



HAL
open science

Fluidification du trafic Transilien : approche prédictive et optimisation quadratique

Florian Schanzenbacher, Rémy Chevrier, Nadir Farhi

► **To cite this version:**

Florian Schanzenbacher, Rémy Chevrier, Nadir Farhi. Fluidification du trafic Transilien : approche prédictive et optimisation quadratique. ROADEF 2016 - 17ème Conférence ROADEF (Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision), Feb 2016, Compiègne, France. 2p. hal-01397119

HAL Id: hal-01397119

<https://hal.science/hal-01397119>

Submitted on 13 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Fluidification du trafic Transilien : approche prédictive et optimisation quadratique

Florian Schanzenbächer¹, Rémy Chevrier², Nadir Farhi³

¹ ENPC, Cité Descartes, F-77455 Champs-sur-Marne
florian-sven.schanzenbacher@eleves.enpc.fr

² SNCF Innovation & Recherche, 40 avenue des Terroirs de France, F-75611 Paris Cedex 12
remy.chevrier@sncf.fr

³ Université Paris-Est, COSYS, GRETTIA, IFSTTAR, F-77447 Marne-la-Vallée, France
nadir.farhi@ifsttar.fr

Mots-clés : *Trafic ferroviaire, mass-transit, approche prédictive, optimisation quadratique.*

1 Contexte

Avec plus d'un million de voyageurs quotidiens, la ligne RER A est la ligne ferroviaire la plus empruntée d'Europe et présente plusieurs particularités. En effet, cette ligne est composée de cinq branches et est exploitée par deux compagnies, dont SNCF Transilien qui assure l'exploitation des branches de la zone à partir de Nanterre-Préfecture jusqu'à Cergy-le-Haut et Poissy (cf. Fig 1). Une autre particularité vient du fait que la branche exploitée par Transilien et menant à Cergy-le-Haut partage son infrastructure avec la ligne L3 provenant de la gare Paris-Saint-Lazare. En heures de pointe (7 :00–9 :00 et 17 :00–20 :00), 18 trains (12 RER A + 6 L3) circulent sur le tronçon commun dans chaque sens par heure. Durant ces périodes, de nombreuses perturbations viennent troubler le bon fonctionnement de la ligne et la fluidité de la circulation. Le projet Fluidification, initié par SNCF Transilien et mené par la Direction Innovation & Recherche de SNCF, vise à fluidifier le trafic en optimisant le débit d'une ligne en dépit des aléas pouvant survenir sur celle-ci.

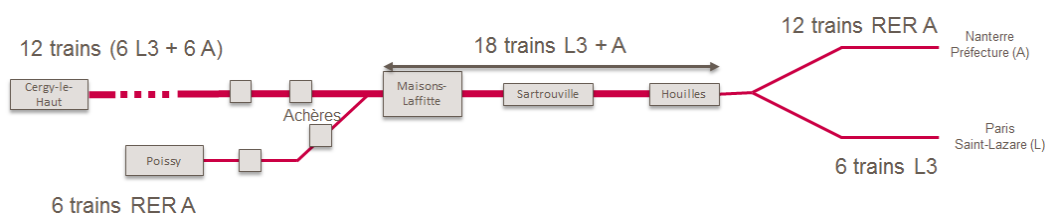


FIG. 1 – Périmètre d'étude : zone commune des lignes RER A et L3

Les perturbations proviennent, pour une grande part, de la forte variance sur les temps de parcours et les temps d'arrêt en gare. En effet, le plan de transport est construit sur la base des temps de marche théoriques correspondant à une maîtrise parfaite de la vitesse et à des temps d'arrêt parfaitement respectés. En situation opérationnelle, il est évidemment très difficile pour un agent de conduite de respecter les consignes de vitesse et de temps d'arrêt. Or, dans un contexte de *mass-transit*, la forte densité de trains accentue la sensibilité du système aux aléas car la marge de rattrapage est très faible et les interactions entre les trains sont très fortes, si bien qu'une perturbation peut impacter l'ensemble des trains de la ligne. La perte de fluidité se manifeste alors par des effets « accordéon » dus aux espacements des trains incohérents avec le plan de transport.

Pour rétablir des espacements suffisants entre les trains et permettre une bonne circulation, plusieurs mécanismes d'action sont possibles dont les temps d'arrêt en gare. Le projet Fluidification vise à montrer qu'une gestion dynamique des temps d'arrêt en gare permet d'augmenter le débit de la ligne.

2 Méthode de fluidification

L'objectif est de maintenir la fluidité de la circulation en optimisant les temps d'arrêt en gare : conserver le nombre de trains prévus (la grille) tout en limitant la propagation des retards. Pour ce faire, nous avons adopté un mécanisme de rétention à quai : la *Green Wave* [1], dans lequel le train attend le signal de top-départ lui indiquant qu'à son redémarrage, il ne rencontrera que des signaux *voie libre* (VL), en faisant l'hypothèse que le train précédent roule normalement.

Basée sur une approche prédictive [2], la méthode exploite un programme linéaire qui projette les trajectoires des trains $i \in T$ sur un horizon de plusieurs gares $k \in H$. Soit ${}^dX_i^k$ le retard (ou avance) au départ du train i à la gare k et u_i^k la variable de contrôle à calculer, indiquant le temps en plus ou en moins à ajouter aux temps d'arrêt théoriques w_k . Dans notre approche, la fonction d'objectif est quadratique :

$$J = \min p \sum ({}^dX_i^k - {}^dX_{i-1}^{k+1})^2 + r \sum ({}^dX_i^k)^2 + s \sum (u_i^k)^2$$

celle-ci consiste à réguler le trafic à travers deux critères : harmoniser les intervalles entre les trains $i \in T$ (premier terme de la fonction), réduire les retards (deuxième terme) tout en lissant les effets du contrôle (troisième terme). Dans le programme linéaire, une contrainte d'intervalle permet d'éviter les conflits entre les trajectoires des trains.

3 Résultats

Des simulations microscopiques réalisées sur une modélisation simplifiée de la ligne, étudiée dans un environnement perturbé, ont permis de mettre en évidence l'intérêt de gérer dynamiquement les temps d'arrêt, contrairement à une non-intervention. Quatre séries de 100 simulations ont été effectuées : 18, 19 trains par heure et avec, sans optimisation des temps d'arrêt. Pour un temps de parcours d'environ 800 s en situation nominale, sans optimisation, nous constatons une dérive importante des temps de parcours (+160 s et +400 s) contrairement aux cas où il y a une gestion dynamique des temps d'arrêt (+40 s, +100 s).

TAB. 1 – Résultats à l'issue d'une période de pointe de deux heures avec et sans gestion dynamique des temps d'arrêt (Référence de temps de parcours : 800 s).

Fréquence	Diff. temps moyen (s)		#Signaux VL rencontrés	
	Sans optim.	Avec optim.	Sans optim.	avec optim.
18	+160	+40	89%	98%
19	+400	+100	78%	92%

Références

- [1] Corman, F., D'Ariano, A., Pacciarelli, D., & Pranzo, M. Evaluation of green wave policy in real-time railway traffic management. *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*, 17(6), 607-616, 2009.
- [2] Van Breusegem, V., Campion, G., & Bastin, G. Traffic modeling and state feedback control for metro lines. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 36(7), 770-784, 1991.