



PROJET DE MODULE: ROBOTIQUE ÉDUCATIVE



Reading Eye

Assistant de lecture intelligent pour malvoyants



École Normale Supérieure de Meknès



Réalisé par:

A. Bouba & M. Lkhalidi



Encadré par:

Pr. Ahmed Regragui

Plan de la présentation

2

- 1. Introduction et Problématique**
- 2. Architecture Matérielle**
- 3. Architecture Logicielle & Pipeline**
- 4. Démonstration et Workflow**
- 5. Analyse des Résultats & Défis**
- 6. Réalisations et Livrables**
- 7. Conclusion & Perspectives**

1

>_ CHAPITRE 1

Introduction et Problématique

» Reading Eye Project



L'enjeu de l'accessibilité

L'accès à l'information : un droit fondamental et éducatif

3

Le quotidien et l'école

- ▶ **Autonomie** : Lecture de documents administratifs, menus ou notices sans aide humaine.
- ▶ **Inclusion Scolaire** : Permettre aux élèves malvoyants de lire les supports de cours (polycopiés, manuels) en classe.
- ▶ **Équité des chances** : Réduire la barrière entre les apprenants grâce aux technologies d'assistance (ATC).



Analyse des solutions existantes

Pourquoi les solutions actuelles sont-elles limitées ?

4

Obstacles au Cloud/Mobile

- ▶  Dépendance à Internet (problématique en zone rurale ou école).
- ▶  Confidentialité des données de l'élève.
- ▶  Abonnements coûteux pour les familles.

Limites des aides classiques

- ▶  Matériel lourd et peu discret.
- ▶  Difficulté de gestion du multilingue (Arabe/Français/Anglais).
- ▶  Latence nuisant au rythme scolaire.

Notre Solution : "Reading Eye"

Un assistant intelligent pour l'éducation inclusive

5

- ✓ **Philosophie :** Une solution "Edge AI" au service de la pédagogie.

Les trois piliers du projet

-  **Edge Computing :** Traitement local sur Raspberry Pi 5 (Vitesse et Vie privée).
-  **Support Éducatif :** Conçu pour la lecture multilingue (Arabe inclus) des supports pédagogiques.
-  **Solution Low-Cost :** Un dispositif accessible aux établissements d'enseignement publics.

-  **Objectif :** Garantir l'autonomie de l'apprenant, à l'école comme à la maison.

2

>_ CHAPITRE 2

Architecture Matérielle

» Reading Eye Project



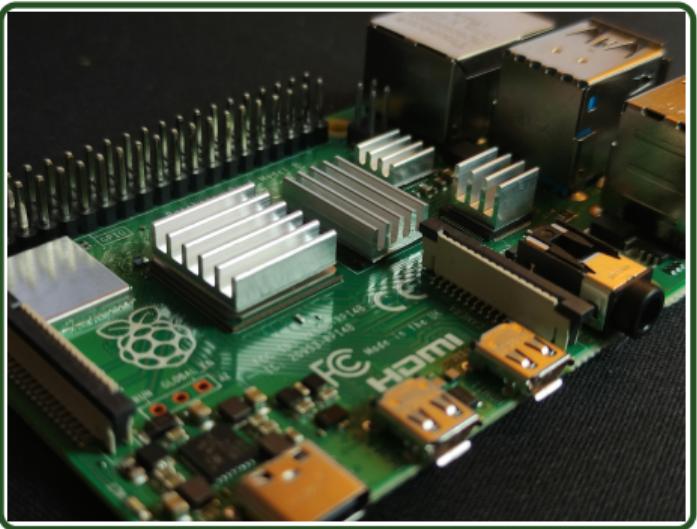
Unité Centrale : Raspberry Pi 5

La puissance au service de l'autonomie technique

6

Le choix de la performance

- ▶ **Processeur Quad-core A76** : 2 à 3 fois plus rapide que le Pi 4, essentiel pour l'OCR sans GPU.
- ▶ **Traitement Local** : Permet de faire tourner Tesseract et le prétraitement d'image en quelques secondes.
- ▶ **Efficacité** : Gestion optimisée de la bande passante caméra via le port MIPI double ligne.



Raspberry Pi 5 (8GB)

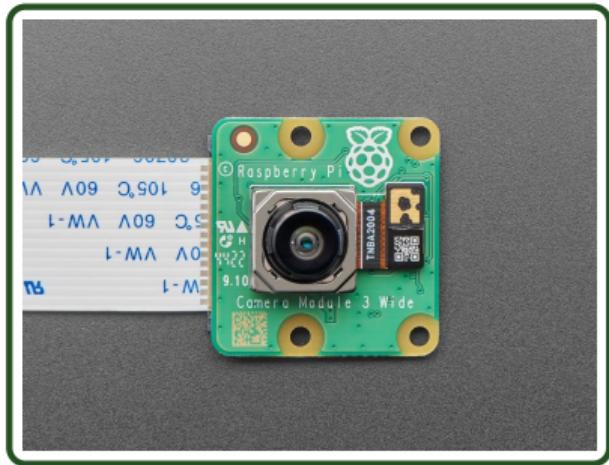
Chaîne d'acquisition Visuelle

Caméra Pi Module 3 : La précision optique

7

Spécifications Techniques

- ▶ **Capteur 12MP** : Haute résolution pour capturer les petits caractères.
- ▶ **Autofocus motorisé** : Indispensable pour la lecture de livres à différentes distances.
- ▶ **Intégration** : Contrôle natif via la bibliothèque Picamera2.



🔍 Focus automatique sur le texte

Interface et Autonomie

Conception pour une utilisation nomade

8

Sortie Audio (Feedback)

-  **Casque/Haut-parleur :** Via adaptateur USB Audio ou prise Jack.
-  **Synthèse Vocale :** Volume réglable logiciellement pour s'adapter à l'environnement.

Alimentation Portable

-  **Power Bank :** 5V / 5A pour supporter les pics de consommation du Pi 5 durant l'OCR.
-  **Liberté :** Système totalement déconnecté du secteur pour un usage scolaire ou extérieur.

Composant

Rôle Stratégique

Raspberry Pi 5 Cerveau du système (IA embarquée)

Caméra Pi M3 Œil du dispositif (Capture HD)

Batterie Énergie pour la mobilité

Conception 3D et fabrication

Boîtier ergonomique et fonctionnel

9

Design du boîtier

- ▶ Modélisé en CAO (FreeCAD/MeshLab)
- ▶ Accès caméra optimal
- ▶ Ventilation passive intégrée
- ▶ Ports accessibles (USB, HDMI, audio)
- ▶ Prise en main ergonomique

Impression 3D

- ▶ **Matériau:** PLA (biodégradable)
- ▶ **Temps d'impression:** +20 heures
- ▶ **Résolution:** 0.2mm (qualité fine)
- ▶ **Finitions:** Ponçage léger
- ▶ **Couleur:** Bleu (contraste)
- ▶ **Solidité:** Structure renforcée



Portabilité: Poids total < 600g

Intégration matérielle

Assemblage et optimisation

10

Boîtier 3D



Pi 5



Caméra



Audio



Alim.



Points d'intégration

- ✓ Caméra sur support réglable
- ✓ Fixation avec amortisseurs
- ✓ Gestion optimale des câbles
- ✓ Ventilation ($< 45^{\circ}\text{C}$)
- ✓ Accès ports USB/SD
- ✓ Stabilité structurelle

3

>_ CHAPITRE 3

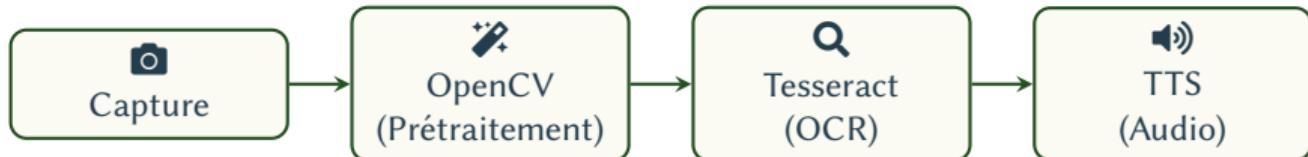
Architecture Logicielle & Pipeline

» Reading Eye Project

Pipeline de Traitement

De la capture brute à la restitution sonore

11



Traitement d'image avec OpenCV

- ▶ **Niveaux de gris** : Simplification de l'image pour l'algorithme.
- ▶ **Binarisation (Seuillage)** : Conversion en Noir & Blanc pur pour isoler le texte.
- ▶ **Réduction de bruit** : Suppression des imperfections pour maximiser le taux de reconnaissance.

Intelligence Embarquée

Reconnaissance et Synthèse Vocale

12

Moteur OCR : Tesseract

- ▶ **Open Source** : Solution robuste sans frais de licence.
- ▶ **Multilingue** : Support complet de l'**Arabe**, du Français et de l'Anglais.
- ▶ **Performance** : Optimisé pour le processeur ARM du Pi 5.

Synthèse Vocale (TTS)

- ▶ **pyttsx3** : Mode **Hors-ligne** pour une autonomie totale et une latence nulle.
- ▶ **gTTS** : Mode **Cloud** pour une qualité de voix naturelle (si connexion disponible).

Automatisation et Déploiement

Rendre le système "Plug & Play" via Shell Scripts

13

Gestion des scripts (. sh)

- ▶ `system_setup.sh` : Automatise l'installation de Tesseract et des dépendances système.
- ▶ `setup.sh` : Configure l'environnement virtuel Python (venv).
- ▶ `run.sh` : Lance l'application en une seule commande, simplifiant l'usage pour l'utilisateur.

Approche Modulaire

L'utilisation de scripts Shell garantit que le projet peut être réinstallé sur n'importe quel Raspberry Pi en quelques minutes.

4

>_ CHAPITRE 4

Démonstration et Workflow

» Reading Eye Project

Scénario d'utilisation

Un cycle simple pour une accessibilité maximale

14

Étapes clés

- Positionnement** : Placer le document devant la caméra.
- Capture** : Déclenchement (via commande ou script).
- Attente** : Signal sonore de traitement.
- Restitution** : Lecture à haute voix.

Modes de fonctionnement

-  **Single Mode** : Une capture unique à la demande.
-  **Loop Mode** : Capture continue pour une lecture fluide de plusieurs pages.

Traitement des données

Exemple de log console et sortie texte

15

Journal de bord (Logs)

[INFO] Capture de l'image...
FO

Prétraitement OpenCV terminé.
FO

OCR en cours (lang: fra+ara)...
SUCCESS

Texte extrait :

"Bienvenue dans le Master SIE"

Analyse OCR

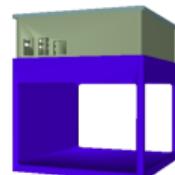
- ▶ **Taux de confiance** : Analyse de la clarté du texte.
- ▶ **Filtrage** : Suppression des caractères spéciaux inutiles.

➤ *Le système gère les erreurs si aucun texte n'est détecté.*

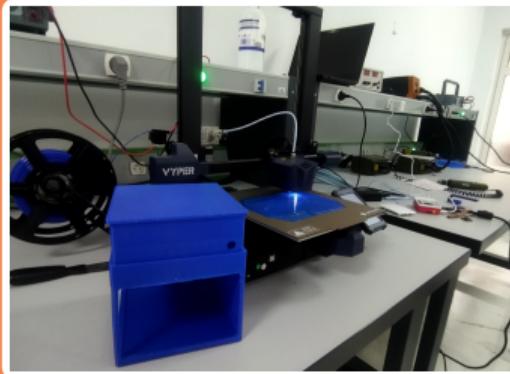
Démonstration du Prototype

De la modélisation 3D à l'objet physique

16



Modélisation Meshlab



Impression 3D finale

Spécificités du design (V1.0)

- ▶ **Ergonomie** : Support rigide maintenant la caméra à distance focale fixe.
- ▶ **Intégration** : Boîtier compact accueillant le Pi 5 et la connectique audio.
- ▶ **Accessibilité** : Format "Handheld" conçu pour une manipulation simplifiée.

5

> CHAPITRE 5

Analyse des Résultats & Défis

» Reading Eye Project

Analyse des Performances

Évaluation de la réactivité du Raspberry Pi 5

17

Benchmarks Techniques

- ▶ **Temps de Capture** : $\approx 0.8\text{s}$ (Haute résolution).
- ▶ **Prétraitement** : $\approx 0.5\text{s}$ (OpenCV).
- ▶ **OCR Tesseract** : 2 à 4s (selon la densité du texte).
- ▶ **Latence Totale** : ; 5 secondes pour une page standard.

Le gain du Pi 5

L'architecture du Pi 5 permet de diviser par 2 le temps de traitement par rapport au Pi 4, garantissant une expérience utilisateur fluide.

Qualité de Reconnaissance (OCR)

Précision et limites du système

18

- ➊ **Taux de réussite :** Environ 95% sur les polices standards (Arial, Times).

Facteurs de réussite

- ▶ **Éclairage :** Nécessite une lumière uniforme (évite les ombres portées).
- ▶ **Contraste :** Texte noir sur fond blanc optimal.
- ▶ **Stabilité :** L'autofocus du Module 3 compense les légers tremblements.

Limites rencontrées

- ▶ **Écritures cursives :** Difficultés sur les manuscrits très liés.
- ▶ **Distorsion :** Texte sur surfaces courbes (ex: étiquettes de bouteilles).

Défis et Solutions

Obstacles techniques et contraintes de réalisation

19

Défis Techniques

-  **Configuration ARM** : Installation complexe de Tesseract et de la langue Arabe sur l'architecture du Pi 5.
-  **Multilinguisme** : Optimisation de la précision pour la détection simultanée (fra+ara).

Contraintes Logistiques

-  **Accès Matériel** : Disponibilité limitée des composants critiques (Caméra Pi 3, Pi 5).
-  **Temps au FabLab** : Crêneaux d'accès restreints à l'ENS, imposant une planification rigoureuse.

Stratégie de réussite

Face à ces limites, nous avons privilégié le **développement modulaire** et l'utilisation de **scripts Shell** pour automatiser les tests dès que l'accès au matériel était possible.

6

>_ CHAPITRE 6

Réalisations et Livrables

» Reading Eye Project

Livrables du projet

7 réalisations complètes

20

#	Livrable	Statut	Complétude
1	Design 3D + Impression	✓	100%
2	Intégration matérielle	✓	100%
3	Code Python	✓	100%
4	Tests et validation	✓	100%
5	Déploiement SSH	✓	100%
6	Repository GitHub et Documentation	✓	100%
7	Présentation	✓	100%



Total: 7/7 réalisations complètes

Compétences acquises

Apprentissage transversal

21

Matériel

- ▶ CAO 3D (FreeCAD)
- ▶ Impression 3D (slicing)
- ▶ Électronique embarquée
- ▶ Intégration caméra Pi
- ▶ Gestion thermique

Logiciel

- ▶ Python avancé
- ▶ Architecture modulaire
- ▶ Intégration systèmes
- ▶ Déploiement SSH/SCP
- ▶ Gestion de versions

Domaines

- ▶ OCR (Tesseract avancé)
- ▶ TTS (synthèse vocale)
- ▶ Robotique éducative
- ▶ Accessibilité numérique
- ▶ Gestion de projet



Approche holistique: Conception, développement, déploiement et documentation

7

>_ CHAPITRE 7

Conclusion & Perspectives

» Reading Eye Project

Conclusion

Bilan des objectifs atteints

22

Un système opérationnel

- ▶ **Performance** : Pari réussi avec le Raspberry Pi 5 (< 5s).
- ▶ **Autonomie** : Solution 100% locale (Edge AI) protégeant la vie privée.
- ▶ **Inclusion** : Un outil concret pour l'éducation inclusive et l'autonomie des malvoyants.



Synthèse

Le **Reading Eye** prouve que l'on peut transformer une technologie complexe en un assistant simple, portable et accessible.

Perspectives d'avenir

Évolutions basées sur le retour utilisateur (Feedback)

23

Optimisation du Hardware

-  **Itération Design** : Améliorer le boîtier actuel pour une meilleure prise en main.
-  **Bouton Physique** : Remplacer le clavier par un bouton tactile/mécanique pour un déclenchement intuitif.
-  **Compacité** : Intégrer une batterie LiPo interne pour supprimer les câbles externes.

Évolutions Logicielles

-  **Guidage Vocal** : Utiliser un capteur de distance pour dire : *"Rapprochez le document"*.
-  **Traduction** : Traduire instantanément le texte lu pour les élèves allophones.
-  **Vision Intelligente** : Identifier des objets ou des visages en plus du texte.



Objectif 2.0 : Passer d'un prototype fonctionnel à un produit fini totalement ergonomique.

23/25

Applicabilité et impact

Valeur sociale et éducative

24

Impact social

- ▶ ✓ Accessibilité réelle pour malvoyants
- ▶ ✓ Solution peu coûteuse
- ▶ ✓ Portable et pratique
- ▶ ✓ Multilingue (inclusif)
- ▶ ✓ Open source (réutilisable)
- ▶ ✓ Autonomie quotidienne

Utilisations possibles

- ▶ Lecture assistée (documents, articles..)
- ▶ Assistance à la mobilité
- ▶ Éducation inclusive
- ▶ Bibliothèques accessibles
- ▶ Prototypage startups
- ▶ Recherche en accessibilité



Vision: Contribuer à un monde plus accessible grâce à la technologie open source



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Avez-vous des questions ?



Retrouvez le code source et la documentation sur :

github.com/BoubaAhmed/reading-eye-raspberry-pi

Ressources et références

Bibliographie et documentation technique

1

-  Raspberry Pi Foundation, “Picamera2 Documentation”, 2024
-  Google, “Tesseract OCR Engine”, GitHub Repository
-  Nateshmbhat, “pyttsx3: Offline Text-to-Speech”, PyPI Documentation
-  Raspberry Pi Foundation, “Raspberry Pi OS Guide”, 2024
-  W3C, “Web Accessibility Guidelines (WCAG)”, 2024
-  OpenCV Team, “OpenCV Documentation”, 2024
-  Python Software Foundation, “Python 3.13 Documentation”, 2024
-  Till Tantau, “Beamer User Guide”, 2024