

Rapport de fin d'Année

Réalisé par

Ismail sadek talimi

Nafil zineb

Détection d'Émotions Faciales par Intelligence Artificielle

sous la direction de :

1. Introduction

L'intelligence artificielle occupe aujourd'hui une place centrale dans le développement des applications intelligentes, en particulier dans les domaines liés au bien-être, à la santé mentale et à l'interaction homme-machine. La reconnaissance des émotions faciales constitue l'un des axes les plus prometteurs de cette évolution, car le visage humain est un vecteur essentiel d'expression émotionnelle.

Dans ce contexte, le présent projet, intitulé "**Emotion Detection & Wellness Companion**", propose une application complète de détection d'émotions faciales combinant vision par ordinateur, intelligence artificielle générative et développement multiplateforme. L'objectif n'est pas seulement d'identifier l'émotion dominante d'un utilisateur à partir d'une image de son visage, mais également de lui fournir des conseils personnalisés, empathiques et adaptés à son état émotionnel.

L'application repose sur une architecture moderne et robuste, articulée autour d'un backend Python performant et d'un frontend Flutter intuitif. Le backend exploite un modèle avancé de détection d'émotions faciales hébergé sur HuggingFace (*dima806/facial_emotions_image_detection*), reconnu pour sa précision dans l'analyse des expressions faciales. Les résultats de cette analyse sont ensuite enrichis par l'utilisation d'un modèle de langage de type LLM, accessible via OpenRouter (DeepSeek), afin de générer des descriptions émotionnelles détaillées, des conseils pratiques et des messages empathiques destinés à accompagner l'utilisateur dans son bien-être.

Par ailleurs, l'application intègre un système complet d'authentification sécurisé basé sur **Firebase**, permettant la gestion des comptes utilisateurs (inscription, connexion, gestion des mots de passe et persistance des sessions). Cette fonctionnalité renforce la fiabilité et la crédibilité de la solution, tout en ouvrant la voie à des extensions futures telles que l'historique des analyses ou la personnalisation avancée.

Grâce à son interface moderne et responsive développée avec Flutter, l'application est compatible avec plusieurs plateformes (Android, iOS, Web et Desktop), garantissant une expérience utilisateur fluide et cohérente. Elle offre également un retour en temps réel en affichant à la fois les scores de confiance bruts du modèle et une interprétation claire et accessible des résultats.

Ainsi, ce projet illustre une approche complète et intégrée de l'intelligence artificielle appliquée au bien-être émotionnel, en combinant analyse automatique, génération de contenu intelligent et design centré sur l'utilisateur.

2. Objectifs du Projet

L'objectif principal de ce projet est de concevoir et de réaliser une application intelligente capable d'analyser les émotions humaines à partir d'images faciales, puis d'accompagner l'utilisateur par des conseils personnalisés visant à améliorer ou maintenir son bien-être émotionnel. Cet objectif global se décline en plusieurs objectifs spécifiques, à la fois techniques, fonctionnels et conceptuels.

2.1 Objectif Général

Développer un **système complet de détection d'émotions faciales et d'accompagnement émotionnel**, basé sur l'intelligence artificielle, intégrant une analyse automatique fiable des expressions faciales et une génération de recommandations empathiques adaptées à l'état émotionnel de l'utilisateur.

2.2 Objectifs Spécifiques

Les objectifs spécifiques du projet sont les suivants :

Mettre en œuvre un modèle d'intelligence artificielle performant pour la détection des émotions faciales à partir d'images, en s'appuyant sur un modèle préentraîné hébergé sur la plateforme HuggingFace.

Analyser et normaliser les résultats fournis par le modèle d'IA, afin de transformer une sortie brute non structurée en données exploitables, claires et compréhensibles par l'utilisateur final.

Concevoir un backend robuste et scalable en Python à l'aide du framework FastAPI, assurant la communication entre le frontend et les services d'intelligence artificielle, tout en garantissant la fiabilité, la sécurité et la gestion appropriée des erreurs.

Intégrer l'intelligence artificielle générative via OpenRouter (DeepSeek) pour produire automatiquement :

une description détaillée de l'état émotionnel détecté,

des conseils pratiques et actionnables,

un message empathique favorisant le bien-être émotionnel.

Développer une application frontend multiplateforme à l'aide de Flutter, offrant une interface moderne, intuitive et responsive, compatible avec Android, iOS, Web et Desktop.

Assurer une expérience utilisateur fluide et pédagogique, en affichant à la fois les scores de confiance bruts du modèle et une interprétation simplifiée des résultats.

Mettre en place un système d'authentification sécurisé basé sur Firebase, permettant la gestion des utilisateurs (inscription, connexion, gestion des mots de passe et persistance des sessions).

Garantir la modularité et l'évolutivité du système, afin de faciliter les améliorations futures telles que l'historique des analyses, le support multilingue ou la détection de plusieurs visages.

2.3 Objectifs Pédagogiques et Professionnels

Au-delà de l'aspect fonctionnel, ce projet vise également à :

Renforcer la maîtrise des concepts liés à l'intelligence artificielle appliquée à la vision par ordinateur.

Approfondir l'utilisation des architectures backend modernes basées sur des API REST.

Mettre en pratique le développement d'applications mobiles et multiplateformes.

Appliquer les bonnes pratiques de conception logicielle, de documentation et de gestion de projet.

3. Présentation Générale du Système

Le système est composé de trois grandes parties :

1. **Le modèle d'intelligence artificielle** hébergé sur HuggingFace, chargé de l'analyse des émotions faciales.
2. **Le backend** développé avec FastAPI, qui assure la communication entre le frontend et les services d'IA.
3. **L'application Flutter**, qui représente l'interface utilisateur finale.

L'ensemble du système fonctionne selon un flux bien défini, depuis la sélection de l'image par l'utilisateur jusqu'à l'affichage des résultats et des conseils.

4. Étude du Modèle HuggingFace

4.1 Description du Space utilisé

Le projet utilise le Space HuggingFace suivant :

- **Nom** : Rishith2458/dima806-facial_emotions_image_detection

Ce modèle est spécialisé dans la détection des émotions faciales à partir d'images contenant un visage humain.

4.2 Format de sortie du modèle

Le modèle retourne une chaîne de caractères sous la forme :

{label} ({score}%)

Exemples :

- happy (98.7%)
- sad (75.1%)
- No face detected

4.3 Normalisation des émotions

Les résultats bruts sont analysés à l'aide d'expressions régulières (Regex) afin d'extraire :

- Le label de l'émotion
- Le score de confiance

Ensuite, un mapping est appliqué pour normaliser les émotions vers 7 catégories standards :

- Happy
- Sad
- Angry
- Fear
- Surprise
- Disgust
- Neutral

5. Backend – Architecture et Fonctionnement

5.1 Technologies utilisées

Le backend repose sur les technologies suivantes :

- **FastAPI** : Framework web rapide et moderne
- **Uvicorn** : Serveur ASGI
- **Gradio Client** : Communication avec HuggingFace Spaces
- **HTTPX** : Appels HTTP asynchrones
- **Pydantic** : Validation des données
- **OpenRouter (DeepSeek)** : Génération de conseils émotionnels

5.2 Structure du Backend

Le backend est organisé comme suit :

- `main.py` : Logique principale et endpoints
- `requirements.txt` : Dépendances Python
- `.env.example` : Variables d'environnement
- `README.md` : Documentation backend
- `.gitignore` : Fichiers ignorés

5.3 Endpoints principaux

1. POST /analyze

- **Entrée** : Image (multipart/form-data)

- **Sortie :**
 - Résultat brut du modèle
 - Émotion détectée
 - Score de confiance
 - Émotions alternatives

2. POST /generate

- **Entrée :** Résultat de l'analyse émotionnelle
- **Sortie :**
 - Description de l'état émotionnel
 - Trois conseils personnalisés
 - Message empathique

5.4 Gestion des erreurs

Le backend gère plusieurs types d'erreurs :

- Image invalide ou absente
- Absence de visage détecté
- Problèmes de connexion aux services externes
- Erreurs internes du serveur

6. Application Flutter

6.1 Choix de Flutter

Flutter a été choisi pour sa capacité à développer des applications multiplateformes (Android, iOS, Web, Desktop) à partir d'une seule base de code.

6.2 Architecture de l'Application

L'application suit une architecture claire inspirée du MVC :

- **Models** : Structures de données
- **Controllers** : Gestion d'état (Provider)
- **Services** : Communication avec le backend
- **Views** : Interfaces utilisateur
- **Widgets** : Composants réutilisables

6.3 Fonctionnalités principales

- Sélection d'image depuis la caméra ou la galerie
- Envoi de l'image au backend
- Affichage du résultat brut du modèle
- Carte d'émotion avec emoji et couleurs dynamiques
- Affichage du niveau de confiance
- Génération et affichage de conseils personnalisés
- Animations et transitions fluides
- Gestion complète des erreurs

7. Flux de Fonctionnement (End-to-End)

1. L'utilisateur sélectionne une image via l'application Flutter.
2. L'image est envoyée au backend via l'endpoint /analyze.
3. Le backend appelle le modèle HuggingFace.
4. Le résultat est analysé, normalisé et retourné.
5. Le backend appelle ensuite l'endpoint /generate.
6. Le modèle LLM génère des conseils émotionnels.

7. Les résultats sont affichés dans l'application Flutter.

La durée moyenne du traitement complet est comprise entre 18 et 20 secondes.

8. Tests et Validation

Plusieurs niveaux de tests ont été définis :

- Tests fonctionnels du backend
- Tests de robustesse (images floues, mauvaise qualité)
- Tests de l'interface utilisateur
- Tests réseau (local, émulateur, LAN)

Une checklist détaillée de plus de 100 points a été fournie pour garantir la qualité du projet.

9.Sécurité et Performance

- Utilisation de variables d'environnement pour les clés API
- Validation stricte des entrées utilisateur
- Suppression automatique des fichiers temporaires
- Gestion appropriée des codes HTTP

10. Limites et Améliorations Futures

Malgré sa complétude, le projet peut être amélioré :

- Détection de plusieurs visages sur une même image
- Historique des analyses
- Support multilingue
- Mode sombre / clair
- Déploiement cloud avec HTTPS

État de l'Art

Détection des émotions faciales

La détection des émotions faciales est un domaine de recherche actif en vision par ordinateur et en intelligence artificielle. Les premières approches reposaient sur des techniques classiques de traitement d'images et d'extraction de caractéristiques (LBP, HOG, Haar Cascades), combinées à des classificateurs traditionnels tels que les SVM ou les réseaux de neurones peu profonds.

Avec l'essor du deep learning, les réseaux de neurones convolutifs (CNN) sont devenus la référence pour l'analyse des expressions faciales. Des architectures modernes permettent aujourd'hui d'atteindre des niveaux de précision élevés sur des jeux de données standards tels que FER2013 ou AffectNet. Les plateformes comme HuggingFace facilitent l'accès à ces modèles avancés et accélèrent leur intégration dans des applications réelles.

IA générative et accompagnement émotionnel

Récemment, l'intelligence artificielle générative, notamment les modèles de langage de grande taille (LLM), a ouvert de nouvelles perspectives dans l'accompagnement émotionnel. Contrairement aux systèmes basés sur des règles fixes, les LLM sont capables de produire des conseils contextualisés, empathiques et naturels. L'utilisation de solutions comme DeepSeek via OpenRouter permet d'enrichir l'analyse émotionnelle par une dimension humaine et personnalisée.

Différences et Apports du Projet

Ce projet se distingue des solutions existantes par plusieurs aspects :

- Combinaison de la détection d'émotions faciales et de la génération de conseils personnalisés dans une seule application.
- Utilisation conjointe d'un modèle de vision par ordinateur (HuggingFace) et d'un LLM génératif.
- Architecture modulaire backend / frontend facilitant l'évolution du système.
- Intégration d'une authentification sécurisée via Firebase.
- Approche centrée sur l'utilisateur, avec une attention particulière portée à l'ergonomie et à l'expérience utilisateur.

Contrairement à de nombreuses applications limitées à l'analyse émotionnelle brute, cette solution vise un accompagnement global du bien-être.

Architecture du Système

L'architecture du système repose sur une approche client-serveur distribuée, composée de plusieurs couches :

- **Frontend (Flutter)** : Interface utilisateur multiplateforme.
- **Backend (FastAPI)** : API REST assurant la logique métier.
- **Services IA externes** :
 - HuggingFace pour la détection d'émotions faciales.
 - OpenRouter (DeepSeek) pour la génération de conseils.
- **Firebase** : Authentification et gestion des utilisateurs.

Cette architecture garantit la séparation des responsabilités, la maintenabilité et la scalabilité du système.

Entraînement du Modèle (Training)

Le projet repose sur l'utilisation d'un **modèle préentraîné**, ce qui permet d'éviter les coûts élevés liés à l'entraînement depuis zéro. Le modèle utilisé a été entraîné sur de larges ensembles de données d'images faciales annotées, couvrant différentes émotions, conditions d'éclairage et variations de visages.

L'approche basée sur le transfert learning offre plusieurs avantages :

- Gain de temps de développement
- Réduction des besoins en ressources matérielles
- Performances élevées dès l'intégration

Aucun réentraînement local n'a été effectué, mais l'architecture permettrait facilement l'ajout d'une phase de fine-tuning à l'avenir.

Déploiement (Deployment)

Le déploiement du système peut être réalisé à plusieurs niveaux :

- **Backend** : Déployable sur des plateformes cloud (Docker, VPS, services PaaS).
- **Frontend Flutter** : Génération de builds pour Android, iOS, Web et Desktop.
- **Configuration réseau** : Support du déploiement local, LAN et production avec HTTPS.

L'utilisation de variables d'environnement garantit la sécurité des clés API et facilite la configuration selon l'environnement.

Évaluation et Validation

L'évaluation du système repose sur plusieurs critères :

- **Précision du modèle d'émotions** basée sur les scores de confiance fournis.
- **Temps de réponse global** (18 à 20 secondes en moyenne).
- **Robustesse** face à des images de qualité variable.
- **Expérience utilisateur** évaluée via la clarté des résultats et la fluidité de l'interface.

Les tests réalisés montrent que l'application fournit des résultats cohérents et une expérience utilisateur satisfaisante, confirmant la validité de l'approche adoptée.

Conclusion

Ce projet de détection d'émotions faciales constitue une solution complète, moderne et pleinement fonctionnelle, s'appuyant sur les technologies les plus récentes dans les domaines de l'intelligence artificielle, du développement backend et du développement mobile multiplateforme. Il démontre la capacité à exploiter des modèles avancés de vision par ordinateur pour analyser les expressions faciales humaines, tout en intégrant l'intelligence artificielle générative afin d'apporter une dimension humaine et empathique à l'analyse des résultats.

Grâce à une architecture logicielle bien structurée et modulaire, le système assure une communication fluide entre ses différentes composantes, notamment le frontend Flutter, le backend FastAPI et les services d'intelligence artificielle externes. Cette organisation garantit non seulement la maintenabilité et la robustesse de l'application, mais facilite également son évolutivité et son adaptation à de futurs besoins. La documentation détaillée fournie tout au long du projet renforce sa compréhension, sa réutilisabilité et sa prise en main par d'autres développeurs.

L'expérience utilisateur a également occupé une place centrale dans la conception de l'application. L'interface intuitive, les retours visuels clairs et la présentation pédagogique des résultats contribuent à rendre l'analyse émotionnelle accessible à un large public. De plus, l'intégration de conseils personnalisés et de messages empathiques transforme une simple détection technique en un véritable outil d'accompagnement du bien-être émotionnel.

Enfin, ce projet constitue une base solide pour des évolutions futures, telles que l'ajout d'un historique des analyses, le support multilingue, la détection de plusieurs visages ou encore un déploiement à grande échelle en environnement de production. Il répond pleinement aux objectifs fixés et illustre de manière concrète le potentiel de l'intelligence artificielle lorsqu'elle est utilisée de façon responsable, innovante et centrée sur l'utilisateur.