialisés.

Ils utilisent souvent des technologies avancées, telles que des systèmes de gestion des relations client (CRM) et des logiciels de téléphonie, pour améliorer l’efficacité et la satisfaction des clients.

TRAITEMENT DU LANGAGE NATUREL

Le **Traitement du Langage Naturel** (NLP, pour Natural Language Processing en anglais) est un domaine de l'intelligence artificielle qui se concentre sur l'interaction entre les ordinateurs et le langage humain. L'objectif principal du NLP est de permettre aux machines de comprendre, d'interpréter et de générer le langage de manière significative.

**Techniques et méthodes**

Le NLP repose sur plusieurs techniques, notamment :

* **Analyse syntaxique** : Comprendre la structure grammaticale d'une phrase.
* **Analyse sémantique** : Interpréter le sens des mots et des phrases dans leur contexte.
* **Apprentissage automatique** : Utiliser des algorithmes pour améliorer la compréhension du langage à partir de grandes quantités de données textuelles.

**Quelques Algorithmes de NLP**

**-Masked Language Modeling :** Une technique utilisée pour entraîner des modèles de langage en masquant certains mots dans une phrase et en demandant au modèle de prédire ces mots manquants. Elle évalue ainsi la capacité du modèle à comprendre le contexte d’une phrase en se basant sur les mots visibles autour du mot masqué.

**-Next Sentence Prediction :** Une méthode d'entraînement qui consiste à déterminer si deux phrases consécutives proviennent du même document ou non. Elle aide les modèles de langage à comprendre la relation entre les phrases, ce qui est essentiel pour des tâches telles que la compréhension de texte et la génération de dialogues.

**-Causal Language Modeling :** Une approche d'entraînement où le modèle prédit le prochain mot d'une séquence en se basant uniquement sur les mots précédents. Il génère du texte de manière séquentielle, apprenant ainsi à comprendre et à produire un langage fluide.

### TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) : Une méthode pour évaluer l'importance d'un mot dans un document par rapport à un corpus. Elle combine la fréquence d'un mot dans un document avec sa rareté dans l'ensemble du corpus.

### Transformers : Basés sur le mécanisme d'attention, les modèles Transformer (comme BERT et GPT) sont devenus dominants dans de nombreuses tâches de NLP grâce à leur capacité à traiter des séquences en parallèle.

**Embeddings de Mots :** Techniques comme Word2Vec et GloVe qui convertissent les mots en vecteurs denses, capturant les relations sémantiques entre eux.

MODELE DE LANGAGE DE GRANDE TAILLE

Les **Modèles de Langage de Grande Taille** (LLM, pour Large Language Models en anglais) sont une avancée majeure dans le domaine de l'intelligence artificielle, en particulier dans le traitement du langage naturel (NLP). Ces modèles utilisent des algorithmes d'apprentissage automatique pour analyser et générer du texte de manière cohérente et contextuelle.

**Quelques concepts de base du LLM**

Ces concepts constituent la base de la compréhension des LLM et de leur fonctionnement dans le domaine du traitement du langage naturel.

**Modèle de Langage :** Un modèle de langage prédit la probabilité d'une séquence de mots. Les LLM sont capables de générer du texte cohérent et pertinent en fonction des entrées fournies.

**Architecture Transformer :** La plupart des LLM utilisent l'architecture Transformer, qui se compose de couches d'attention et de feedforward. Cette architecture permet de traiter les séquences de manière parallèle, améliorant ainsi l'efficacité et la capacité à capturer des dépendances à long terme.

**Mécanisme d’attention :** Permet au modèle de peser l’importance de chaque mot dans une phrase par rapport aux autres mots. Cela aide à capturer les dépendances à long termes dans le texte

**Pré-entraînement et Affinage :** Les LLM sont souvent pré-entraînés sur de grandes quantités de texte non étiqueté (pré-entraînement), puis affinés sur des tâches spécifiques avec des données étiquetées (affinage ou fine-tuning).

**Tokenisation :** La tokenisation consiste à diviser le texte en unités plus petites (tokens), ce qui peut inclure des mots, des sous-mots ou des caractères. Cela permet au modèle de gérer le vocabulaire de manière plus efficace.

**Embeddings :** Les embeddings sont des représentations vectorielles des tokens dans un espace continu, permettant au modèle de capturer des relations sémantiques entre les mots.

**Etapes d’entraiment d’un LLM**

**Collecte de Données :** Rassembler un large corpus de textes provenant de diverses sources (livres, articles, sites web, etc.) pour assurer une diversité et une richesse linguistique.Nettoyer et normaliser les données pour éliminer les erreurs, les doublons et les contenus inappropriés.

**Tokenisation :** Diviser le texte brut en tokens (mots, sous-mots, caractères) à l'aide de techniques comme la tokenisation Byte Pair Encoding (BPE) ou WordPiece.

**Création d'Embeddings :** Convertir les tokens en vecteurs denses (embeddings) qui capturent les relations sémantiques et syntaxiques entre les mots.

**Pré-entraînement :** Entraîner le modèle sur le corpus de texte pour prédire le mot suivant dans une séquence (modèle de langage auto-régressif) ou remplir des mots manquants (modèle masqué).Utiliser des algorithmes d'optimisation comme Adam pour minimiser la fonction de perte (loss function).

**Affinage (Fine-Tuning) :** Affiner le modèle pré-entraîné sur des tâches spécifiques (classification, question-réponse, génération de texte) avec des données étiquetées.Appliquer des techniques de régularisation pour éviter le surapprentissage (overfitting).

**Évaluation :** Utiliser des métriques (précision, rappel, F1-score) pour évaluer la performance du modèle sur un ensemble de validation.Ajuster les hyperparamètres en fonction des résultats d'évaluation.

**Mise à Jour des Données :** Continuer à enrichir le corpus de données et à réentraîner le modèle pour qu'il reste pertinent face à l'évolution de la langue et des connaissances.

### ****AdamW (Adam with Weight Decay)****

AdamW est une variante de l'algorithme Adam qui inclut un terme de régularisation par poids (weight decay). Contrairement à Adam standard, qui applique la régularisation directement sur les gradients, AdamW applique le poids de régularisation directement aux poids du modèle. Souvent utilisé pour entraîner des modèles comme BERT et GPT, où la régularisation est cruciale pour maintenir la généralisation.

**Caractéristiques**:

**Régularisation efficace**: Permet d'éviter le sur-apprentissage en ajoutant une pénalité pour les poids importants.

**Adaptatif**: Comme Adam, il ajuste le taux d'apprentissage individuellement pour chaque paramètre, ce qui est particulièrement utile dans les architectures complexes des LLM.

### ****LAMB (Layer-wise Adaptive Moments based optimizer)****

LAMB est un optimiseur conçu pour les modèles de grande taille, permettant d'adapter le taux d'apprentissage à chaque couche du modèle. Il est particulièrement efficace pour les grands batchs et les architectures de profondeurs importantes. Utilisé dans des modèles comme T5 et d'autres architectures de grande taille, où une gestion efficace des gradients est nécessaire pour optimiser les performances.

**Caractéristiques**:

**Adaptatif et efficace**: Combine les avantages des optimisateurs adaptatifs avec une normalisation des gradients, ce qui permet de mieux gérer les mises à jour des poids dans les couches profondes.

**Scalabilité**: Conçu pour tirer parti des grands batchs, ce qui est essentiel lors de l'entraînement de LLM sur des ensembles de données volumineux.

Métriques d’evaluation

ETAT DE L’ART

Nous explorons l’évolution de l'assistance médicale indigène en Afrique et au Cameroun.

Bilan et positionnement

METHODOLOGIE

ETAT DES LIEUX

MAPUBI LABS

Mapubi Labs est un centre d’évaluation et un incubateur de projets technologiques basé à Yaoundé, Cameroun. Il est soutenu par l’ONG Mapubi, fondée en 2009 à Eschborn, Allemagne. L’organisation a été créée pour favoriser l’échange de connaissances dans les domaines des technologies de l’information, de la santé et de l’environnement, afin de soutenir la création d’emplois et améliorer les conditions de vie en Afrique. L’association tient à contribuer à la mise en œuvre des actions dans le cadre de la santé avec une priorité aux femmes et aux enfants. Elle mène aussi des actions pour un environnement sain, ainsi que des actions sociales, d’éducation, et du tourisme, en particulier dans les pays en voie de développement du continent. Ceci à travers la mise en place des moyens humains, matériels et intellectuels. Mapubi Labs est une entité affiliée à Mapubi, centrée sur la technologie et l’innovation. Elle se spécialise dans le développement de solutions technologiques pour répondre aux besoins locaux en matière d’éducation, de santé, et de développement économique. Cela inclut le développement d’applications mobiles, de plateformes en ligne, et d’autres solutions numériques visant à améliorer l’accès à l’information et les services pour les communautés défavorisées. Mapubi Labs sert souvent de laboratoire d’innovation où des idées sont testées et développées avant d’être déployées à plus grande échelle. Mapubi Labs se concentre sur plusieurs initiatives clés :

1. Projet communautaire Mapubi : Vise à développer des projets à fort impact dans les communautés locales.

2. Centre d’incubation Mapubi : Fournit un soutien aux start-ups et aux entrepreneurs en leur offrant des ressources et des formations nécessaires pour développer leurs projets.

3. Hub de talents Mapubi : Agit comme un intermédiaire entre les chercheurs d’emploi et les employeurs internationaux, en particulier pour les profils dans les TIC. Mapubi Labs c’est également fixé 2 grands objectifs majeurs à savoir One million life et One million Jobs. Que l’on peut traduire par l’objectif de sauver plusieurs vies à travers l’amélioration des conditions de santé dans nos localités et l’objectif d’aider plusieurs personnes plus particulièrement les jeunes dans le marché de l’emploi. Le centre organise également des événements et des ateliers, comme l’université d’été Mapubi Labs 2019, qui a impliqué divers experts et jeunes participants pour travailler sur des projets technologiques et communautaires.

- Activités et Événements : Mapubi Labs organise divers événements et ateliers pour encourager l’innovation et l’entrepreneuriat. Par exemple, l’université d’été Mapubi Labs 2019 a réuni des experts et de jeunes participants pour travailler sur des projets technologiques et communautaires. Ces événements offrent des opportunités de réseautage, de mentorat et de développement professionnel.

- Impact et Réalisations : Depuis sa création, Mapubi Labs a eu un impact significatif sur les communautés locales au Cameroun et au-delà. En collaborant avec des partenaires locaux et internationaux, l’organisation a soutenu plus de 2000 jeunes issus de milieux défavorisés en leur offrant des formations, des conseils en orientation professionnelle et des opportunités d’emploi. Le centre d’incubation a également aidé de nombreuses start-ups à se lancer et à croître, contribuant ainsi au dynamisme économique de la région. Mapubi Labs joue un rôle crucial dans la promotion de l’innovation et de l’entrepreneuriat en Afrique. En offrant des ressources et un soutien aux jeunes talents et aux entrepreneurs, l’organisation contribue de manière significative à la création d’emplois et à l’amélioration des conditions de vie en Afrique.

SMART MOBILE CLINIC

Le secteur de la santé dans les zones rurales fait face à des défis considérables, notamment le manque de médecins et de personnel soignant qualifié. Cette pénurie est particulièrement préoccupante, car elle impacte directement la qualité des soins dispensés aux populations vivant dans ces régions. Les centres de santé ruraux, souvent sous-équipés et mal dotés en personnel, peinent à offrir un suivi médical adéquat. Les professionnels de santé présents dans ces établissements font face à des conditions de travail difficiles, et leur capacité à diagnostiquer et traiter correctement les patients est souvent compromise par le manque de ressources et d'expertise. Par ailleurs, les jeunes médecins, bien qu'enthousiastes et motivés, manquent souvent d'expérience et de formation pratique, ce qui les rend réticents à s'installer dans ces zones. Cette situation crée un cercle vicieux où les patients n’ont pas accès aux soins nécessaires, et les professionnels de santé se trouvent isolés, sans soutien ni mentorat. De plus, pour certaines populations, prendre soin de leur santé est considéré comme un luxe, ce qui limite encore plus leur accès aux services médicaux. Face à cette problématique, la Smart Mobile Clinic (SMC), ou Clinique Mobile Intelligente, se propose comme une solution innovante et adaptée aux besoins des zones rurales. Cette application mobile a pour objectif de transformer la manière dont les soins de santé sont dispensés en facilitant la communication entre le personnel soignant et les professionnels de santé plus expérimentés. La SMC permettra aux utilisateurs d'accéder à un réseau de soutien qui leur offre des conseils en temps réel sur les cas cliniques. En intégrant des fonctionnalités telles que des consultations vidéo, des forums de discussion et des ressources éducatives, l'application vise à renforcer les compétences des jeunes médecins et à améliorer leur confiance dans la gestion des patients. De plus, la SMC mettra à disposition des outils techniques adaptés, permettant ainsi aux professionnels de santé de bénéficier d’un plateau technique virtuel, même en l'absence d'équipements sur place. En facilitant l'accès à l'expertise et aux ressources nécessaires, la Smart Mobile Clinic ambitionne de réduire les inégalités en matière de soins de santé dans les zones rurales. Elle contribuera non seulement à améliorer la qualité des soins offerts, mais également à sensibiliser la population locale à l'importance de la santé, en rendant les services médicaux plus accessibles et abordables. Grâce à cette approche holistique, la SMC représente une avancée significative vers un système de santé plus équitable pour tous.

Objectifs du MVP : Les objectifs de création de cette plateforme sont donc :

❖ Créer la liaison entre le corps médical des zones rurales et celui des zones urbaines afin de soutenir le corps médical des zones rurales dans la prise des décisions concernant le suivi de leur patient.

❖ S’assurer que la procédure médicale a été appliquée au préalable par le client avant de lui donner la réponse à sa demande.

❖ Contacter le corps médical des zones urbaines pour une solution à une demande complexe. Publics cible : les hôpitaux des zones rurales (Le personnel médicale en particulier) équipés d’un appareil mobile (Smart phone, tablette).

ANALYSE DES BESOINS

L’analyse des besoins est une étape clé dans le processus de développement d’un système. Elle vise à identifier et à préciser les exigences que le système doit satisfaire afin de répondre de manière optimale aux attentes des utilisateurs