



POTENTIEL DES FCD POUR L'ESTIMATION DES DÉBITS

Synthèse bibliographique (2021)

29 Septembre 2022

DONNEES DE MOBILITE, POURQUOI ?

Connaitre les pratiques de déplacement et les flux qui traversent un territoire

- Pour permettre l'analyse de la mobilité
- Pour alimenter des modèles de déplacement

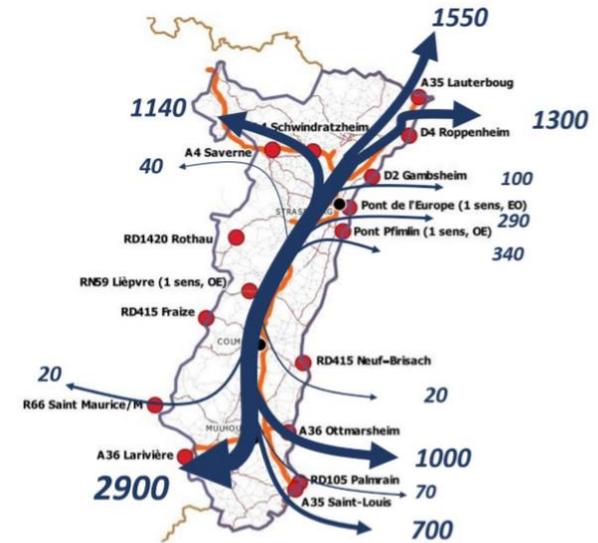
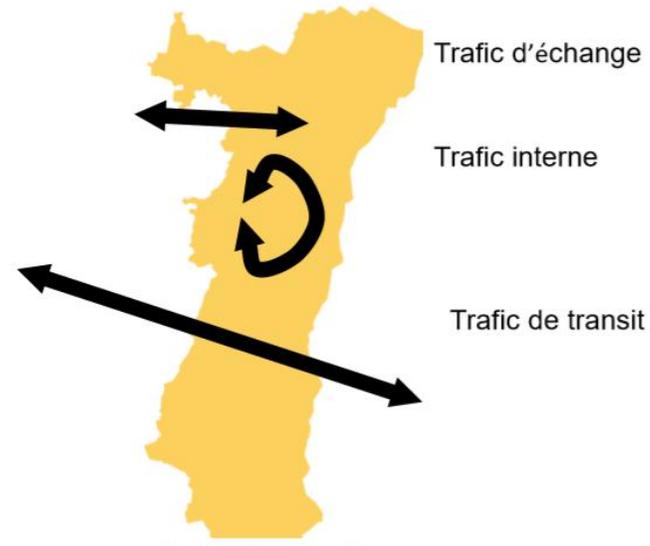


Figure 8 Flux de transit NS double sens (PLUJ)

DONNEES DE MOBILITE, POURQUOI ?

| | Collecte active | Collecte passive |
|---|--|--|
| Bonne maîtrise de l'échantillonnage | <p>1 Échantillons représentatifs d'une population, obtenus par sondage aléatoire.</p> <p>Recensement de la population Enquêtes OD</p> <p>Panel parc-auto EMC²</p> | <p>3 Observations tendant vers l'exhaustivité du flux en un point du réseau.</p> <p>Comptages ponctuels Bilétique</p> <p>Transactions péage Lecture de Plaques Minéralogiques</p> |
| Faible maîtrise de l'échantillonnage | <p>2 Recherche d'une variabilité de l'échantillon, sans garantie de représentativité.</p> <p>Enquête préférences déclarées</p> | <p>4 Observations qui peuvent être nombreuses, mais dont on ne maîtrise pas qualitativement l'échantillon.</p> <p>Bluetooth, wifi, FCD FMD</p> <p>Données GPS d'applications smartphone</p> |

ENJEU DE LA CONNAISSANCE DU DÉBIT

Les boucles

- Le débit est traditionnellement mesuré par des boucles électromagnétiques implantées dans la chaussée.
- Leur maintenance est coûteuse et seuls quelques tronçons sont équipés.

Les Floating Car Data (FCD)

- Les FCD couvrent l'ensemble des tronçons empruntés pendant le temps d'activation du capteur embarqué.
- Le taux de pénétration reste faible (5%-10%) et ces données ne permettent pas à elles seules de connaître précisément le débit en un tronçon.

Comment tirer parti de la couverture FCD pour connaître le débit en des points du réseau non équipés de boucles électromagnétiques ?

ENJEU DE LA CONNAISSANCE DU DÉBIT

Les boucles

- Le débit est traditionnellement mesuré par des boucles électromagnétiques implantées dans
- Leur

Méthodes reposant sur la théorie du trafic

- Diagramme fondamental
- Diagramme fondamental macroscopique

Méthodes reposant sur des algorithmes d'apprentissage automatique capables de capter la relation non linéaire entre le débit et la vitesse

Les FCD

- Les FCD
- Le taux de pénétration reste faible (5%-10%) et ces données ne permettent pas à elles seules de connaître précisément le débit en un tronçon.

Comment tirer parti de la couverture FCD pour connaître le débit en des points du réseau non équipés de boucles électromagnétiques ?

ENJEU DE LA CONNAISSANCE DU DÉBIT

Les boucles

- Le débit est mesuré par des boucles électromagnétiques implantées dans les tronçons.
- Leur couverture est limitée à des tronçons précis.

Méthodes reposant sur la théorie du trafic

- Diagramme fondamental
- Diagramme fondamental macroscopique

Méthodes reposant sur des algorithmes d'apprentissage automatique capables de capter la relation non linéaire entre le débit et la vitesse

Les FCD

- Les données de FCD sont collectées par des capteurs embarqués.
- Le taux de pénétration reste faible (5%-10%) et ces données ne permettent pas à elles seules de connaître précisément le débit en un tronçon.

Comment tirer parti de la couverture FCD pour connaître le débit en des points du réseau non équipés de boucles électromagnétiques ?

MÉTHODES REPOSANT SUR LA THÉORIE DU TRAFIC

Diagramme fondamental

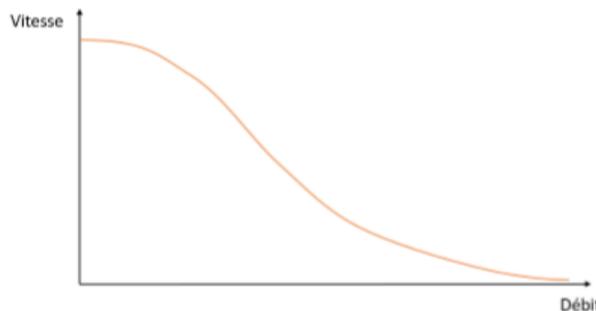
Démarche

Prérequis : disposer de stations de comptage double boucles (débit et vitesse) ;

1. **Caler un diagramme fondamental** en débit-vitesse sur les points de mesure fixes dont on dispose ;
2. **Etendre ce diagramme fondamental** sur les tronçons non instrumentés (problème de « clustering » des tronçons selon leurs caractéristiques géométriques : nombre de voies, déclivité, leurs caractéristiques « trafic » : vitesse maximale autorisée, pourcentage de trafic poids-lourds voire la période temporelle) ;
3. **Déduire la valeur de débit** par tronçon en fonction de la valeur de vitesse moyenne fournie par les données FCD.

Exemples :

- Gühnemann et al., 2004
- Cohen, 2015.



MÉTHODES REPOSANT SUR LA THÉORIE DU TRAFIC

Diagramme fondamental

Points de vigilance

1. **L'hypothèse d'invariance** du diagramme fondamental n'est pas systématique ;
2. Les résultats dépendent de la **qualité d'estimation du diagramme fondamental** ;
3. Recourir à cette méthode à l'échelle d'un réseau nécessite d'estimer un diagramme fondamental **pour chaque tronçon ou groupe de tronçons** aux caractéristiques de trafics similaires ;
4. Les données de boucles **souffrent de deux biais** (Buisson and Ladier, 2009) : l'un lié à leur localisation sur un tronçon ; l'autre lié à la sélection des tronçons équipés.

L'usage du diagramme fondamental, de données boucles et de données FCD permet sous certaines conditions d'estimer le débit en un point non équipé du réseau.

MÉTHODES REPOSANT SUR LA THÉORIE DU TRAFIC

Diagramme fondamental macroscopique (MFD)

Ambühl et al., 2017 - Zürich

- MFD combiné (données FCD et boucles) et MFD-FCD semblables ;
- MFD boucles induit des valeurs de concentration plus élevées que les deux autres approches.

Knoop et al., 2018 – Amsterdam

- MFD estimé à partir de données FCD Google Maps enrichies de l'information du débit relatif au débit maximal du tronçon.

Le MFD peut être calibré à partir de données FCD mais ne donne que des indications à l'échelle d'un réseau.

ENJEU DE LA CONNAISSANCE DU DÉBIT

Les boucles

- Le débit est traditionnellement mesuré par boucles électromagnétiques dans les tronçons.
- Leur couverture est limitée à des tronçons spécifiques et seuls quelques tronçons sont équipés.

Méthodes reposant sur la théorie du trafic

- Diagramme fondamental
- Diagramme fondamental macroscopique

Méthodes reposant sur des algorithmes d'apprentissage automatique capables de capter la relation non linéaire entre le débit et la vitesse

Les FCD

- Les FCD fournissent des données de vitesse et de temps de parcours sur un tronçon, mais ne permettent pas de connaître précisément le débit en un tronçon.
- Le taux de pénétration reste faible (5%-10%) et ces données ne permettent pas à elles seules de connaître précisément le débit en un tronçon.

Comment tirer parti de la couverture FCD pour connaître le débit en des points du réseau non équipés de boucles électromagnétiques ?

MÉTHODES REPOSANT SUR L'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

Démarche

Prérequis : disposer de stations de comptage (débit) ;

1. Regrouper les points de mesure du réseau en un nombre limité de « classes » (apprentissage supervisé ou non-supervisé) ;
2. Entraîner un modèle statistique à partir des données (débits issus des stations fixes et vitesses issues des données FCD) pour chaque classe ;
3. Prédire la valeur de débit.

Exemple :

- Li et al., 2021



MÉTHODES REPOSANT SUR L'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

Exemple - Li et al., 2021

- Expérimentation à Douai – tronçons de 1,2 km.
- Test de 19 algorithmes
- Test de trois approches :
 1. Un modèle pour tous les jours de la semaine
 2. Un modèle pour les jours ouvrés, un pour le week-end
 3. Un modèle par groupe de jours de la semaine identifiés par clustering
- Cette approche permet d'estimer des débits.
- Les performances peuvent être améliorées par l'usage de plusieurs modèles.

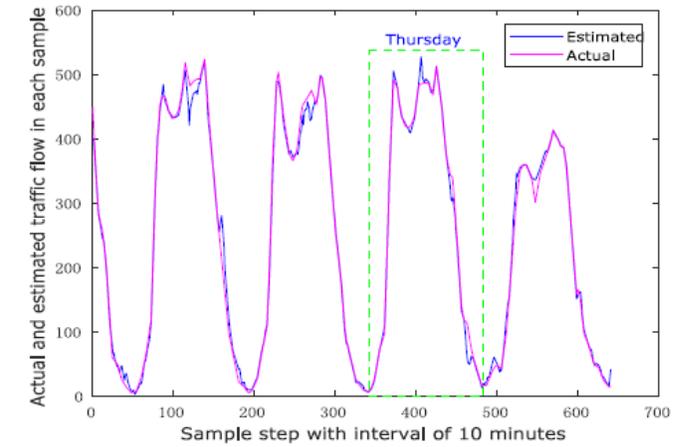


Fig. 25. Actual VS estimated traffic flow with $n = 24$ for weekdays only.

Comparison of statistical results (RMSE and RMSD are expressed in veh/h).

| Criteria | Single model | Manual multi-models | K-means multi-models |
|----------|--------------|---------------------|----------------------|
| RMSE | 37.3434 | 37.1286 | 23.827 |
| RMSD | 37.0281 | 36.9523 | 23.8084 |

CONCLUSION

- Le débit d'un tronçon non équipé de boucles électromagnétiques peut être estimé à partir de données FCD **sous certaines conditions**.
- Le recours à **une indication sur le niveau de débit**, souvent issue des boucles, reste nécessaire.
- Pour répondre à la **problématique de maintenance et de déploiement** des boucles électromagnétiques, il pourrait être envisagé **d'entraîner un modèle** de « machine learning » **ou de calibrer un diagramme fondamental** pour des **groupes de tronçons similaires** et sur des périodes lors desquelles les conditions de trafics sont également similaires.

Merci de votre attention

BIBLIOGRAPHIE

Ambühl, L. et al. (2017) 'Empirical Macroscopic Fundamental Diagrams: New insights from loop detector and floating car data', in TRB 96th Annual Meeting Compendium of Papers. 96th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB 2017), Transportation Research Board, p. 17. doi:10.3929/ethz-b-000167171.

Anuar, K., Habtemichael, F. and Cetin, M. (2015) 'Estimating Traffic Flow Rate on Freeways from Probe Vehicle Data and Fundamental Diagram', in 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems. 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 2921–2926. doi:10.1109/ITSC.2015.468.

Buisson, C. and Ladier, C. (2009) 'Exploring the Impact of Homogeneity of Traffic Measurements on the Existence of Macroscopic Fundamental Diagrams', Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2124(1), pp. 127–136. doi:10.3141/2124-12.

Cohen, S. (2015) Régulation du trafic sur A25 , Comparaison des temps de parcours « boucles » et FCD sur l'autoroute A25. IFSTTAR.

Geroliminis, N. and Daganzo, C.F. (2008) 'Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: Some experimental findings', Transportation Research Part B: Methodological, 42(9), pp. 759–770. doi:10.1016/j.trb.2008.02.002.

BIBLIOGRAPHIE

Gühnemann, A. et al. (2004) 'Monitoring Traffic and Emissions by Floating Car Data'. Available at: https://www.researchgate.net/publication/224793518_Monitoring_Traffic_and_Emissions_by_Floating_Car_Data (Accessed: 23 November 2021).

Jiang, Y. et al. (2021) 'Estimation of Hourly Traffic Flows from Floating Car Data for Vehicle Emission Estimation', *Journal of Advanced Transportation*, 2021, pp. 1–11. doi:10.1155/2021/6628335.

Knoop, V. et al. (2018) 'Empirical MFDs using Google Traffic Data', in, pp. 3832–3839. doi:10.1109/ITSC.2018.8570005.

Li, J. et al. (2021) 'Multi-models machine learning methods for traffic flow estimation from Floating Car Data', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 132, p. 103389. doi:10.1016/j.trc.2021.103389.

Mahmassani, H., Williams, J. and Herman, R. (1987) 'Performance of urban traffic networks', *Proceedings of the 10th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, pp. 1– 20