

# Systemes de Micro-Mobilité du Futur

Prédictions et Stations Virtuelles pour une Gestion  
Efficace

Rania Swessi – LaBRI

**PÔLE DE COMPÉTITIVITÉ  
NUMÉRIQUE RESPONSABLE #ENTER**



université  
de **BORDEAUX**

**LaBRI**

**CONGRÈS  
DYNAMO**

**2024**



**21 NOV**

# PLAN

- Introduction: contexte général et problématique
- Stations virtuelle pour une gestion efficace
- Méthodologie et solutions proposées
- Étude de cas: analyse basée sur des données réelles collectées à Bordeaux
- Conclusion: Résultats et perspectives

# La micro-mobilité partagée



- Légère et portable, la micro-mobilité est idéale pour des trajets rapides.
- Rapides et agréables, représentent une alternative efficace à la marche en zone urbaine.
- Écologiques, ils contribuent à réduire la congestion et la pollution.

# La micro-mobilité partagée

## modes opérationnels



### système à stations fixes

retrait et retour à des stations physiques  
spécifiques.



Option sécurisée avec une protection contre  
les dommages



### système en libre-service

retrait et retour libres au sein d'une zone  
opérationnelle.



Stationnement désorganisé / occupation des  
espaces urbains

# Solutions de stations virtuelles

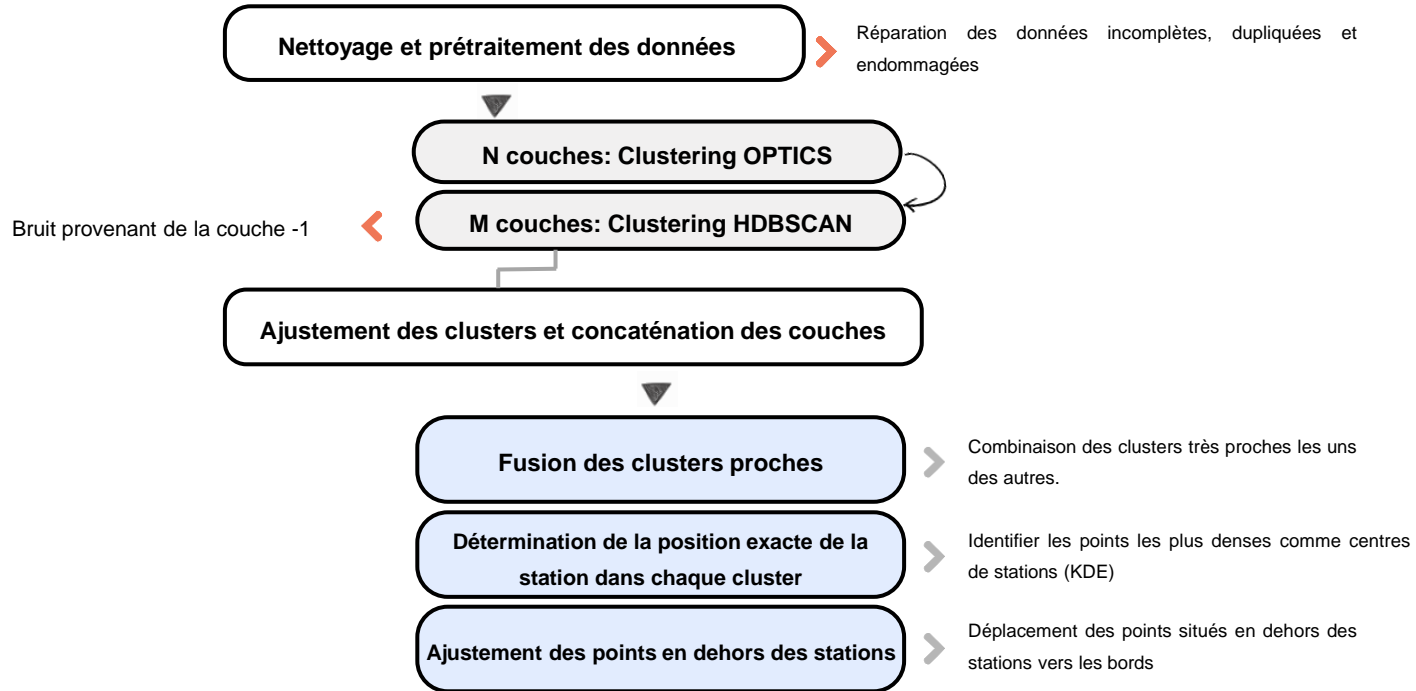
- Les utilisateurs se garent dans des limites spécifiques, évitant le stationnement désorganisé.
- Réduction des dépenses d'infrastructure et de maintenance.
- Les stations peuvent être ajustées dynamiquement.



# Objectifs/contributions

- Étudier une transition complète d'un système en libre-service vers un système à stations virtuelles à l'aide du clustering multi-couches.
- Assurer une qualité de service optimale grâce à un rééquilibrage stratégique basé sur la prédiction de la demande.
- Valider l'efficacité de la solution proposée par une étude expérimentale utilisant des données réelles.

# Solution proposée : Transition du système

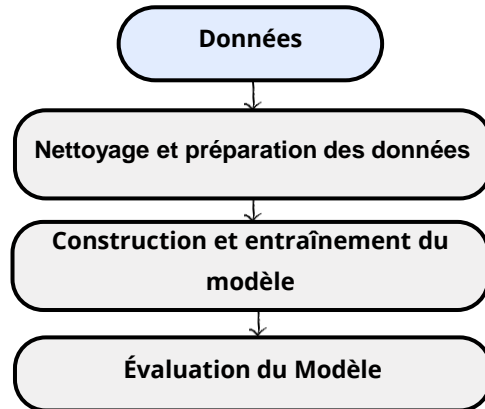


# Solution proposée : Transition du système

- **OPTICS**
  - Idéal pour détecter des clusters de densités et de formes complexes variées.
  - Gère de grandes variations de données sans perte de précision.
- **HDBSCAN**
  - Identifie automatiquement des clusters stables aux densités variées.
  - Excellent pour gérer le bruit grâce au clustering hiérarchique.



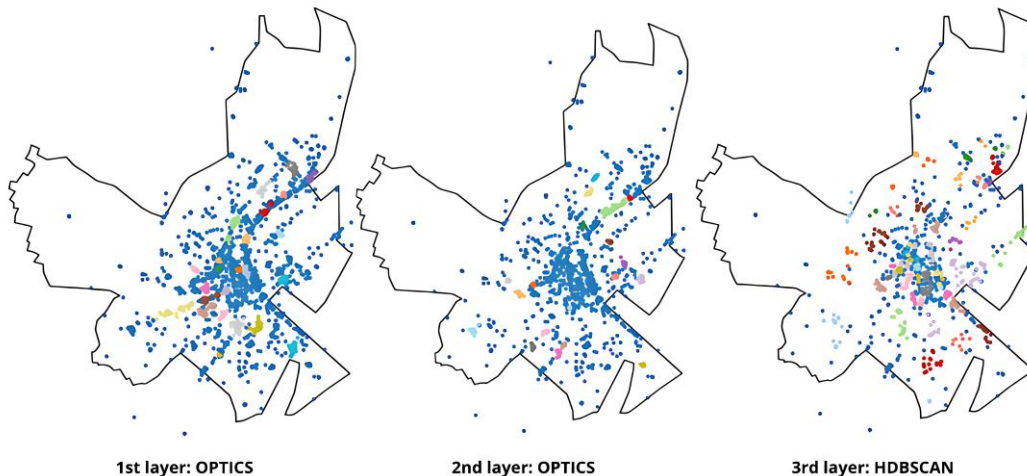
# Solution proposée : Équilibrage du système



- LSTM (Long-Short Term Memory)
  - Utilise des cellules mémoire pour retenir les informations sur de longues séquences.
- Transformateur-encodeur
  - Analyse les séquences en parallèle, se concentrant sur les relations globales sans étapes temporelles.

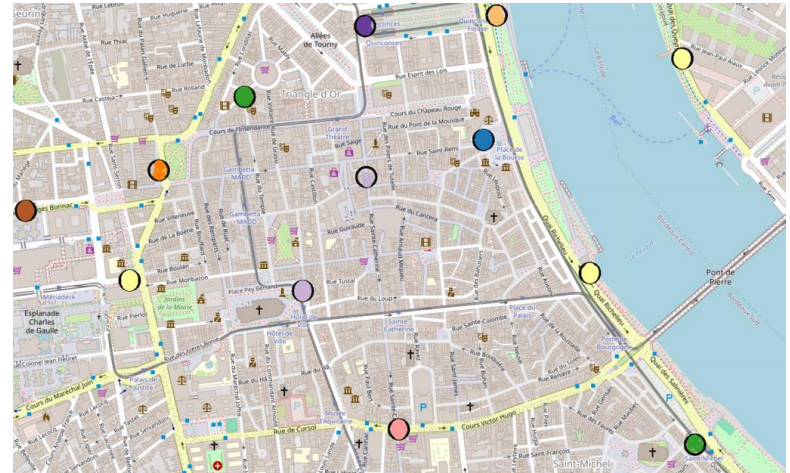
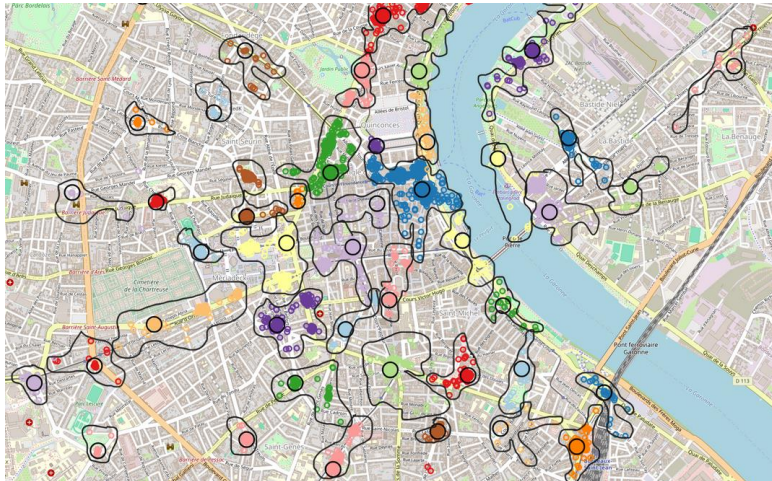
# Étude de cas

- Données réelles collectées à Bordeaux, France.
- Inclut des données de trajets et de météo.
- Système en libre-service (vélos électriques, trottinettes électriques).
- Collectées sur une période de 15 mois (2021-2022).



Résultats du Clustering par Couches

# Étude de cas



Visualisation des résultats du clustering et de la localisation des stations avec KDE

# Étude de cas

## Performance du cadre de clustering

Criterion	1st layer	2nd layer	3rd layer
SWC	0.9256	0.9997	0.9997
DBI	0.1368	0.0008	0.0012

$$SWC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}$$

$$DBI = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \max_{i \neq j} \left( \frac{\sigma_i + \sigma_j}{d(c_i, c_j)} \right)$$

## Performance de l'outil de prédiction

Metric	LSTM	Transformer-encoder
MSE	3.067	0.259
RMSE	0.453	0.445

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^q (y_{pred_{i,j}} - y_{true_{i,j}})^2}{q}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^q (y_{pred_{i,j}} - y_{true_{i,j}})^2}{q}}$$

# Conclusion

- Transition réussie vers un système à stations virtuelles avec un placement précis des stations grâce au clustering multi-couches.
- Stratégies de rééquilibrage flexibles pour ajuster la flotte et les stations.
- Perspectives : Automatiser les ajustements dynamiques des stations en fonction de la demande.

**Merci de votre attention**