TP3

1. Objectif du TP

L'objectif de ce travail pratique est de concevoir, d'implémenter et d'évaluer un système multi-agents intelligent et mobile pour la gestion du trafic urbain, basé sur une architecture distribuée Cloud–Edge.

Le système repose sur plusieurs agents intelligents capables de collaborer, de communiquer et, dans certains cas, de se déplacer entre différents conteneurs du réseau.

Chaque agent Edge (agent de contrôle d'intersection) utilise un modèle local de Deep Reinforcement Learning (DRL), basé sur l'algorithme Deep Q-Network (DQN), afin d'optimiser les phases des feux de circulation.

Un agent mobile (Mobile Agent) est également introduit. Il peut migrer dynamiquement entre les différents conteneurs Edge afin de collecter des informations sur le trafic, surveiller les intersections et transmettre les informations nécessaires à la couche Cloud.

En parallèle, les agents Cloud assurent la coordination globale entre les intersections, l'agrégation des modèles locaux à l'aide de l'apprentissage fédéré (Federated Learning) et la surveillance des performances du réseau.

L'objectif global est d'améliorer la fluidité du trafic, de réduire les temps d'attente et de faciliter la gestion des situations d'urgence.

2. Travail demandé

Pour atteindre ces objectifs, il vous est demandé de :

1. Création des agents

- Traffic Agent : agent de contrôle local des intersections.
- Mobile Agent : agent mobile chargé de se déplacer entre les différents conteneurs Edge.
- Coordination Agent : agent responsable de la coordination globale dans le Cloud.
- Monitoring Agent : agent chargé de surveiller les performances du système.

2. Création des conteneurs (Container)

L'architecture doit comporter :

- Un conteneur Cloud pour les agents de coordination et de surveillance.
- Trois conteneurs Edge correspondant aux trois intersections routières.
- Des mécanismes permettant la migration du Mobile Agent entre les conteneurs Edge.

3. Implémentation de Deep Q-Learning

Développer et implémenter un modèle Deep Q-Network (DQN) pour chaque Traffic Agent. Chaque agent doit être capable de :

- Observer l'état local du trafic (State).
- Sélectionner une action (Action) pour contrôler les feux de circulation.
- Recevoir une récompense (Reward) selon les résultats de son action.

- Améliorer progressivement sa politique de décision afin de réduire la congestion et les temps d'attente.

4. Implémentation de la mobilité des agents

Introduire un Mobile Agent capable de migrer dynamiquement entre les différents conteneurs Edge. Le Mobile Agent doit être capable de :

- Se déplacer d'une intersection à une autre.
- Collecter les informations locales relatives au trafic.
- Surveiller les conditions de circulation dans chaque intersection.
- Détecter les situations nécessitant une attention particulière.
- Transmettre les informations collectées à l'agent coordinateur dans le Cloud.

5. Implémentation du Federated Learning

Utiliser l'apprentissage fédéré (Federated Learning) afin d'agréger les modèles DQN locaux en un modèle global centralisé à l'aide de l'algorithme FedAvg (Federated Averaging).

Chaque Traffic Agent entraîne son modèle localement, puis transmet les poids du réseau neuronal à l'agent coordinateur.

L'agent coordinateur applique FedAvg pour produire un modèle global qui sera redistribué aux agents locaux afin d'améliorer leur apprentissage.

6. Proposition de deux scénarios

- **Scénario 1 : Situation normale (Normal Case)** : circulation habituelle dans les trois intersections, avec des variations du nombre de véhicules et des temps d'attente.
- **Scénario 2 : Situation d'urgence (Emergency Case)** : passage d'un véhicule d'urgence, tel qu'une ambulance, nécessitant une coordination entre les intersections et l'adaptation des feux de circulation.

Dans le deuxième scénario, le Mobile Agent peut contribuer à collecter les informations relatives à la situation d'urgence et à les transmettre au Coordinateur.

7. Évaluation du système

Évaluer les performances du système en utilisant les indicateurs suivants :

- Average Waiting Time : temps d'attente moyen.
- Average Delay : délai moyen.
- Throughput : nombre de véhicules traversant les intersections.
- Queue Length : longueur des files d'attente.
- Emergency Response Time : temps de réponse en situation d'urgence.
- Agent Migration Time : temps nécessaire à la migration de l'agent mobile.

3. Annexe : Description des agents

A. Traffic Agent

Supposons que nous disposions de trois Traffic Agents, chacun étant associé à une intersection spécifique. Chaque agent est responsable de :

- Collecter les informations locales sur le trafic (longueur des files d'attente, temps d'attente, nombre de véhicules).
- Utiliser un modèle DQN local pour sélectionner les actions relatives aux feux de circulation.

- Envoyer périodiquement des résumés de l'état du trafic à l'agent coordinateur.
- Participer au processus d'apprentissage fédéré en envoyant les poids de son modèle local.

B. Mobile Agent

Le Mobile Agent est capable de migrer entre les différents conteneurs Edge du réseau. Ses principales responsabilités sont :

- Se déplacer dynamiquement entre les trois intersections.
- Collecter les informations locales relatives au trafic.
- Surveiller les conditions de circulation dans les différentes intersections.
- Identifier les situations de congestion et les événements particuliers.
- Transmettre les informations collectées à l'agent coordinateur dans le Cloud.

L'objectif de cet agent est d'améliorer la surveillance distribuée et la flexibilité du système grâce à la mobilité.

C. Monitoring Agent

Cet agent est situé dans la couche Cloud. Il est chargé de :

- Surveiller les indicateurs de performance du système.
- Analyser les délais et le débit de circulation.
- Surveiller les actions effectuées par les agents.
- Recevoir les rapports du Mobile Agent.
- Envoyer des notifications en cas de dégradation des performances ou de situation anormale.

D. Coordination Agent

Cet agent est situé dans la couche Cloud. Ses principales responsabilités sont :

- Détecter les congestions régionales.
- Coordonner les décisions des différents Traffic Agents.
- Agréger les modèles DQN locaux à l'aide de FedAvg.
- Diffuser le modèle global aux agents locaux.
- Diffuser les signaux d'avertissement, notamment en cas de passage d'un véhicule d'urgence.
- Exploiter les informations transmises par le Mobile Agent pour améliorer la coordination entre les intersections.

La durée de ce TP est 4 semaines