

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

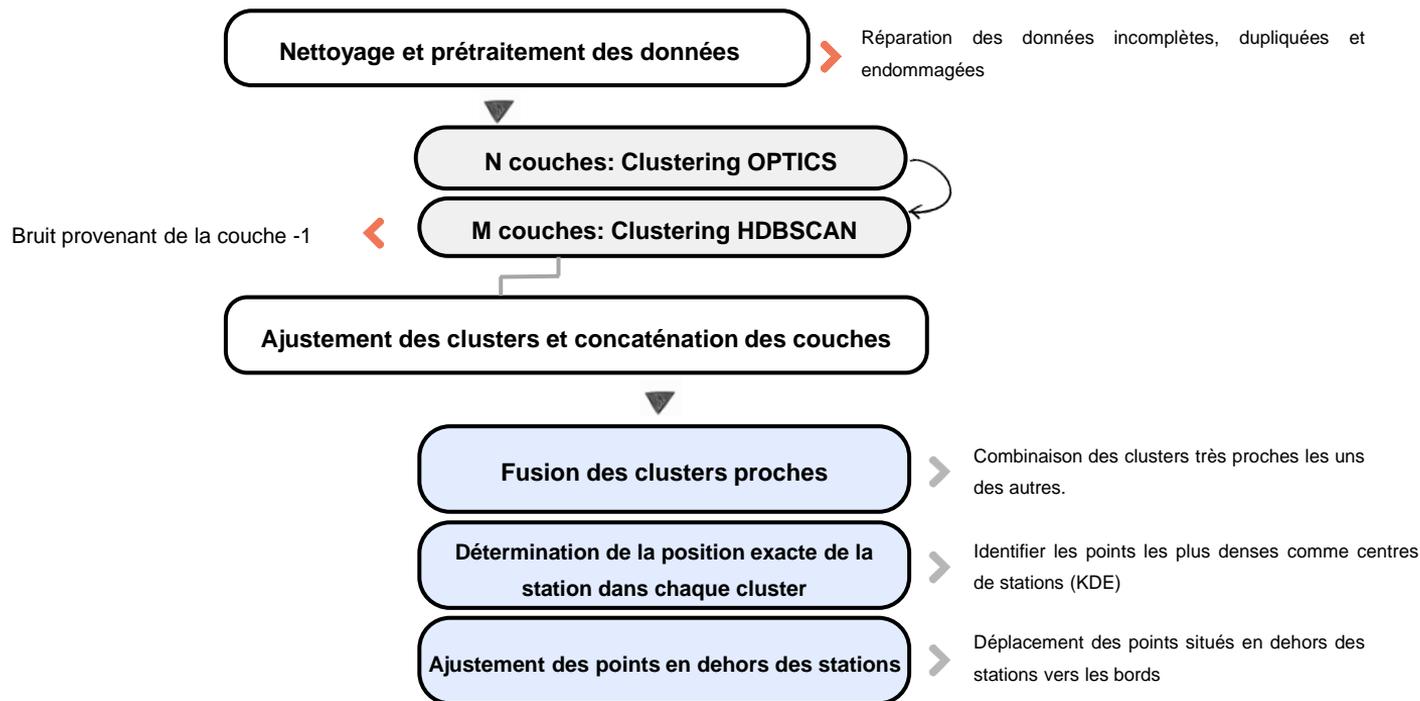
- Les utilisateurs se garent dans des limites spécifiques, évitant le stationnement désorganisé.
- Réduction des dépenses d'infrastructure et de maintenance.
- Les stations peuvent être ajustées dynamiquement.



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.

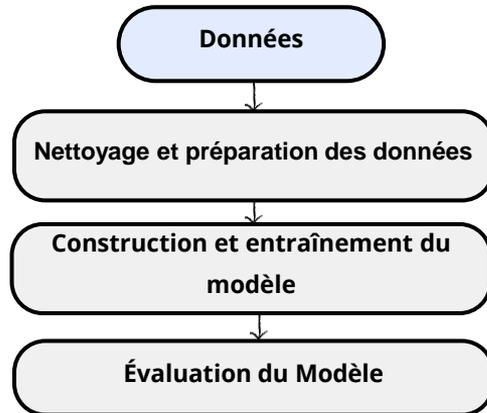
Solution proposée : Transition du système



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.

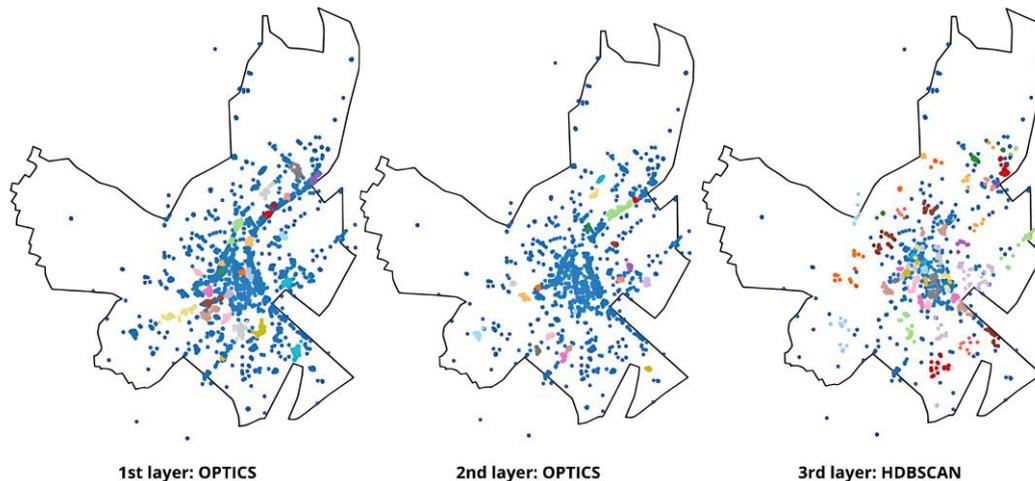
Solution proposée : Équilibrage du système



- 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.

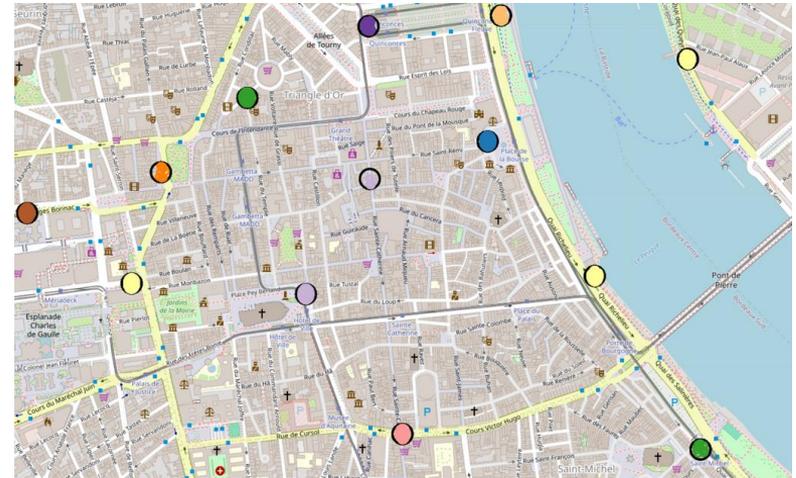
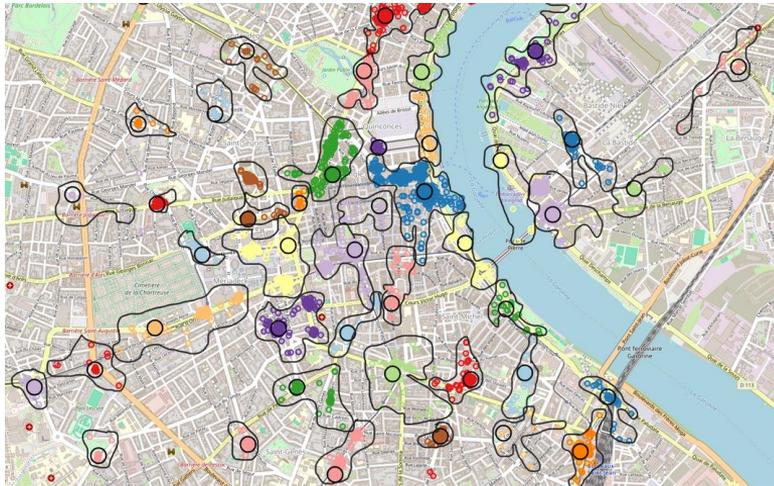
Étude de cas

- 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