

# AI Learning Assistant

Système Intelligent de Suivi des Étudiants  
Rapport Technique Complet

**Équipe de Développement**

Projet d'Intelligence Artificielle Éducative

4 juillet 2025

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>4</b>
1.1	Contexte et Objectifs . . . . .	4
1.2	Technologies Utilisées . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Architecture du Système</b>	<b>4</b>
2.1	Vue d'Ensemble de l'Architecture . . . . .	4
2.2	Flux de Traitement des Données . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Fonctionnalités Principales</b>	<b>6</b>
3.1	Suivi des Étudiants et Analyse Émotionnelle . . . . .	6
3.1.1	Détection et Reconnaissance Faciale . . . . .	6
3.1.2	Analyse Émotionnelle . . . . .	6
3.2	Détection d'Objets et Gestion des Distractions . . . . .	7
3.2.1	Détection Basée sur YOLO . . . . .	7
3.2.2	Système de Scoring . . . . .	7
3.3	Interface Utilisateur et Tableaux de Bord . . . . .	7
3.3.1	Interface Principale . . . . .	7
3.3.2	Statistiques et Métriques . . . . .	8
3.4	Traduction de Langue des Signes (En Développement) . . . . .	8
3.4.1	État Actuel . . . . .	8
3.4.2	Défis Techniques . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Architecture Backend</b>	<b>8</b>
4.1	Responsabilités du Backend . . . . .	8
4.1.1	Traitement de l'Intelligence Artificielle . . . . .	8
4.1.2	Gestion des Données . . . . .	9
4.2	Modules Backend . . . . .	9
4.2.1	Module de Détection Émotionnelle . . . . .	9
4.2.2	Module de Détection de Dispositifs . . . . .	9
4.3	API RESTful . . . . .	9
4.4	Communication WebSocket . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Architecture Frontend</b>	<b>10</b>
5.1	Responsabilités du Frontend . . . . .	10
5.1.1	Interface Utilisateur . . . . .	10
5.1.2	Gestion des États . . . . .	10
5.2	Composants Principaux . . . . .	10
5.2.1	Composant de Suivi . . . . .	10
5.2.2	Gestion des WebSockets . . . . .	10
5.3	Design System et UI/UX . . . . .	10
5.3.1	Palette de Couleurs . . . . .	10
5.3.2	Composants Réutilisables . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Flux de Données et Communication</b>	<b>11</b>
6.1	Architecture de Communication . . . . .	11
6.2	Protocoles de Communication . . . . .	11
6.2.1	WebSocket (Temps Réel) . . . . .	11

6.2.2	API REST (Actions) . . . . .	11
<b>7</b>	<b>Performances et Optimisations</b>	<b>12</b>
7.1	Optimisations Backend . . . . .	12
7.1.1	Traitement Vidéo . . . . .	12
7.1.2	Gestion Mémoire . . . . .	12
7.2	Optimisations Frontend . . . . .	12
7.2.1	Réactivité . . . . .	12
<b>8</b>	<b>Conclusion</b>	<b>12</b>
8.1	Bilan du Projet . . . . .	12
8.2	Fonctionnalités Principales . . . . .	12
8.3	Développements Futurs . . . . .	12
8.4	Impact Attendu . . . . .	13

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte et Objectifs

L'AI Learning Assistant est un système innovant conçu pour révolutionner l'expérience éducative en intégrant des technologies d'intelligence artificielle avancées. Ce système offre une solution complète pour le suivi en temps réel des étudiants, l'analyse comportementale, et la détection d'objets perturbateurs dans l'environnement d'apprentissage.

- Le système vise à :
- Améliorer la concentration et l'engagement des étudiants
  - Fournir des analyses détaillées aux enseignants
  - Détecter automatiquement les éléments de distraction
  - Offrir une interface intuitive pour la gestion des données
  - Intégrer des fonctionnalités de traduction de langue des signes (en développement)

## 1.2 Technologies Utilisées

Le système s'appuie sur un ensemble de technologies modernes et robustes :

Domaine	Technologie	Utilisation
Backend	Python 3.x	Logique métier et traitement IA
Framework Web	FastAPI	API REST et WebSocket
Frontend	Vue.js 3	Interface utilisateur réactive
Vision par Ordinateur	OpenCV	Traitement d'images et vidéos
Reconnaissance Faciale	Face Recognition	Détection et suivi des visages
Détection d'Objets	YOLOv8	Identification des dispositifs
Gestes	MediaPipe	Traitement des mains (langue des signes)
Base de Données	ChromaDB	Stockage vectoriel des visages
Apprentissage Automatique	TensorFlow/Keras	Modèles d'IA personnalisés

TABLE 1 – Technologies principales utilisées dans le système

# 2 Architecture du Système

## 2.1 Vue d'Ensemble de l'Architecture

Le système adopte une architecture web moderne séparant clairement l'interface utilisateur (frontend) du traitement des données (backend).

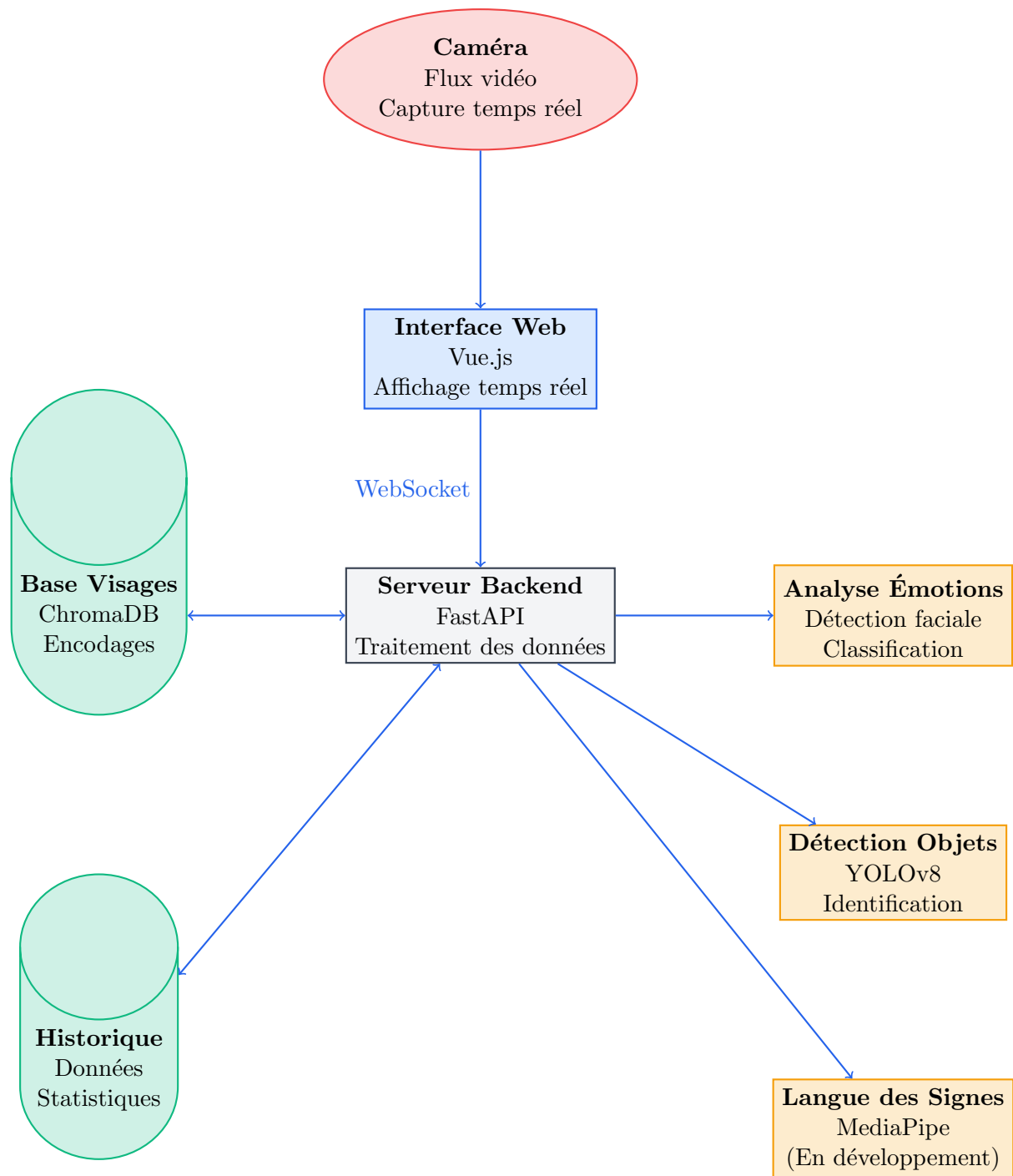


FIGURE 1 – Architecture générale du système AI Learning Assistant

## 2.2 Flux de Traitement des Données

Le système suit un processus séquentiel pour analyser et traiter les données vidéo :

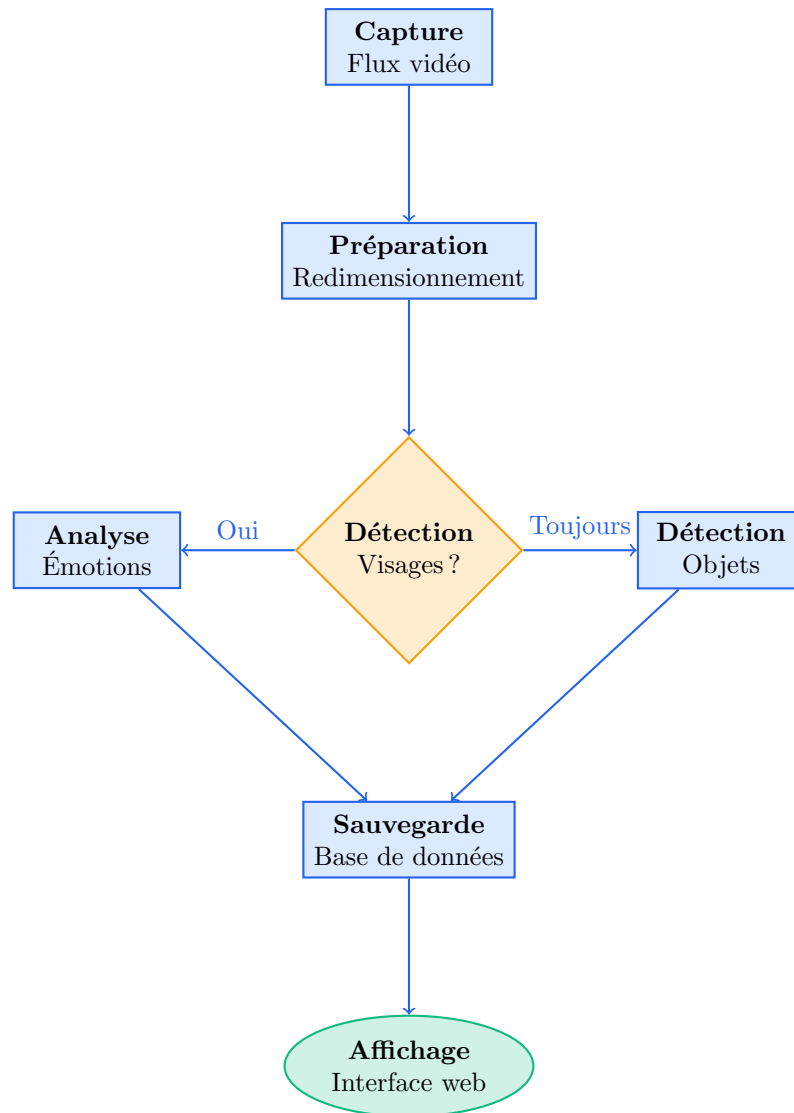


FIGURE 2 – Workflow de traitement des données en temps réel

## 3 Fonctionnalités Principales

### 3.1 Suivi des Étudiants et Analyse Émotionnelle

Le système offre un suivi sophistiqué des étudiants avec les fonctionnalités suivantes :

#### 3.1.1 Détection et Reconnaissance Faciale

- **Détection automatique** : Identification des visages dans le flux vidéo
- **Reconnaissance biométrique** : Suivi unique de chaque étudiant
- **Encodage vectoriel** : Stockage efficient des caractéristiques faciales
- **Persistance** : Reconnaissance des étudiants entre les sessions

#### 3.1.2 Analyse Émotionnelle

Le système analyse les émotions en temps réel :

Émotion	Indicateur	Impact sur la Concentration
Heureux		Concentration élevée (70-90%)
Neutre		Concentration moyenne (40-70%)
Concentré		Concentration maximale (80-100%)
Triste		Concentration faible (20-40%)
Surpris		Concentration variable (30-60%)

TABLE 2 – Correspondance entre émotions et niveaux de concentration

### 3.2 Détection d’Objets et Gestion des Distractions

#### 3.2.1 Détection Basée sur YOLO

Le système utilise YOLOv8 pour détecter les objets potentiellement perturbateurs :

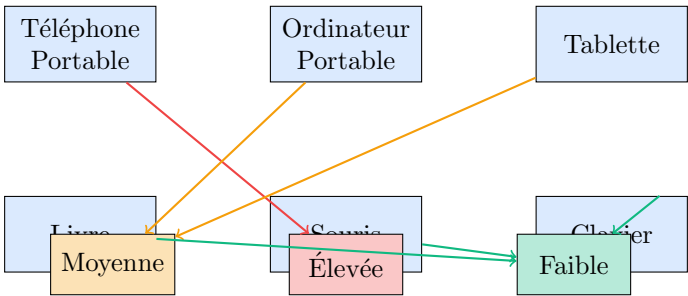


FIGURE 3 – Classification des dispositifs selon leur niveau de distraction

#### 3.2.2 Système de Scoring

- Le système calcule un score de distraction basé sur :
- Nombre d’objets détectés
  - Type d’objets (téléphone = score élevé, livre = score faible)
  - Durée de présence des objets
  - Fréquence d’apparition

### 3.3 Interface Utilisateur et Tableaux de Bord

#### 3.3.1 Interface Principale

L’interface propose deux onglets principaux :

1. **Suivi de Concentration** : Monitoring en temps réel des étudiants
2. **Traduction Langue des Signes** : Fonctionnalité en développement

### 3.3.2 Statistiques et Métriques

Le système fournit des métriques complètes :

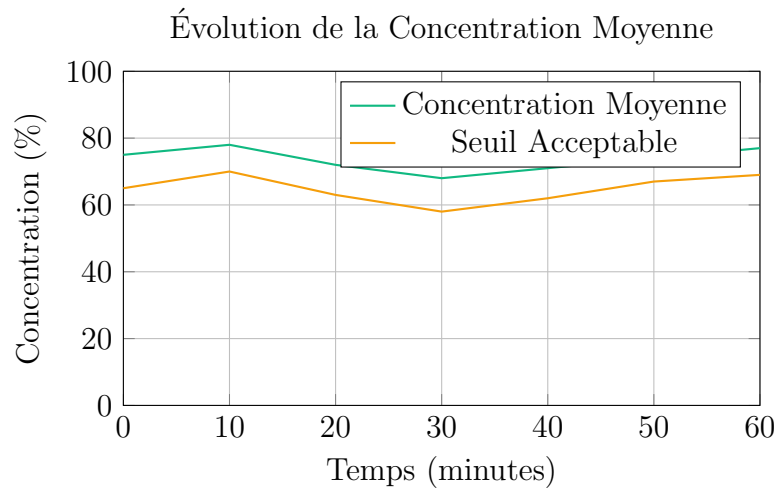


FIGURE 4 – Exemple d'évolution de la concentration sur une session

## 3.4 Traduction de Langue des Signes (En Développement)

### 3.4.1 État Actuel

La fonctionnalité de traduction de langue des signes est actuellement en phase de développement avec les composants suivants :

- **Détection des mains** : Utilisation de MediaPipe pour l'identification des landmarks
- **Extraction des caractéristiques** : Conversion des positions en vecteurs
- **Modèle de classification** : Réseau LSTM pour la reconnaissance des signes
- **Interface temps réel** : Affichage des traductions en direct

### 3.4.2 Défis Techniques

Les principaux défis incluent :

- Précision de la détection des gestes
- Gestion des variations individuelles
- Traitement en temps réel
- Création d'un dataset d'entraînement

## 4 Architecture Backend

### 4.1 Responsabilités du Backend

Le backend FastAPI gère les responsabilités critiques suivantes :

#### 4.1.1 Traitement de l'Intelligence Artificielle

- **Détection faciale** : Utilisation de la bibliothèque face\_recognition
- **Analyse émotionnelle** : Modèles de deep learning pour classifier les émotions
- **Détection d'objets** : Intégration YOLOv8 pour identifier les dispositifs



- **Traitement des signes** : MediaPipe pour l’analyse des gestes (en développement)

### 4.1.2 Gestion des Données

- **Base vectorielle** : ChromaDB pour stocker les encodages faciaux
- **Historique** : Sauvegarde des détections et statistiques
- **Persistance** : Gestion des sessions et données utilisateurs
- **Export** : Fonctionnalités d’export des données JSON

## 4.2 Modules Backend

### 4.2.1 Module de Détection Émotionnelle

Le module de détection émotionnelle analyse les expressions faciales des étudiants pour évaluer leur état émotionnel et leur niveau de concentration. Il utilise des modèles de deep learning pour identifier les émotions principales et calculer un score de concentration basé sur ces analyses.

### 4.2.2 Module de Détection de Dispositifs

Le module de détection de dispositifs utilise l’algorithme YOLO pour identifier les objets potentiellement perturbateurs dans l’environnement d’apprentissage. Il attribue des scores de distraction différents selon le type d’objet détecté et maintient un historique des détections pour l’analyse statistique.

## 4.3 API RESTful

Le backend expose une API RESTful complète :

Endpoint	Méthode	Description
/faces	GET	Récupère tous les visages suivis
/faces/{id}	GET	Détails d’un visage spécifique
/statistics	GET	Statistiques globales du système
/camera/start	POST	Démarre la capture vidéo
/camera/stop	POST	Arrête la capture vidéo
/devices	GET	Compte actuel des dispositifs
/devices/history	GET	Historique des détections
/api/devices/toggle-tracking	POST	Active/désactive le suivi
/api/system/reset-all-data	POST	Réinitialise toutes les données
/ws	WebSocket	Communication temps réel
/ws/signlanguage	WebSocket	Traduction langue des signes

TABLE 3 – Endpoints API principaux

## 4.4 Communication WebSocket

Le système utilise WebSockets pour la communication temps réel :



FIGURE 5 – Communication WebSocket bidirectionnelle

## 5 Architecture Frontend

### 5.1 Responsabilités du Frontend

Le frontend Vue.js gère l'interface utilisateur avec les responsabilités suivantes :

#### 5.1.1 Interface Utilisateur

- **Affichage temps réel** : Flux vidéo avec annotations
- **Tableaux de bord** : Statistiques et métriques visuelles
- **Contrôles** : Gestion des fonctionnalités du système
- **Modals** : Détails des étudiants et historiques

#### 5.1.2 Gestion des États

- **Réactivité** : Mise à jour automatique des données
- **Persistence** : Sauvegarde locale des préférences
- **Synchronisation** : Cohérence avec le backend
- **Navigation** : Gestion des onglets et vues

### 5.2 Composants Principaux

#### 5.2.1 Composant de Suivi

Le composant principal de suivi gère l'affichage du flux vidéo en temps réel avec des annotations visuelles. Il présente les statistiques actuelles sous forme de cartes informatives et offre des contrôles pour démarrer ou arrêter la caméra. L'interface est conçue pour être intuitive et réactive, avec des mises à jour automatiques des données.

#### 5.2.2 Gestion des WebSockets

La communication en temps réel utilise les WebSockets pour maintenir une connexion persistante avec le backend. Le système gère automatiquement les reconnexion en cas de perte de connexion et traite les différents types de messages : détections, statistiques et frames vidéo. Cette architecture garantit une expérience utilisateur fluide et des mises à jour instantanées.

### 5.3 Design System et UI/UX

#### 5.3.1 Palette de Couleurs

Le système utilise une palette cohérente :



FIGURE 6 – Palette de couleurs du système

#### 5.3.2 Composants Réutilisables

- **Cards** : Conteneurs d'information standardisés
- **Buttons** : Boutons avec états et variantes

- **Modals** : Fenêtres contextuelles pour détails
- **Charts** : Graphiques interactifs avec Chart.js

## 6 Flux de Données et Communication

### 6.1 Architecture de Communication

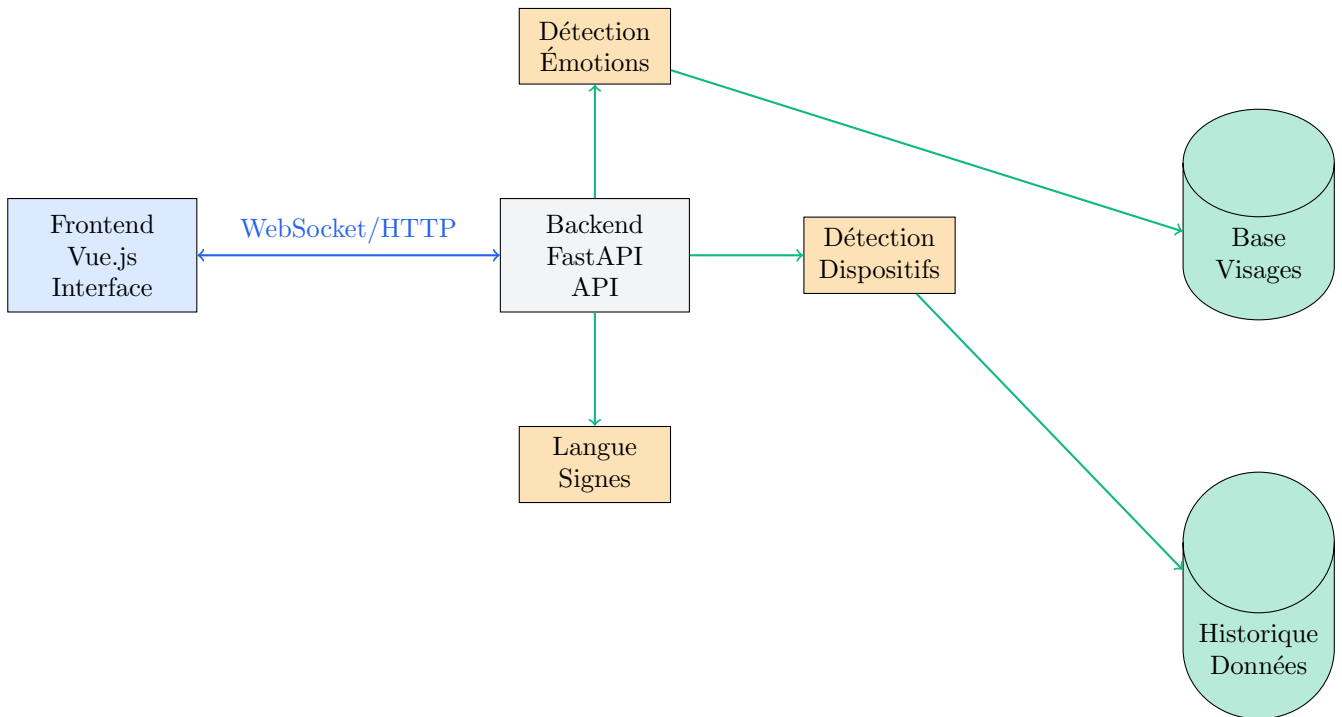


FIGURE 7 – Architecture de communication entre composants

### 6.2 Protocoles de Communication

#### 6.2.1 WebSocket (Temps Réel)

- **Détections** : Streaming des analyses en temps réel
- **Statistiques** : Mise à jour continue des métriques
- **Frames** : Transmission du flux vidéo traité
- **Statuts** : Informations sur l'état du système

#### 6.2.2 API REST (Actions)

- **Configuration** : Paramètres du système
- **Contrôles** : Démarrage/arrêt des fonctionnalités
- **Historique** : Consultation des données passées
- **Export** : Téléchargement des données

## 7 Performances et Optimisations

### 7.1 Optimisations Backend

#### 7.1.1 Traitement Vidéo

- **Échantillonnage** : Traitement d'une frame sur 5 pour réduire la charge CPU
- **Redimensionnement** : Adaptation de la résolution selon les besoins
- **Compression** : Optimisation des images transmises
- **Threading** : Traitement asynchrone des tâches lourdes

#### 7.1.2 Gestion Mémoire

- **Garbage Collection** : Nettoyage automatique des objets temporaires
- **Buffers circulaires** : Limitation des données en mémoire
- **Compression des encodings** : Optimisation du stockage vectoriel

### 7.2 Optimisations Frontend

#### 7.2.1 Réactivité

- **Lazy Loading** : Chargement différé des composants
- **Debouncing** : Limitation des requêtes fréquentes
- **Pagination** : Affichage par chunks des grandes listes
- **Caching** : Mise en cache des données statiques

## 8 Conclusion

### 8.1 Bilan du Projet

L'AI Learning Assistant représente une solution innovante pour le monitoring intelligent des environnements d'apprentissage. Le système combine avec succès :

- **Technologies avancées** : IA, vision par ordinateur, développement web moderne
- **Interface intuitive** : Expérience utilisateur optimisée avec Vue.js
- **Performance** : Traitement temps réel avec optimisations
- **Extensibilité** : Architecture modulaire et évolutive

### 8.2 Fonctionnalités Principales

Le système offre actuellement :

- **Suivi des étudiants** : Détection et reconnaissance faciale en temps réel
- **Analyse émotionnelle** : Évaluation de l'engagement et de la concentration
- **Détection d'objets** : Identification des dispositifs potentiellement perturbateurs
- **Interface web moderne** : Tableau de bord intuitif et responsive
- **Communication temps réel** : WebSockets pour les mises à jour instantanées

### 8.3 Développements Futurs

Le projet évolue vers :

- **Finalisation du module de langue des signes** : Actuellement en développement

- **Amélioration des modèles IA** : Précision et performance accrues
- **Extensions fonctionnelles** : Nouvelles capacités d'analyse
- **Optimisations** : Performance et scalabilité améliorées

## 8.4 Impact Attendu

Le système vise à transformer l'expérience éducative en offrant :

- **Aux enseignants** : Outils d'analyse et de suivi objectifs
- **Aux étudiants** : Feedback personnalisé sur leur engagement
- **Aux institutions** : Données analytiques pour l'amélioration continue
- **À la recherche** : Plateforme pour l'innovation pédagogique

---

## AI Learning Assistant

Système Intelligent de Suivi des Étudiants

Version 1.0 - 4 juillet 2025