

**OFFRE D'ENCADREMENT DE THÈSE****THESIS SUPERVISION OFFER**

*Etablissement* **Sorbonne Université SIS (Sciences, Ingénierie, Santé)**

*École doctorale* **Ecole Doctorale d'Informatique, Télécommunications et Electronique**

*Spécialité* **Sciences et technologies de l'information et de la communication**

*Domaine Scientifique* **Sciences et technologies de l'information et de la communication**

*Unité de recherche* **LIP6**

*Encadrement de la thèse* **Jean-Francois PRADAT-PEYRE**

*Co-Directeur* **Abbass ABBASS NASSER**

*Début de la thèse le* **15 décembre 2025**

*Date limite de candidature (à 23h59)* **15 décembre 2025**

**Mots clés - Keywords**

---

IA Multimodale, Villes Intelligentes, Apprentissage Fédéré

Multimodal AI , Smart Cities, Federated Learning

**Description de la problématique de recherche - Project description**

---

La croissance rapide des populations urbaines pose de nouveaux défis en matière de mobilité, de planification des infrastructures, de durabilité environnementale et d'engagement citoyen. Les villes intelligentes cherchent à tirer parti de la prise de décision fondée sur les données pour relever ces défis, mais la diversité des ensembles de données urbaines, qui vont des traces de mobilité et des couches spatiales aux commentaires multilingues des citoyens, soulève d'importants obstacles informatiques et éthiques. La collecte centralisée des données est souvent irréalisable en raison des contraintes liées à la confidentialité, des frontières juridictionnelles et de l'hétérogénéité des formats.

Les progrès récents en matière d'intelligence artificielle (IA) offrent des solutions prometteuses, en particulier dans trois domaines : l'apprentissage fédéré (FL) pour la modélisation distribuée préservant la confidentialité, le traitement multilingue du langage naturel (NLP) pour l'analyse des contenus générés par les citoyens dans différentes langues, et les systèmes d'information géographique (SIG) pour l'intégration des données spatiales dans l'analyse urbaine. Cependant, les recherches existantes traitent ces technologies de manière isolée, laissant un vide dans l'intégration multimodale adaptée à l'aide à la décision urbaine.

Cette thèse vise à combler cette lacune en concevant un cadre d'IA multimodal préservant la confidentialité pour l'aide à la décision dans les villes intelligentes, validé par des données ouvertes et synthétiques.

The rapid growth of urban populations presents new challenges in mobility, infrastructure planning, environmental sustainability, and citizen engagement. Smart cities seek to leverage data-driven decision-making to address these challenges, yet the diversity of urban datasets, ranging from mobility traces and spatial layers to multilingual citizen feedback, raises significant computational and ethical barriers. Centralized data collection is often infeasible due to privacy constraints, jurisdictional boundaries, and heterogeneous formats. Recent advances in Artificial Intelligence (AI) offer promising solutions, particularly in three domains: Federated Learning (FL) for privacy-preserving distributed modeling, Multilingual Natural Language Processing (NLP) for analyzing citizen-generated content across languages, and Geographic Information Systems (GIS) for integrating spatial data into urban analytics. However, existing research treats these technologies in isolation, leaving a gap in multimodal integration tailored to urban decision support.

This thesis aims to bridge this gap by designing a privacy-preserving, multimodal AI framework for smart city decision support, validated through open and synthetic data.

**Thématique / Domaine / Contexte**

---

La recherche abordera les questions suivantes :

1. Comment adapter l'apprentissage fédéré pour traiter des ensembles de données urbaines hétérogènes et non indépendants et identiques (non-IID) tout en minimisant les coûts de communication et en garantissant l'équité entre les municipalités ?

2. Quelle est l'efficacité des pipelines NLP multilingues pour détecter les sentiments, les priorités et les préoccupations des citoyens sur les réseaux sociaux et les sources de commentaires en arabe, en anglais et en français ?
3. Quelles méthodes évolutives permettent d'intégrer des ensembles de données spatiales basées sur le SIG avec le NLP et des données numériques afin d'optimiser la mobilité urbaine, l'accessibilité des installations et la surveillance environnementale ?
4. Comment ces trois technologies peuvent-elles être combinées dans un cadre décisionnel d'IA unifié et reproductible pour les villes intelligentes ?

Mobilité urbaines, de planification des infrastructures, durabilité environnementale, engagement citoyen.

- Préservation de la confidentialité, permettant une collaboration entre villes sans exposer les données sensibles des citoyens ou des municipalités.
- Prise en charge d'environnement multilingue, capable d'analyser les commentaires des citoyens dans différentes langues, y compris dans des contextes où les ressources sont limitées et où il y a changement de code.
- Utilisation IA multimodales, intégrant des données textuelles, spatiales et numériques pour une prise de décision holistique.

## Objectifs

---

- O1 : Développer de nouvelles stratégies d'apprentissage fédéré adaptées aux ensembles de données urbaines multimodales et hétérogènes.
- O2 : Concevoir un pipeline NLP multilingue pour l'arabe, l'anglais et le français, robuste dans des contextes à faibles ressources et à changement de code.
- O3 : Créer des techniques de fusion de données basées sur le SIG afin d'intégrer des sources spatiales, textuelles et numériques dans une analyse urbaine unifiée.
- O4 : Prototyper et valider une plateforme d'aide à la décision basée sur l'IA à l'aide d'ensembles de données ouverts et synthétiques sur les villes intelligentes.

## Méthode

---

La méthodologie suit quatre axes de travail (WP) interdépendants :

- WP1 : Apprentissage fédéré pour les données urbaines
  - o Développer des algorithmes d'agrégation (par exemple, basés sur l'attention, sparsifiés) pour les données non IID.
  - o Évaluer les protocoles FL efficaces en termes de communication.
  - o Valider sur des ensembles de données synthétiques distribués simulant la collaboration municipale.
- WP2 : NLP multilingue pour les commentaires des citoyens
  - o Collecter et prétraiter des données textuelles ouvertes (réseaux sociaux, forums ouverts, rapports publics).
  - o Former des modèles basés sur des transformateurs (mBERT, XLM-R, LLM spécifiques à l'arabe).
  - o Développer des techniques de transfert interlinguistique pour les contextes à faibles ressources.
- WP3 : Fusion multimodale basée sur le SIG
  - o Intégrer des ensembles de données spatiales (OpenStreetMap, Copernicus Sentinel-2, WorldPop).
  - o Combiner des données géospatiales, textuelles et tabulaires en représentations multimodales.
  - o Concevoir des algorithmes pour l'analyse de l'accessibilité, l'emplacement des installations et les indicateurs environnementaux.
- WP4 : Intégration et validation
  - o Construire une plateforme modulaire prototype d'aide à la décision.
  - o Valider à l'aide d'ensembles de données de référence (mobilité urbaine, ensembles de données sur les plaintes publiques, données Kaggle sur les villes).
  - o Étendre avec la génération de données synthétiques (participation citoyenne, demande de mobilité).

## Résultats attendus - Expected results

---

Contributions scientifiques

1. Nouveaux algorithmes d'apprentissage fédéré pour les ensembles de données urbaines multimodales hétérogènes.
2. Pipeline NLP multilingue adapté au domaine pour les contextes à faibles ressources et à changement de code.
3. Méthodes SIG évolutives pour l'intégration de données spatiales et textuelles dans l'aide à la décision par l'IA.
4. Un cadre d'IA multimodal unifié applicable au-delà des villes intelligentes (par exemple, santé, gestion des catastrophes).

Contributions appliquées

1. Une plateforme prototype permettant aux municipalités de collaborer sans partager leurs données.
2. Ensembles de données synthétiques ouverts et benchmarks pour la reproductibilité.

## Références bibliographiques

---

1) Sharnil Pandya, Gautam Srivastava, Rutvij Jhaveri, M. Rajasekhara Babu, Sweta Bhattacharya, Praveen Kumar Reddy Maddikunta, Spyridon Mastorakis, Md. Jalil Piran, Thippa Reddy Gadekallu, Federated learning for smart cities: A comprehensive survey, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 55, 2023,102987, ISSN 2213-1388,

2) Yang, H.; Liu, H.; Yuan, X.; Wu, K.; Ni, W.; Zhang, J.A.; Liu, R.P. Synergizing Intelligence and Privacy: A Review of Integrating Internet of Things, Large Language Models, and Federated Learning in Advanced Networked Systems. Appl. Sci. 2025, 15, 6587.

3) Hassan Salman, Chamseddine Zaki, Nour Charara, Sonia Guehis, Jean-François Pradat-Peyre, et al.. Knowledge distillation in federated learning: a comprehensive survey. Discover Computing, 2025, 28 (1), pp.145. <10.1007/s10791-025-09657-4>. <hal-05159539>

## Contexte du poste : Modalités d'encadrement, de suivi de la formation et d'avancement des recherches du doctorant - Details on the thesis supervision

---

Le doctorant sera dirigé par le Professeur Abbass NASSER et le Professeur Jean-François PRADAT-PEYRE ; la thèse se déroulera en partie au sein du laboratoire LIP6 de Sorbonne Université.

## Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

---

Pas de conditions spécifiques

## Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

---

Publication dans des revues et des conférences internationales

## Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

---

Bonne connaissance du contexte des villes intelligentes, des méthodes d'apprentissage fédéré ainsi que du traitement multilingue du langage naturel.

Good knowledge of the context of smart cities, federated learning methods, and multilingual natural language processing.

Dernière mise à jour le 15 novembre 2025