

# INTEGRATION DES VEHICULES INTELLIGENTS DANS UN CONTEXTE MULTIMODAL

Pierre-Yves Gilliéron

EPFL-TOPO; VSS FK1 trafic

Alexandre Milot

Transportation Center @ EPFL



Colloque franco-suisse – 28-29 avril 2016

# Sommaire



- Le centre des transports de l'EPFL - TRACE
- Introduction
- Contexte de la mobilité urbaine
- Planification et exploitation de véhicules sans conducteurs
- Vers un service à la demande adaptatif
- Véhicules intelligents dans les carrefours
- Questions ouvertes

# Trace – Transportation Center

- Le rôle du Centre de Transport (TRACE) de l'EPFL est de **promouvoir les compétences scientifiques** de l'EPFL auprès du monde extérieur
- TRACE représente l'**interface principale** pour tous les sujets en lien avec le **transport et la mobilité**

## **L'approche est la suivante:**

- Rassembler les laboratoires de recherche ayant des applications possibles en lien avec le transport et la mobilité
- Faire émerger des sujets d'intérêt commun entre les laboratoires de l'EPFL et les industriels/entités publiques

# Trace – Transportation Center

## EPFL research disciplines

- ✓ Mathematics & Computer Sc.
- ✓ Physics
- ✓ Civil Engineering
- ✓ Electrics & Electronics
- ✓ Information & Communication
- ✓ Mechanics & Material
- ✓ Environment
- ✓ Life Sciences
- ✓ Social sciences
- ✓ Economics

## TRACE industrial applications



**Driverless vehicles**



**Urban planning and land use**



**Transport economics**



**Intelligent transportation systems**



**Pedestrian flows & mobility behavior**



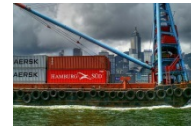
**Environment management**



**Energy management**



**Information and communication**



**Multimodality**

# Introduction

- L'automatisation des véhicules (privés ou publics) est aujourd'hui devenue un enjeu majeur pour faire face aux besoins de mobilité de demain
- Présentation de 2 facettes complémentaires parmi les enjeux de l'automatisation de la conduite
  - ▣ Gestion d'une flotte de navettes autonomes publiques
  - ▣ Comportement de véhicules intelligents aux carrefours

# Contexte de la mobilité urbaine

- ❑ Projet pilote en ville de Sion (Valais)
- ❑ Déploiement de navettes de type Navia
- ❑ Centre de la vieille ville, zone piétonne

connait des mutations fondamentales. Selon M. Cueni, la Poste ne doit cependant pas répéter l'histoire des taxis traditionnels et de leur passivité jusqu'à l'arrivée d'Uber sur le marché, une concurrence inédite qu'ils tentent désormais d'évincer par des moyens juridiques. «Nous préférons cerner notre rôle en amont et savoir comment nous pouvons intégrer les nouveautés comme la navette autonome dans notre système»,

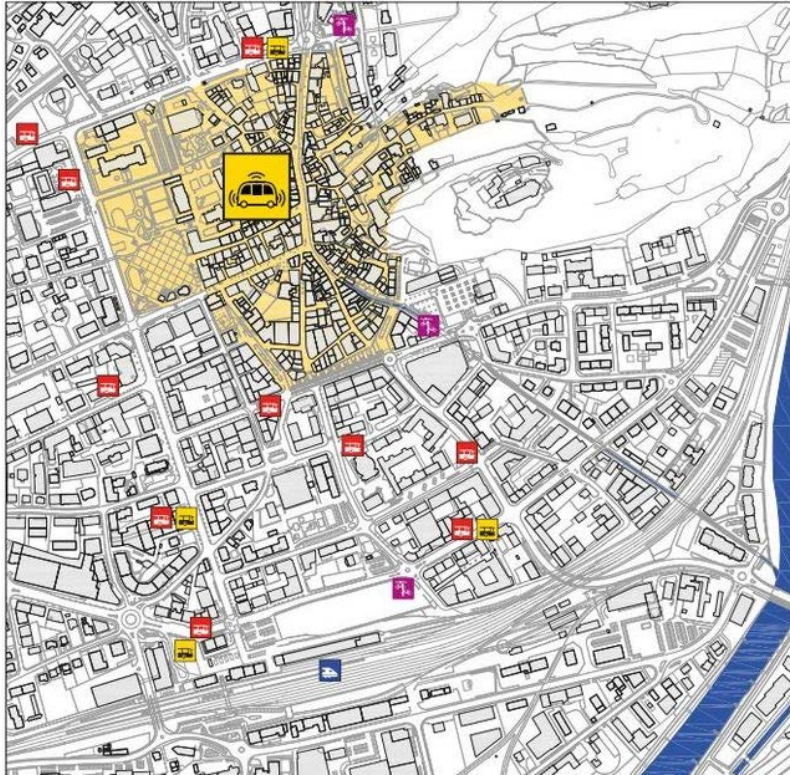
# Contexte de la mobilité urbaine

- ❑ Service de navettes autonomes (2016-17)
- ❑ Complément de l'offre de transports publics
- ❑ Accès à des zones non desservies en dehors des horaires d'opérations classiques

les agglomérations et villes avec la croissance démographique», explique Roman Cueni, membre de la direction de CarPostal Suisse SA. «Si nous voulons conserver le même niveau de prix et d'offre de mobilité, nous avons besoin de nouvelles formes de mobilité. Le véhicule autonome est une de ces nouvelles formes.»



# Contexte de la mobilité urbaine



-  Gare CFF
-  Arrêt CarPostal
-  Arrêt Bus Sédunois
-  Zone navette autonome
-  Station PubliBike





# Planification et exploitation de véhicules sans conducteurs

- Projet de recherche «Innovative fleet management algorithms for planning and operation of autonomous vehicles»
- Laboratoire LUTS-EPFL (Urban Transport System Lab)
  - ▣ Prof. Nikolas Geroliminis
  - ▣ Claudia Bongiovanni



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Commission for Technology and Innovation CTI



**BESTMILE**  
THE MISSING LINK



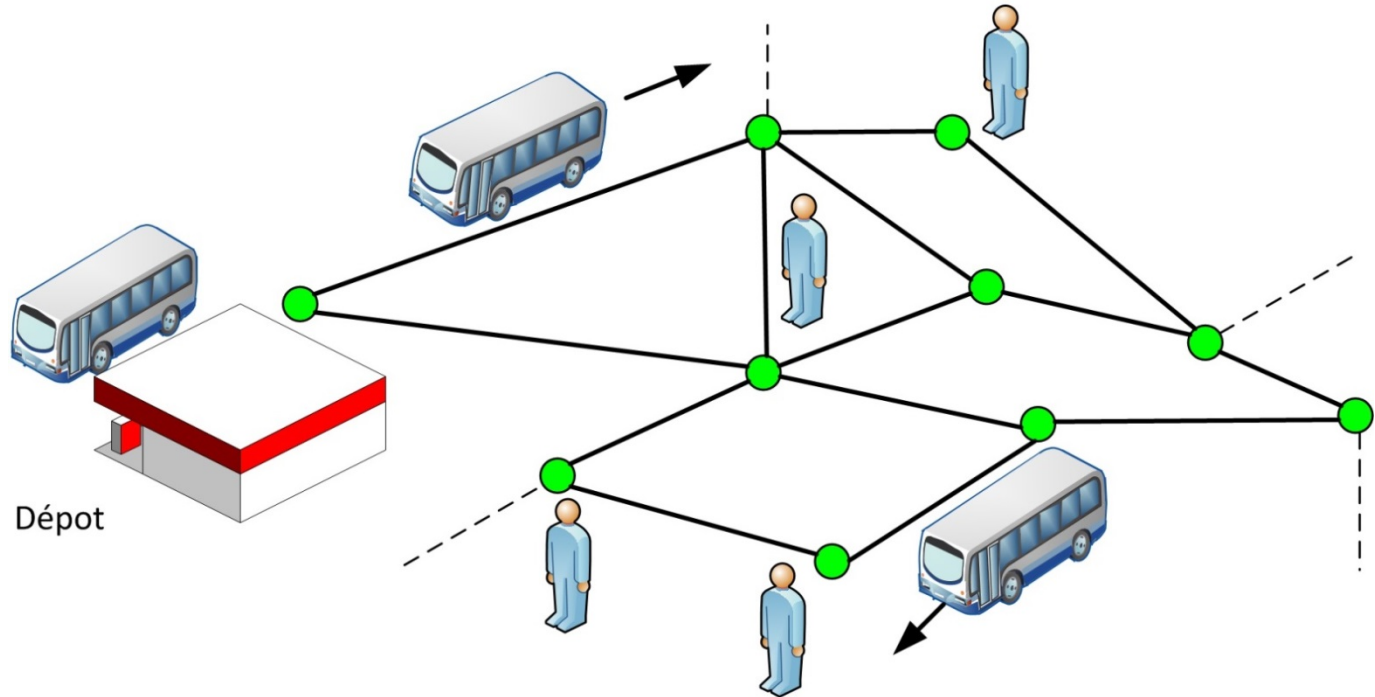
VILLE DE SION

# Planification et exploitation de véhicules sans conducteurs

- Développement de stratégies pour la conception adaptative de réseaux de transport et optimisation
- Contexte : planification opérationnelle et systèmes de gestion de la demande (**Demand-Responsive Transit-DRT**) pour des véhicules autonomes
- DRTs: classe de services de transport qui fournit des trajets à la demande en utilisant la capacité d'une flotte de minibus autonomes

# Planification et exploitation de véhicules sans conducteurs

## □ Problème de la gestion de la demande



# Planification et exploitation de véhicules sans conducteurs

- DRTs: intérêt pour la gestion de la mobilité dans les villes en proposant un service flexible de véhicules partagés, combinant les principes des transports publics (ligne, horaire) et des taxis (à la demande)
- La conception de minibus autonomes qui vont intégrer du DRT est en cours de développement dans quelques villes en Suisse (ex. Sion)

# Planification et exploitation de véhicules sans conducteurs

- La gestion d'une flotte de véhicules est une tâche d'optimisation difficile qui repose sur des algorithmes de la classe des problèmes « NP-complet » (théorie de la complexité)
- Les algorithmes pour résoudre ces problèmes de décision génèrent un temps de calcul exponentiel fonction du nombre de demandes et de véhicules (difficile à exploiter en pratique)

# Planification et exploitation de véhicules sans conducteurs

- Dans le cas de la DRT pour des véhicules autonomes, le problème devient encore plus complexe
- Challenge : proposer une planification optimale dans un temps raisonnable pour les usagers des services de minibus



# Service à la demande adaptatif

- La problématique d'un **service à la demande** (Dial-a-Ride) appartient aux problèmes "NP-complet" que l'on retrouve dans la gestion des parcours et horaires d'une flotte de véhicules
- **Cas statique**: système de pré-réservation des courses, routes prédéfinies
- **Cas dynamique**: réservation en continu, adaptation en temps réel du parcours
- Peu de solutions disponibles pour les véhicules autonomes

# Service à la demande adaptatif

- Spécifications du service adaptatif
  - ▣ Les véhicules quittent le dépôt au début du service
  - ▣ Les véhicules retournent au dépôt à la fin du service
  - ▣ Les véhicules peuvent s'arrêter à des places pour recharger leurs batteries (gestion de l'énergie)
  - ▣ Les véhicules peuvent s'arrêter à n'importe quelle place attirée (ils ne retournent pas au dépôt)
  - ▣ L'optimisation est calculée par rapport à un temps de rotation (variable)
    - A la fin d'un horizon temporel, un nouveau calcul d'optimisation est fait en fonction des conditions
  - ▣ La stratégie d'optimisation doit permettre d'économiser des km parcourus, de minimiser le temps de recharge et le temps d'inutilisation des véhicules, et de maximiser le niveau de service du système

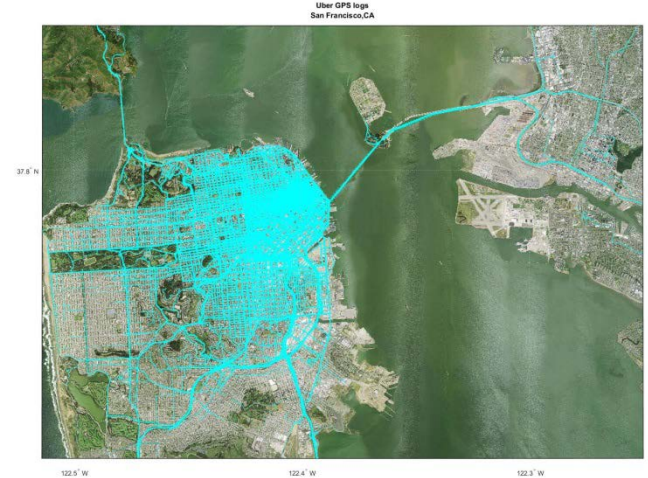


# Service à la demande adaptatif

- Conception de l'algorithme d'optimisation
  - ▣ Approche générale qui permet de l'adapter à différentes typologies de réseaux
  - ▣ Utilisation de techniques d'apprentissage (**machine learning**) et de regroupement (**clustering**) permettant de grouper les demandes qui pourraient être attribuées à un même véhicule
  - ▣ Stratégie de zonage basée sur un regroupement dynamique en respectant quelques principes (balance entre centre ville et périphérie)
  - ▣ Usage dans un contexte mixte «statique et dynamique» (les usagers peuvent réserver leur parcours, mais on peut aussi accepter des demandes à la volée)

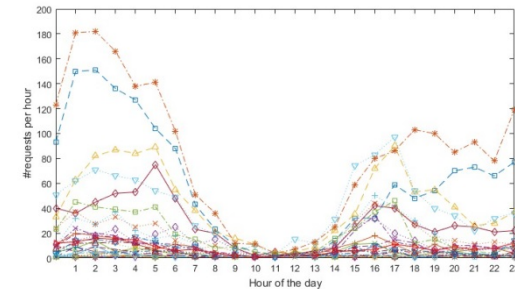
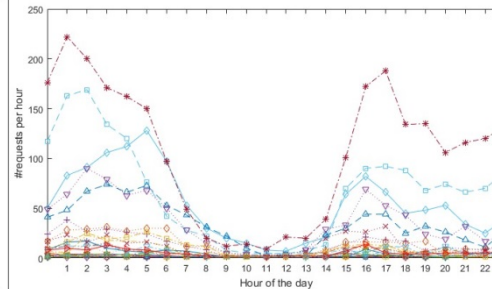
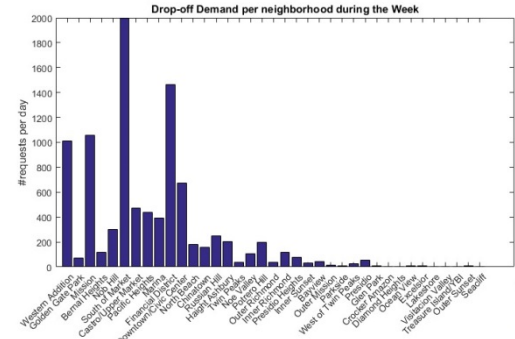
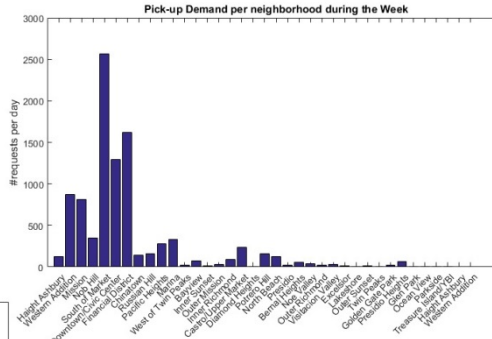
# Service à la demande adaptatif

- Test et validation
  - Utilisation de jeux de données de Uber sur San-Francisco
  - Grand nombre de traces GPS et logs
  - Concept «Uber pool»



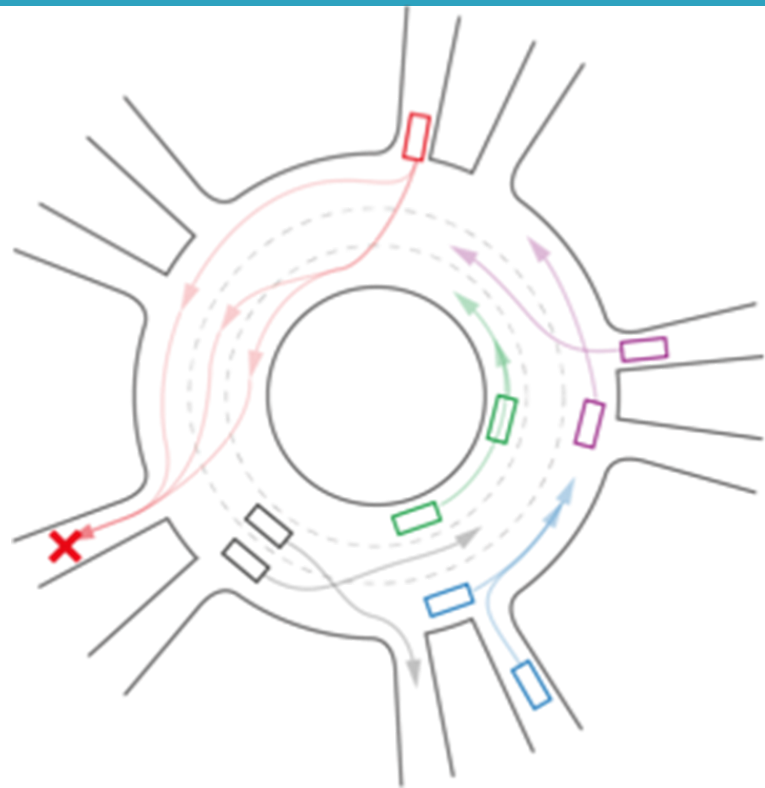
# Service à la demande adaptatif

- Jeu de données
- San-Francisco
- Ex. en semaine



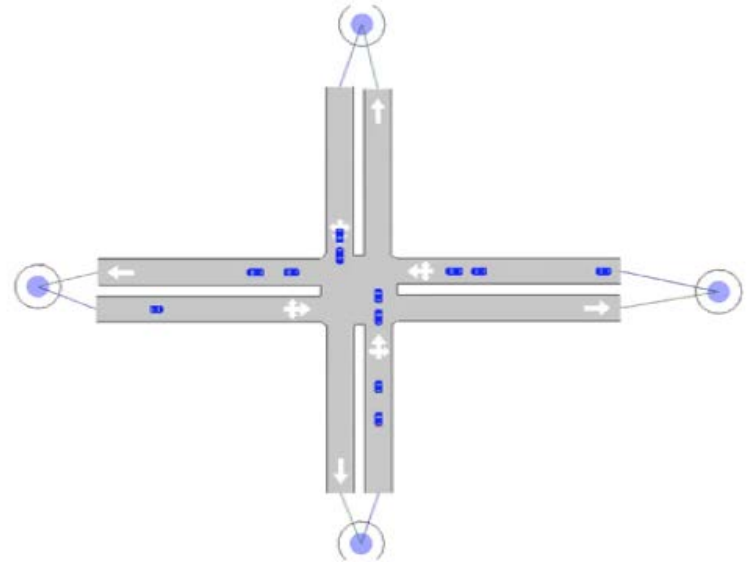
# Véhicules intelligents dans les carrefours

- Drive4All: projet de gestion décentralisée du contrôle de véhicules intelligents: «Decentralized Predictive and Reactive Control of Smart Vehicles»
- Laboratoire REACT-EPFL (Coordination and Interactions Systems Group)
  - Dr Denis Gillet
- Chaire internationale en conduite automatisée – Drive for all
  - <http://chair-driveforyou.com/>



# Véhicules intelligents dans les carrefours

- Carrefour en croix
- Concept pour le croisement de véhicules connectés (semi-autonomes) aux carrefours denses
- But: économie d'énergie et amélioration de la fluidité du trafic



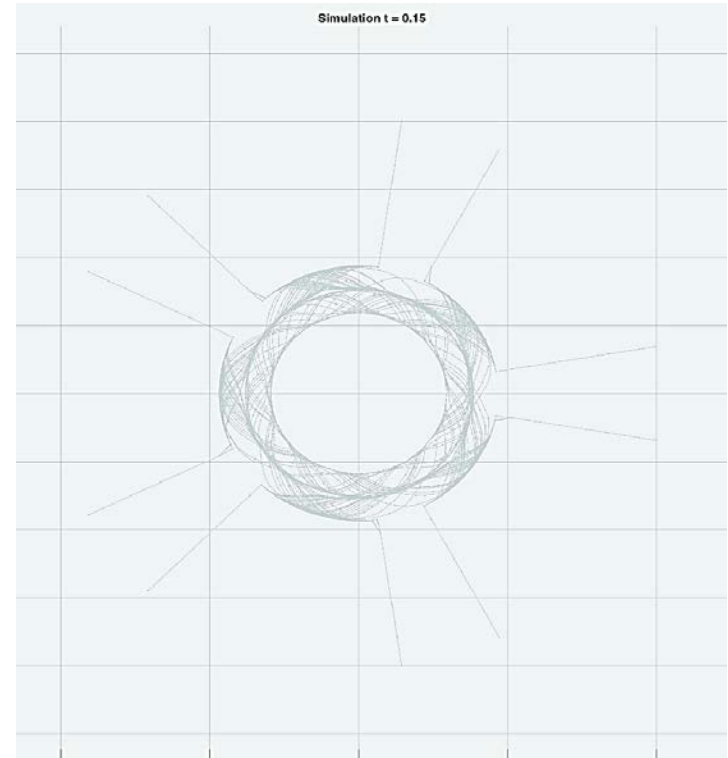
# Véhicules intelligents dans les carrefours

- Simulations dans un giratoire
- Relations inter-véhicules
  - ▣ C2C et/ou C2I
  - ▣ Véhicules avec/sans chauffeur
- Giratoire = Hub local
- Manoeuvres coordonnées
  - ▣ Croisement, fusion, séparation
- Gestion implicite ou explicite des priorités
- Anticipation
  - ▣ Adaptation vitesse, comportement



# Véhicules intelligents dans les carrefours

- Estimation de la trajectoire de collision
  - ▣ Estimer celui qui passe en premier
  - ▣ Réaction en cas d'évènement inattendu
  - ▣ Incertitudes
    - Absence de transmission
    - Conducteurs humains
- Approche à partir de recommandations simples



# Questions ouvertes

- Quelle approche faut-il privilégier pour intégrer les différents modes dans le développement de services globaux ?
- Quelles options ou offres de modes de transports faut-il prévoir et proposer aux utilisateurs ?



# Questions ouvertes

- Quelle est l'attractivité de navettes automatiques dans un contexte multimodal et pour les déplacements en ville ? Ainsi que dans un marché déjà très concurrentiel (taxis, Uber,...)
- Quel est l'impact pour les villes, dans la gestion et la planification des transports dans les hyper-centres (mixité du trafic, zones piéton/vélos,...)?

# Contact

## □ TRACE-EPFL

- <http://transport.epfl.ch/>

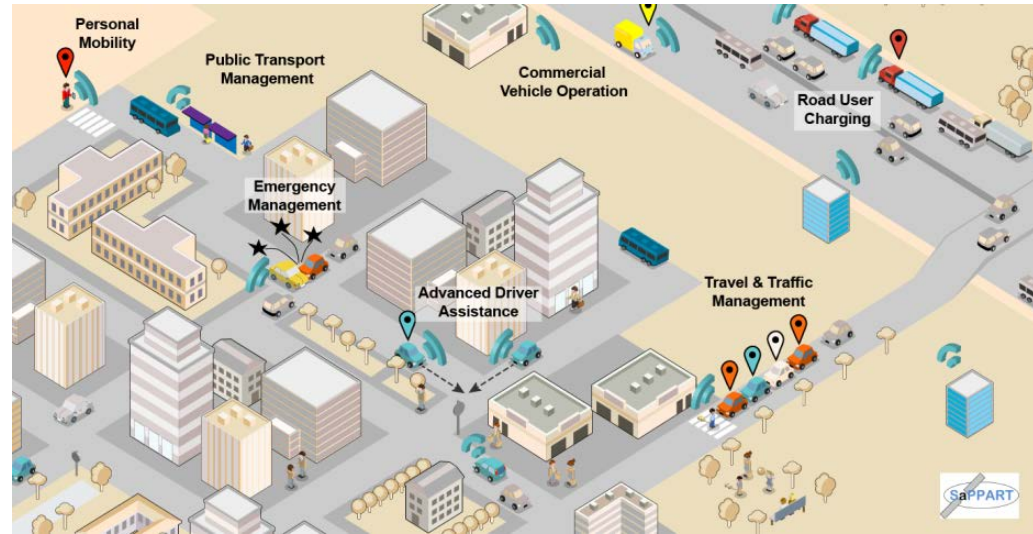
- [trace@epfl.ch](mailto:trace@epfl.ch)

- Alexandre Milot

## □ TOPO-EPFL

- <http://topo.epfl.ch/>

- Pierre-Yves Gilliéron



Action COST SaPPART sur l'intégrité du positionnement

[www.sappart.net](http://www.sappart.net)