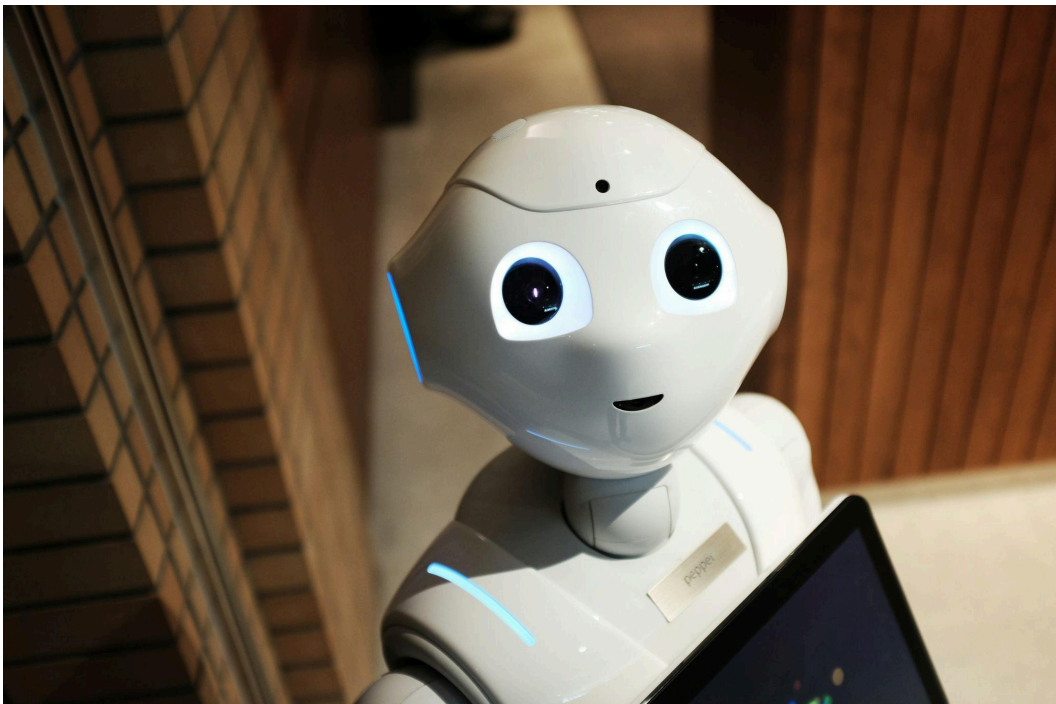


Mini projet 2024 :

“ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”



Par Arthur Perrot et Léa Tching

Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

Sommaire

Partie Système.....	3
1. Analyse opérationnelle.....	3
Contexte.....	3
Intended Purpose (Objectif visé) :.....	3
Operational Domain Design (ODD - Conception de domaine opérationnel) :.....	3
2. Spécifications système.....	4
Synthèse des Besoins des Parties Prenantes :.....	5
Objectif d'Automatisation :.....	5
Contraintes spécifiques du système (ODC - Operational Design Constraints) :.....	5
Scénario d'utilisation :.....	6
3. Définition de l'architecture du système et de son design.....	6
Composants du système :.....	6
Design du système :.....	6
4. Spécifications détaillées du composant porteur du machine learning.....	7
Partie Machine Learning.....	8
5. Spécification de l'architecture.....	8
Fonctionnalités Requises :.....	8
Composants du système :.....	8
Système d'Exploitation :.....	9
Partie Data Engineering.....	10
Identification des données nécessaires pour l'entraînement :.....	10
Fichier Test :.....	10
Fichier de Validation Test :.....	10

Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

Partie Système

1. Analyse opérationnelle

Contexte

Le “ministère du bien vivre en bonne santé” cherche à pallier le manque de personnel médical en développant des robots assistants.

Il a chargé les étudiants d'Epitech Digital School de créer un robot avec un système de commande vocale et de traitement du langage naturel afin de pouvoir communiquer avec les patients. Basé sur Raspberry Pi, le robot doit se déplacer de manière autonome, communiquer via WiFi et collecter des données audio.

Le projet vise à automatiser la collecte d'informations sur les patients pour améliorer les soins et réduire la charge de travail du personnel médical.

Intended Purpose (Objectif visé) :

L'objectif de l'utilisateur final est de disposer d'un système robotique autonome capable d'assister le personnel médical dans les hôpitaux en recueillant des informations sur l'état des patients et en les transmettant de manière claire et précise.

L'utilisateur final cherche une solution fiable, robuste et facile d'utilisation, qui permettrait d'améliorer l'efficacité des soins prodigués aux patients tout en réduisant la charge de travail du personnel médical.

La robustesse souhaitée implique que le système puisse fonctionner de manière fiable dans des environnements hospitaliers avec beaucoup de mouvements, qui serait capable de gérer diverses conditions et situations imprévues.

L'utilisateur final doit également être en mesure de comprendre et de faire confiance aux actions et aux décisions prises par le système robotique. L'implémentation de Reinforcement Learning by Human Feedback semble primordiale afin de s'assurer que le robot a correctement effectué sa mission.

Operational Domain Design (ODD - Conception de domaine opérationnel) :

Conditions :

- **Environnement hospitalier** : Les robots devront opérer dans des hôpitaux et cliniques souvent dynamiques et encombrés, incluant des zones à forte interaction humaine comme les chambres des patients, les couloirs, et les zones d'attente et d'autres équipements.

Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

- **Conditions d'éclairage et de bruit** : Les robots devront fonctionner dans différentes conditions d'éclairage et de bruit, y compris dans des environnements potentiellement bruyants comme les couloirs d'hôpital.

Contraintes :

- **Sécurité des patients et du personnel** : Le système doit être conçu pour garantir la sécurité des patients et du personnel médical en évitant les collisions et en réduisant les risques d'accidents.
- **Disponibilité limitée des ressources** : Les robots doivent fonctionner avec des ressources limitées en termes de puissance de calcul, de mémoire et de batterie.
- **Fiabilité et Robustesse** : Capacité de fonctionner de manière stable dans des environnements hospitaliers souvent mouvementés et imprévisibles
- **Confidentialité des données médicales** : Le système doit respecter les normes de confidentialité des données médicales et garantir que toutes les informations collectées et transmises sont sécurisées.
- **Intégration avec l'infrastructure existante** : Le système doit être compatible et intégrable avec l'infrastructure informatique et matérielle existante dans les hôpitaux. Cela peut inclure des contraintes liées aux systèmes d'exploitation, aux protocoles de communication et aux interfaces utilisateur.

Exigences :

- **Déplacement** : capacité à se déplacer en évitant les obstacles et en ajustant son parcours en fonction des instructions reçues
- **Communication fiable via WiFi** pour transmettre les informations collectées aux parties concernées
- **Reconnaissance vocale précise** : capacité de reconnaître et de comprendre précisément les commandes vocales de l'utilisateur final, même dans des conditions ambiantes bruyantes
- Capacité de **traiter le langage naturel** pour comprendre et interpréter les conversations ainsi que pour segmenter et résumer ces conversations.
- Respecter les **règles de sécurité et confidentialité** des données médicales

2. Spécifications système

Le système doit être capable de recevoir des commandes vocales de l'utilisateur final et de traduire ces commandes en instructions compréhensibles par le robot.

Le robot doit être capable de se déplacer de manière autonome dans l'environnement hospitalier, en évitant les obstacles et en ajustant son parcours en fonction des instructions reçues.

Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

Il doit être équipé d'un système de communication fiable via WiFi pour transmettre les informations collectées aux parties concernées.

Le système doit être capable de capturer et de traiter des données audio pour comprendre les conversations entre l'utilisateur et le robot, ainsi que de segmenter et résumer ces conversations pour une interaction plus efficace.

Les performances du système doivent être évaluées en termes de précision de la reconnaissance vocale, de fiabilité de la navigation autonome, et de clarté dans la transmission des informations.

Synthèse des Besoins des Parties Prenantes :

- **Le personnel médical** : Recherche un outil efficace pour recueillir les informations sur l'état des patients.
- **Les patients** : Attendent un niveau de soins amélioré et une assistance rapide en cas de besoin.
- **Les développeurs** : Doivent fournir une solution technologique robuste et facilement intégrable dans l'environnement hospitalier

Objectif d'Automatisation :

Automatiser la collecte d'informations sur l'état des patients et la transmission de ces informations au personnel médical, réduisant ainsi la charge de travail manuelle et permettant une réponse plus rapide aux besoins des patients.

Contraintes spécifiques du système (ODC - Operational Design Constraints) :

- **Budget limité** : respect d'un budget préalablement défini. Cela implique de minimiser les coûts liés à l'acquisition de matériel, de logiciels et de services externes.
- **Contraintes de temps** : respect des délais spécifiés pour répondre aux besoins des utilisateurs finaux. Les contraintes de temps peuvent inclure des échéances de livraison strictes ou des contraintes saisonnières.
- **Disponibilité limitée des ressources** : Les ressources matérielles, humaines et financières disponibles pour le projet sont limitées. Cela peut inclure des restrictions sur le personnel qualifié, les équipements disponibles et les fonds alloués au projet.
- **Technologie disponible** : Limité par les ressources et les compétences disponibles, incluant le choix des langages de programmation, frameworks et matérielles.
- **Contrainte énergétique** : Le système doit être conçu pour optimiser l'efficacité énergétique afin de prolonger l'autonomie de la batterie et réduire les besoins de recharge fréquente. Cela inclut l'optimisation de la consommation électrique des composants et la gestion intelligente de l'alimentation.
- **Maintenance et support** : Le système doit être conçu pour être maintenable et évolutif, avec la possibilité de fournir un support technique et des mises à jour logicielles après son déploiement initial.

Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

Scénario d'utilisation :

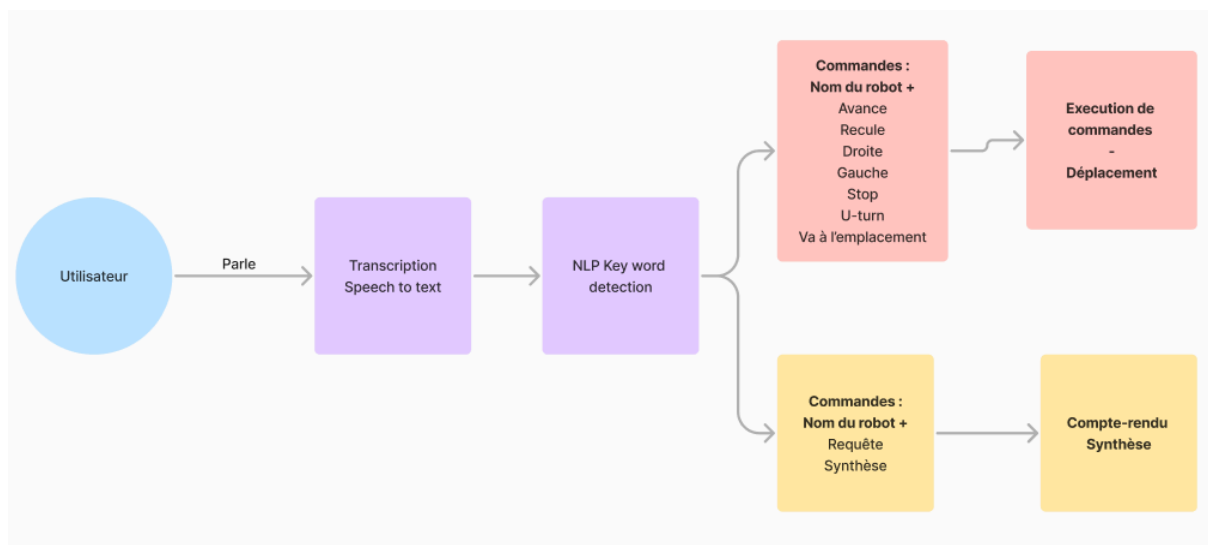
- **Scénarios typiques** : Collecte des demandes des patients et transmission au personnel, livraison de médicaments à la demande.
- **Scénarios exceptionnels** : Gestion des erreurs de navigation ou de reconnaissance vocale

3. Définition de l'architecture du système et de son design

Composants du système :

- **Robot physique** : Composé d'un châssis, de moteurs, de capteurs (capteurs ultrasoniques pour éviter les obstacles), d'une unité de contrôle (Raspberry Pi) et d'une alimentation électrique.
- **Système de traitement de données** : Responsable du traitement des données provenant des capteurs du robot et de la communication avec les autres composants du système.
- **Système de reconnaissance vocale** : Utilise des bibliothèques de speech-to-text pour traduire les commandes vocales en instructions compréhensibles par le robot.
- **Système de traitement du langage naturel (NLP)** : Responsable de la compréhension et de l'interprétation des commandes vocales, ainsi que de la segmentation et du résumé des conversations entre le robot et l'utilisateur.
- **Interface utilisateur** : Permet à l'utilisateur de communiquer avec le robot via une application mobile ou un ordinateur portable.

Design du système :



Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

4. Spécifications détaillées du composant porteur du machine learning

- **Processeur** : Le Raspberry Pi doit être équipé d'un processeur puissant et efficace pour exécuter les algorithmes de machine learning de manière efficace. Par exemple, un processeur **quad-core ARM Cortex-A72** peut offrir des performances adéquates pour le traitement des données et des calculs nécessaires.
- **Mémoire** : Une mémoire **RAM de 8 Go** ou plus peut être appropriée pour gérer les tâches de traitement de données complexes. Une quantité adéquate de mémoire RAM est nécessaire pour le stockage temporaire des données et des modèles de machine learning.
- **Stockage** : Une carte microSD avec une capacité de stockage d'**au moins 16 Go** pour pouvoir héberger les données d'entraînements.
- **Connectivité** : Une connexion **Wifi** via des **antennes Wifi** est nécessaire pour pouvoir communiquer avec les autres dispositifs et l'accès à des ressources en ligne telles que des bases de données et des services de cloud computing.
- **Interface** : Le Raspberry Pi doit disposer de diverses interfaces pour se connecter aux capteurs, aux actionneurs et à d'autres périphériques du système. Cela peut inclure des ports **GPIO**, des ports **USB**, des ports de **caméra** et des ports **audio** pour prendre en charge les différentes fonctionnalités du système.
- **Alimentation** : Le Raspberry Pi sera équipé d'une **batterie rechargeable**.
- **Refroidissement** : Des **dissipateurs de chaleur** ou **ventilateurs** peuvent être ajoutés pour éviter la surchauffe et assurer des performances optimales du système.

Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

Partie Machine Learning

5. Spécification de l'architecture

Le système de machine learning embarqué dans le robot doit répondre aux besoins spécifiques de compréhension des commandes vocales émises par le personnel médical et les patients, ainsi que de permettre au robot de se déplacer en conséquence. Voici les spécifications détaillées pour l'architecture :

Fonctionnalités Requises :

- **Compréhension des Commandes Vocales :**

Le système doit être capable de traiter les commandes vocales émises par le personnel médical et les patients, et de les interpréter de manière précise.

- **Requêtes des Patients :**

Le système doit être en mesure de recueillir et d'interpréter les requêtes spécifiques des patients concernant leurs besoins ou leurs préoccupations médicales.

- **Commandes de Déplacements :**

Le système doit pouvoir générer des commandes de déplacement pour permettre au robot de se déplacer dans l'environnement hospitalier.

Composants du système :

Le système comprendra quatre composants principaux pour traiter les entrées et les sorties :

1. **Trigger script : “Hey robot”**

- Fonction : Déclenche le système pour écouter les commandes vocales.
- Entrée : Activation vocale.
- Sortie : Activation du système de reconnaissance vocale.
- Architecture : Détection du mot-clé "Hey Robot" pour activer le système de reconnaissance vocale.

2. **Speech-to-Text (STT) pour Raspberry Pi :**

- Entrée : Les commandes vocales capturées par le microphone du robot.
- Sortie : Texte représentant les commandes vocales compréhensibles par le système.
- Architecture : Utilisation de services de reconnaissance vocale pour convertir l'audio en texte.

3. **Segmentation de la Parole :**

Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

- Entrée : Le flux audio contenant les commandes vocales ou les requêtes.
 - Sortie : Segments audio contenant les parties pertinentes du discours, distinguant les commandes vocales des requêtes.
 - Architecture : Utilisation d'algorithmes de segmentation de la parole, tels que la détection de mots clés, pour diviser le flux audio en segments contenant des informations pertinentes.
4. **Speech-to-Text (STT) pour les Requêtes des Patients :**
- Entrée : Les requêtes vocales spécifiques des patients.
 - Sortie : Texte représentant les requêtes des patients.
 - Architecture : Similaire au composant STT pour Raspberry Pi, mais avec une attention particulière à la précision dans la capture des requêtes des patients.
5. **Synthèse de Texte vers la Commande (STC) :**
- Entrée : Texte représentant les requêtes des patients.
 - Sortie : Commandes de déplacement pour le robot.
 - Architecture : Utilisation d'algorithmes de traitement du langage naturel pour analyser et interpréter les requêtes des patients, puis génération des commandes correspondantes pour les déplacements du robot.

Système d'Exploitation :

- **Système d'Exploitation Raspberry OS** : Utilisation du système d'exploitation Raspberry OS pour gérer les opérations système et l'exécution des différents composants de la partie Machine Learning.
- **Réseau** : Le robot et l'ordinateur utilisent le même réseau WiFi pour permettre une communication fluide entre les deux appareils.

En respectant cette architecture, le système de Machine Learning du robot sera capable de comprendre les commandes vocales et les requêtes des patients, et de générer des commandes de déplacements appropriées pour faciliter son interaction avec le personnel médical et les patients dans l'environnement hospitalier.

Mini projet 2024 : “ Robot assistant dirigé par commandes vocales écoutant son environnement ”

Partie Data Engineering

Identification des données nécessaires pour l'entraînement :

Pour entraîner efficacement le système de reconnaissance vocale et de traitement du langage naturel, il est important de disposer d'un ensemble de données diversifié et représentatif.

Les données nécessaires comprennent :

- **Enregistrements Audio** : Des enregistrements audio contenant une variété de commandes vocales et de requêtes des patients, couvrant différents accents, tonalités et environnements sonores.
- **Transcriptions Textuelles** : Les transcriptions textuelles correspondant aux enregistrements audio, permettant d'associer chaque énoncé vocal à son texte correspondant.
- **Annotations** : Des annotations indiquant la catégorie des énoncés vocal (commande vocale ou requête), facilitant ainsi le processus d'entraînement et de validation du modèle.

Fichier Test :

Le fichier test sera utilisé pour évaluer les performances du modèle après l'entraînement. Il contiendra un ensemble de données distinct de celui utilisé pour l'entraînement, avec des enregistrements audio et leurs transcriptions textuelles correspondantes. Le volume d'information dans ce fichier sera suffisant pour évaluer de manière significative les performances du modèle, mais il ne devrait pas être trop volumineux pour permettre des évaluations rapides.

Fichier de Validation Test :

En plus du fichier test, un fichier de validation test sera préparé pour ajuster les hyperparamètres du modèle et évaluer sa performance pendant l'entraînement. Ce fichier contiendra un ensemble de données distinct de celui utilisé pour l'entraînement et le test, permettant ainsi une validation croisée robuste du modèle.