UNIVERSITE DU QUEBEC EN OUTAOUAIS

DEPARTEMENT DE L’INFORMATIQUE ET DE L’INGENIEURIE

Titre du projet :

**Système intelligent de gestion et d’optimisation des bus pour les agences de transport au Cameroun**

**PRÉSENTÉ PAR :**  
**TAMBAT TRESOR MEGANE**

**SOUS LA SUPERVISION DE :**  
**ÉTIENNE GAËL TAJEUNA**

AVRIL 2025

**Introduction :**

Dans un pays comme le Cameroun, les agences de transport interurbain jouent un rôle essentiel dans la mobilité des personnes et des biens. Cependant, la gestion efficace d’un parc de bus réparti entre plusieurs agences reste un défi majeur. Les problèmes courants incluent le suivi difficile de l’état des véhicules, les retards fréquents, une répartition déséquilibrée des ressources, l’absence de données fiables en temps réel, et une faible capacité à anticiper la demande des usagers.

Face à ces enjeux, ce projet vise à concevoir et déployer un **système intelligent basé sur l’intelligence artificielle (IA)**, capable d’assister les gestionnaires dans la prise de décisions stratégiques et opérationnelles. L’objectif est de mettre en place une solution capable de :

* **Prédire les pannes ou besoins de maintenance** des bus,
* **Optimiser la répartition des véhicules** selon la demande,
* **Anticiper les retards** et les déséquilibres d’exploitation,
* Et **fournir des analyses intelligentes** pour améliorer l'efficacité globale du réseau de transport.

Ce système contribuera à **renforcer la transparence, la réactivité et la performance** des agences, tout en posant les bases d’une transformation numérique durable du secteur du transport au Cameroun.

* 1. PROBLEME RENCONTRER PAR LES AGENCES

Voici une liste détaillée et réaliste :

* **Mauvaise gestion du parc automobile** :
  + Difficulté à suivre l’état de chaque bus.
  + Retards dans les maintenances ou réparations.
* **Manque d’informations en temps réel** :
  + Pas de GPS sur les bus.
  + Communications limitées entre chauffeurs et agences.
* **Problèmes d’optimisation des trajets** :
  + Envoyer trop de bus sur des itinéraires peu rentables.
  + Pénurie de bus dans les périodes de forte demande.
* **Coûts d’exploitation élevés** :
  + Coût du carburant très variable.
  + Corruption ou détournements de fonds.
* **Manque de visibilité sur la demande** :
  + Pas de système fiable pour prévoir le nombre de passagers.
* **Problèmes logistiques** :
  + Difficultés à coordonner plusieurs agences éloignées (Douala, Yaoundé, Bafoussam, Garoua, etc.).
  + Transport de pièces détachées difficile.
* **Risque sécuritaire** :
  + Vols ou agressions sur les lignes.
  + Gestion difficile des incidents.
* **Non-digitalisation** :
  + Beaucoup d'agences fonctionnent encore avec des papiers.
  + Pas de bases de données centralisées.
* **Manque de formation du personnel** :
  + Utilisation inadéquate des outils technologiques quand ils existent.

**2. Problèmes que l’IA peut résoudre efficacement**

* Mauvaise gestion du parc automobile :
  + Modèles de prédiction de pannes ou de maintenance préventive (machine learning supervisé).
* Manque d’informations en temps réel :
  + Suivi en temps réel par GPS combiné à l’analyse de trajectoires et de comportements.
* Retards et annulations fréquentes :
  + Modèles de prédiction de retard à partir de données historiques.
* Problèmes d’optimisation des trajets :
  + Optimisation dynamique des itinéraires à l’aide d’algorithmes d’apprentissage par renforcement.
* Manque de visibilité sur la demande :
  + Prévision de la demande grâce à des modèles de séries temporelles.
* Fraudes ou irrégularités :
  + Détection d'anomalies dans les consommations de carburant ou les tickets.

**Plan proposé pour le projet**

**1. Analyse du contexte et des besoins**

* Présentation du secteur du transport interurbain au Cameroun.
* Description des agences et du fonctionnement actuel.
* Identification des problèmes concrets : manque de données, désorganisation, retards, pannes, etc.
* Analyse des impacts économiques, logistiques et sociaux.
* Justification du besoin d’une solution intelligente et numérique.

**2. Définition des objectifs du projet**

Objectif général : Améliorer la gestion, le suivi et l’optimisation des bus entre les différentes agences.

* Objectifs spécifiques :
  + Automatiser le suivi du parc de bus.
  + Détecter ou prédire les pannes.
  + Optimiser la répartition des bus selon la demande.
  + Alerter en cas d’anomalie ou de retard probable.
  + Fournir des tableaux de bord décisionnels aux responsables.

**3. Collecte et structuration des données**

* Identification des sources de données internes (fiches bus, horaires, billetterie, historique de maintenance).
* Données externes utiles : météo, trafic, événements spéciaux.
* Construction d’un **entrepôt de données** (data warehouse) centralisé.
* Nettoyage, normalisation et prétraitement des données pour l'entraînement IA.

**4. Conception et entraînement des modèles IA**

* Choix des modèles selon les cas d’usage :
  + Modèle de **prédiction de panne** (Random Forest, XGBoost).
  + Modèle de **prévision de demande** (séries temporelles, LSTM).
  + Modèle de **répartition optimale** (Q-Learning ou heuristiques).
  + Détection d’**anomalies** sur les itinéraires ou comportements anormaux.
* Séparation en jeu d’entraînement et jeu de test.
* Évaluation des performances : précision, F1-score, MAE, etc.

**5. Déploiement du système intelligent**

* Intégration du modèle dans une **application ou plateforme web**.
* Interface pour les responsables d’agence : alertes, statistiques, recommandations.
* Affichage de tableaux de bord avec cartes, graphiques et indicateurs clés (via Power BI).
* Mise à jour automatique des modèles (retraining avec de nouvelles données).

**6. Résultats attendus**

* Amélioration de la ponctualité et de la disponibilité des bus.
* Réduction des coûts liés aux pannes non anticipées.
* Meilleure satisfaction des usagers grâce à un service plus fiable.

7. **limites**

* Dépendance à la qualité des données.
* Connectivité
* Budget informatique.

| **Modèle IA** | **Dataset** |
| --- | --- |
| Prédiction de panne | [BMTC Bus Dataset](https://www.kaggle.com/datasets/shivamishra2112/bmtc-bus-transportation-dataset) |
| Prévision de la demande | [Passenger Counts](https://www.kaggle.com/datasets/ifuurh/public-transportation-passenger-counts) |
| Optimisation des trajets | [Public Bus Transport Dataset](https://www.kaggle.com/datasets/rednivrug/unisys) |
| Détection d’anomalies | [Transit Bus Dataset](https://www.kaggle.com/datasets/vishnuvarthanrao/bus-dataset) |
| Suivi GPS et comportements | [NYC Bus Data](https://www.kaggle.com/datasets/stoney71/new-york-city-transport-statistics) |

**1. Modèle : Prédiction de pannes de bus**

**Objectif** : prédire si un bus risque une panne ou un besoin de maintenance.

* **Données nécessaires** :
  + ID du bus
  + Kilométrage
  + Âge du bus
  + Nombre de jours depuis la dernière maintenance
  + Température/météo (optionnel)
  + Historique de pannes

✅ **Dataset recommandé** :  
📌 [BMTC Bus Transportation Dataset](https://www.kaggle.com/datasets/shivamishra2112/bmtc-bus-transportation-dataset)  
→ Contient les horaires et passages des bus, utile pour corréler la fréquence des trajets à des besoins de maintenance.

**2. Modèle : Prédiction de la demande de passagers**

**Objectif** : prédire combien de passagers prendront le bus à un moment donné.

* **Données nécessaires** :
  + Date / Heure
  + Ligne de bus
  + Arrêt
  + Nombre de passagers
  + Jour de la semaine / événement spécial
  + Météo (optionnel)

✅ **Dataset recommandé** :  
📌 [Public Transportation Passenger Counts](https://www.kaggle.com/datasets/ifuurh/public-transportation-passenger-counts)  
→ Données très proches du réel sur les flux de passagers par arrêt, heure et ligne.

**3. Modèle : Optimisation des trajets / affectation des bus**

**Objectif** : déterminer quels bus doivent être affectés à quels trajets pour une meilleure efficacité.

* **Données nécessaires** :
  + Ligne de bus
  + Distance
  + Durée moyenne
  + Fréquence des trajets
  + Nombre de passagers
  + Heures de pointe

✅ **Dataset recommandé** :  
📌 [Public Bus Transport Dataset (Adélaïde)](https://www.kaggle.com/datasets/rednivrug/unisys)  
→ Données multi-lignes avec informations sur la planification des trajets.

**4. Modèle : Détection d’anomalies (fraude, consommation anormale)**

**Objectif** : repérer les comportements inhabituels comme surconsommation de carburant ou anomalies de trajet.

* **Données nécessaires** :
  + ID bus / chauffeur
  + Carburant consommé
  + Trajet parcouru
  + Historique de consommation moyenne
  + Tickets ou ventes par trajet

✅ **Dataset recommandé** :  
📌 [Transit Bus Dataset](https://www.kaggle.com/datasets/vishnuvarthanrao/bus-dataset)  
→ Informations sur les trajets, distances, carburant (à croiser avec données simulées de tickets si besoin).

**5. Modèle : Suivi en temps réel / comportement du bus**

**Objectif** : analyser les déplacements et optimiser les trajets à partir des données GPS.

* **Données nécessaires** :
  + Latitude / Longitude
  + Heure
  + Arrêts de bus
  + Durée entre arrêts

✅ **Dataset recommandé** :  
📌 [New York City Bus Data (MTA)](https://www.kaggle.com/datasets/stoney71/new-york-city-transport-statistics)  
→ Données GPS en temps réel, parfait pour visualisation de trajets et clustering.