



RESUME PRODUITS ET SERVICES INNOVANTS

Outil de visualisation pour l'analyse du trafic et des flux voyageurs dans un réseau de transport multimodal

Flore Vallet, Chercheuse – IRT SystemX | CentraleSupélec; Ahmed Amrani, Ingénieur Chercheur ; Yann Briand, Référent Thématique; Mostepha Khouadja, Chef de Projets R&D – IRT SystemX

1/ Enjeux, objectifs : A quels besoins répondent-ils ?

De nos jours, dans les villes intelligentes, le développement des technologies de streaming des données et la croissance rapide des capacités de stockage permettent de faciliter la collecte de ces données et améliorer leur disponibilité et leur traitement. Ceci est autant plus vrai pour les transports en commun où les données sont collectées sur la base des journaux de bord, des capteurs d'embarquement et de débarquement, des horaires de passage en temps réel, etc.

Plusieurs cas d'utilisation de ces données peuvent avoir un intérêt pour un exploitant : d'une part, elles peuvent servir pour restituer l'état courant du système de transport par le calcul d'indicateurs clés de performance. D'autre part, elles peuvent servir à anticiper l'état futur du réseau de transport en fournissant des prévisions et des estimations selon ces mêmes indicateurs.

Dans le cadre du **projet IVA (information Voyageur Augmentée)** à l'IRT SystemX, nous développons **un outil d'aide à la décision** présentant une vue croisée et articulée entre les indicateurs observés du réseau ainsi que leur prévision à différentes échelles spatiales et temporelles. Cet outil doit permettre à l'opérateur **d'analyser le réseau de transport** dans différents contextes afin d'en **améliorer la gestion et la planification**, notamment dans des **conditions de perturbation**.

2/ Caractéristiques

Le portail de visualisation propose une analyse conjointe du trafic et des flux voyageurs. Ce portail pour objectif d'offrir une vue croisée entre différents indicateurs du réseau de transport construits aussi bien sur la demande que sur l'offre, pour différentes échelles spatiales (train, station, branche, réseau) et temporelles (minutes, heures, jours,...). Les fonctionnalités de cet outil se résument ainsi :

- **Observer et calculer des indicateurs de performance** sur le système de transport multimodal (retard, charge à bord des trains, affluence en station ...) sur la base des remontées de données historiques et en temps réel.
- **Prévoir l'évolution de ces indicateurs** sur différents horizons temporels en s'appuyant sur des algorithmes innovants d'apprentissage automatique et des modèles statistiques d'estimation.
- **Détecter des situations de dysfonctionnement** du système de transport (perturbations, incidents, ...) et analyser leurs impacts et leur propagation sur le réseau de transport.
- **Analyser les parcours voyageurs** par affectation des flux et les confronter en situation **nominale et perturbée**.

L'outil se présente sous la forme d'un portail de visualisation destiné à être déployé dans un centre de gestion et de régulation de trafic. Il offre la possibilité de dérouler l'évolution du réseau de transport en proposant des projections et des rendus des indicateurs calculés à l'aide de plusieurs représentations visuelles.

3/ Partenaires impliqués

Le portail d'analyse du trafic et des flux passagers est développé dans le cadre du projet IVA (Information Voyageur Augmentée) piloté par l'**institut de Recherche Technologique SystemX** et en partenariat avec **Ile-De-France Mobilités (IDFM)** et **SNCF Transilien**.

4/ Résultat de l'expérimentation et/ou de sa mise en œuvre

Le périmètre d'expérimentation a été mené sur la ligne **SNCF Transilien H**, qui relie Paris-Nord à la banlieue nord-ouest. Celle-ci compte 138 kilomètres, est desservie quotidiennement par 476 trains et transporte plus de 202 500 voyageurs. On s'intéresse également aux interconnexions directes de cette ligne avec les autres modes : RER C, B, D, Lignes K, J, et le réseau de bus. Ces interconnexions sont d'intérêt notamment lors de perturbations afin de visualiser des phénomènes de reports modaux par exemple.

Plusieurs **tableaux de bord** et **représentations de data visualisation** sont mises en œuvre afin de visualiser les



indicateurs sur les flux, le trafic et les parcours voyageurs : graphe espace-temps, cartes de chaleur, sunbursts, histogrammes, etc. Un travail de co-création est mené avec les partenaires pour scénariser les situations d'usage envisagées et une logique de navigation fluide.

5/ Perspectives de développement / Conclusion

Cet outil permet de mettre en avant la valeur ajoutée qu'on peut extraire à partir des données de mobilité, en s'appuyant sur des **techniques avancées de machine learning, de data visualisation, de conception centrée usager et de User Interface design**. Il représente un **outil d'analyse** permettant de rejouer le déroulement de journées d'intérêt pour l'opérateur exploitant. Il permet de **mieux comprendre les déplacements des voyageurs** dans différents contextes qu'ils soient **ordinaires ou perturbés**, et de voir l'impact de ces perturbations sur le réseau en terme de report modal, de retard enregistré, ou de saturation sur les différents modes de transport. Il offre à l'opérateur exploitant un **outil d'aide à la décision afin de mieux planifier et gérer son système de transport face à des situations et contextes déjà rencontrés**. En temps de **crise sanitaire**, cet outil donne à l'opérateur une meilleure vision de la **répartition des flux voyageurs** à bord des trains et en gares. Il lui permet **d'adapter et de contrôler son offre** en l'accompagnant pour mieux **générer sa flotte** notamment en anticipant une trop forte demande. Ceci peut se résumer par l'augmentation de la fréquence de passage des trains, la redirection des voyageurs vers une station moins saturée, ou à l'extrême la restriction d'accès à des stations en cas d'impossibilité d'instaurer les **règles sanitaires** de distanciation physique dues à la **pandémie**.

Brève biographie du ou des auteurs :

Agrégée de Sciences Industrielles et docteur en éco-conception de l'Université de Technologie de Compiègne, **Flore VALLET** est chercheuse sénior à l'Institut de Recherche Technologique SystemX et enseignante-chercheuse rattachée au Laboratoire Génie Industriel de CentraleSupélec. Elle est impliquée dans les travaux de la Chaire Anthropolis, qui s'intéresse à la mobilité centrée sur les usages et à la scénarisation des futurs usages de mobilité. Ses recherches portent sur l'éco-conception, l'éco-innovation et la conception innovante centrée usager.

Ahmed AMRANI est ingénieur chercheur au sein de l'Institut de Recherche Technologique SystemX. Il intervient dans plusieurs projets de R&D dans les domaines de la mobilité et de l'énergie. Docteur en informatique diplômé de l'université de Paris-Sud, il dispose de plus de 10 ans d'expérience professionnelle en intelligence artificielle et en architecture logicielle. Il a travaillé dans plusieurs entreprises en tant qu'ingénieur R&D en Intelligence Artificielle et ingénieur logiciel de systèmes complexes notamment de télé-billettique.

Yann BRIAND est manager au sein de l'Institut de Recherche Technologique SystemX, en charge de l'animation du secteur mobilité. Son domaine couvre notamment les ITS, le MaaS, l'information voyageur, le calcul d'itinéraire, la régulation de trafic, l'optimisation de réseaux.

Mostepha KHOUADJIA est chercheur et chef de projets R&D à l'Institut de Recherche Technologique SystemX. Il a obtenu son doctorat en informatique à l'Université de Lille, et a poursuivi sa carrière dans la recherche avec un post-doctorat à l'INRIA Saclay-Île-de-France et dans l'industrie auprès de grands groupes avant de rejoindre SystemX. Ses domaines d'expertise portent sur l'intelligence artificielle, la data science, l'optimisation combinatoire, et la simulation multi-agents. Cette expertise est appliquée sur des problématiques diverses autour de la mobilité urbaine, les systèmes de transport, la logistique, et les villes intelligentes.