

**Institut français
des sciences et technologies
des transports, de l'aménagement
et des réseaux**

Comment recueillir des informations de position provenant de véhicules traceurs

**Les différentes techniques : principe,
avantages et inconvénients**

Pierre-Yves Gilliéron (EPFL)
François Peyret (Ifsttar)



IFSTTAR

Table des matières

- Introduction
- Traceurs continus GNSS
- Traceurs continus GSM
- Traceurs points à points
- Conclusions



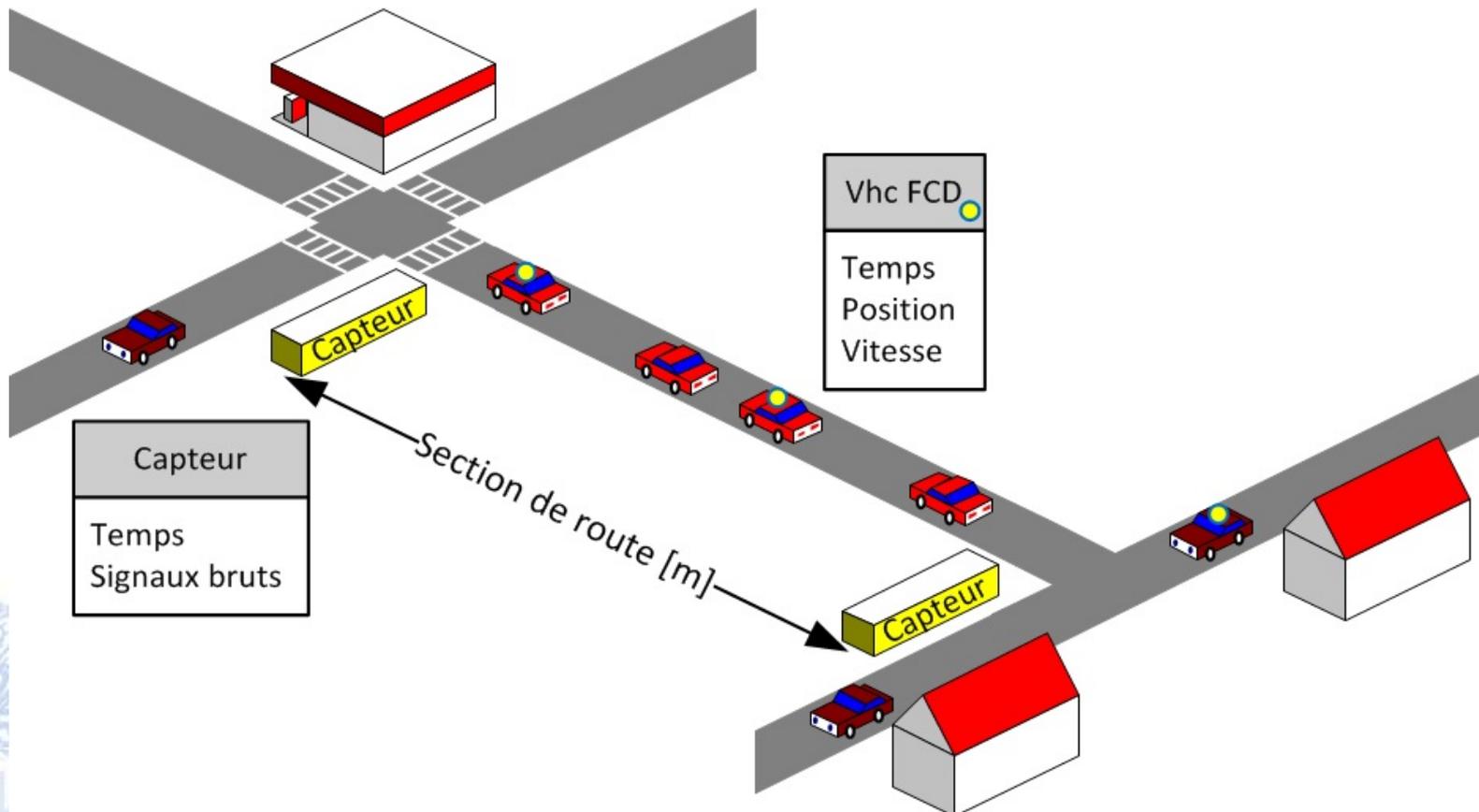
Introduction : deux approches traditionnelles en métrologie de trafic

- Eulérienne
 - Basée sur l'estimation du flux (comptages)
 - Mesures à des points spécifiques de la route
 - Boucles, caméras : détection de tous les véhicules traversant l'espace de monitoring
- Lagrangienne
 - Basée sur des paramètres liés au véhicule
 - Mesures le long de la trajectoire des véhicules
 - GPS, GSM : «*Floating car data*» (FCD)
 - Seule une partie des véhicules sont tracés



Introduction: deux approches

- FCD: Véhicules flottants



Introduction : deux familles de véhicules traceurs

- Première famille : les véhicules traceurs dont la position est mesurée « en continu »
 - Le véhicule est muni d'un équipement embarqué permettant de mesurer sa position (GNSS, GSM)
 - La position est mesurée à intervalles réguliers et transmise à un système central qui exploite cette information
 - Approche purement Lagrangienne
- Deuxième famille : les véhicules traceurs dont la position est mesurée « point à point »
 - On détecte le passage de certains véhicules (identifiés sans ambiguïté) en certains points de passage
 - On en déduit des temps de parcours entre les points
 - Approche mixte Lagrangienne/Eulérienne

Traceurs continus GNSS (1/7)

- Principe général

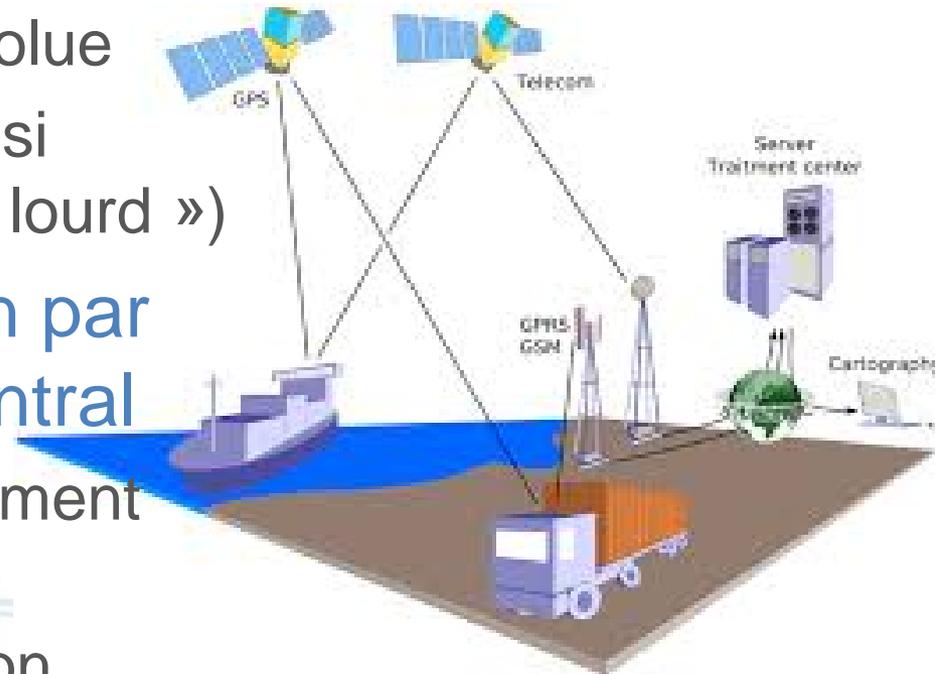


- Localisation GNSS embarquée

- Calcul de la position absolue
- Map-matching éventuel (si équipement embarqué « lourd »)

- Remontée de la position par GPRS à un système central

- Map-matching (si équipement embarqué « léger »)
- Traitement de l'information





Traceurs continus GNSS (2/7)



- Avantages
 - Localisation globale (partout), continue, disponible, potentiellement très précise et économique
 - Nombre de traceurs potentiellement très élevé et croissant fortement de manière naturelle
 - Aucun équipement sur l'infrastructure
 - Possibilité de mesurer également la vitesse
- Inconvénients
 - Nécessite un lien de communication (coût, charge...)
 - Performances de la localisation et du map-matching pouvant être très dégradées en milieu urbain dense
 - Confidentialité des données
 - Modèle économiques...

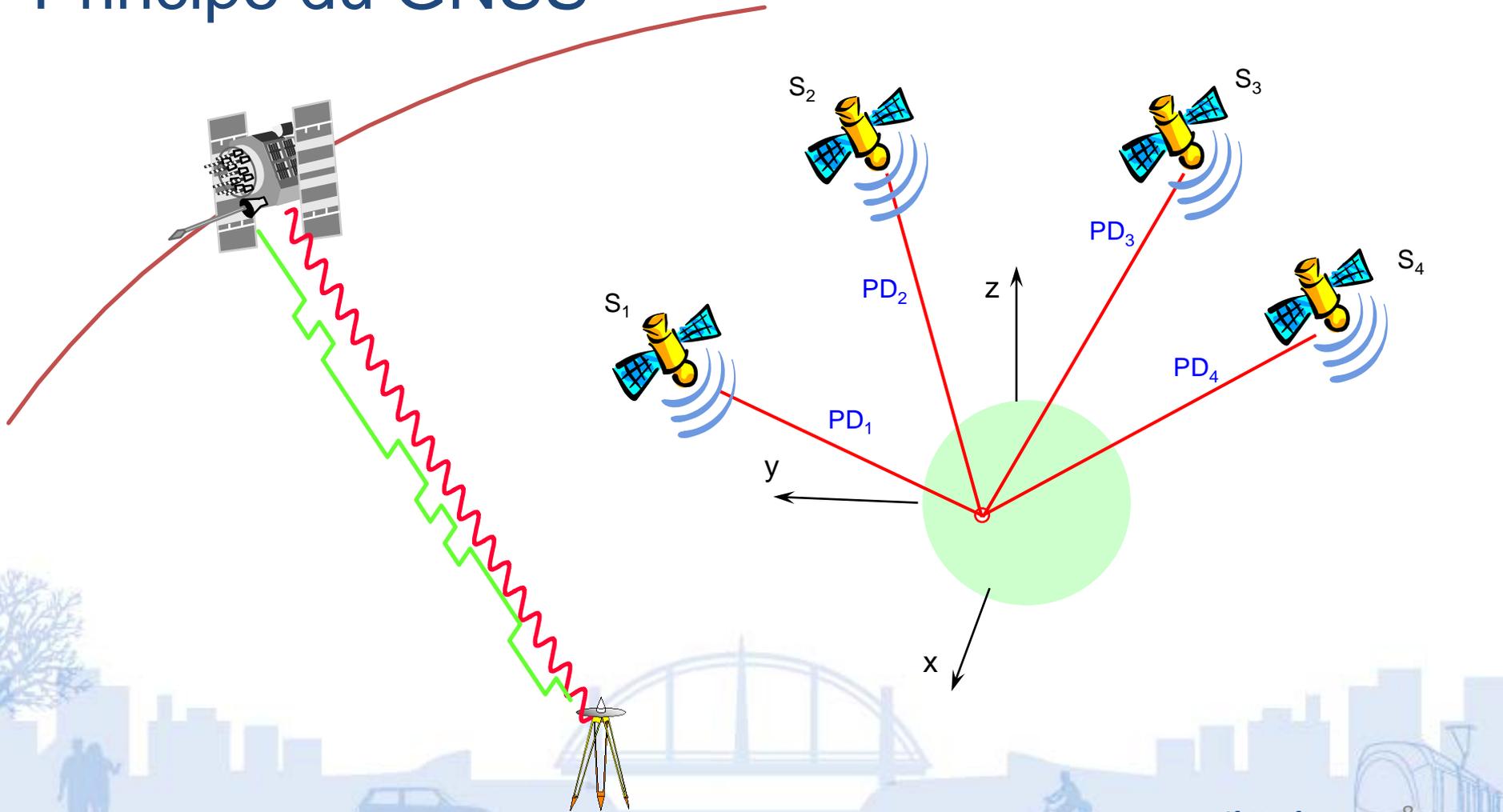




Traceurs continus GNSS (3/7)



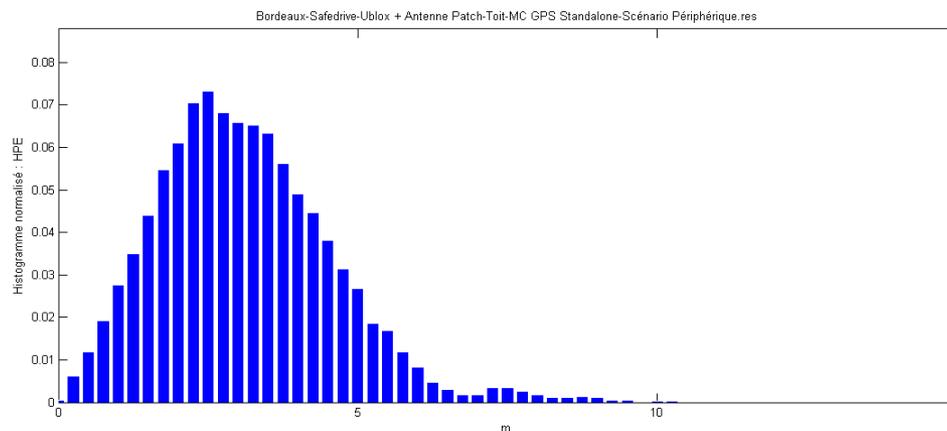
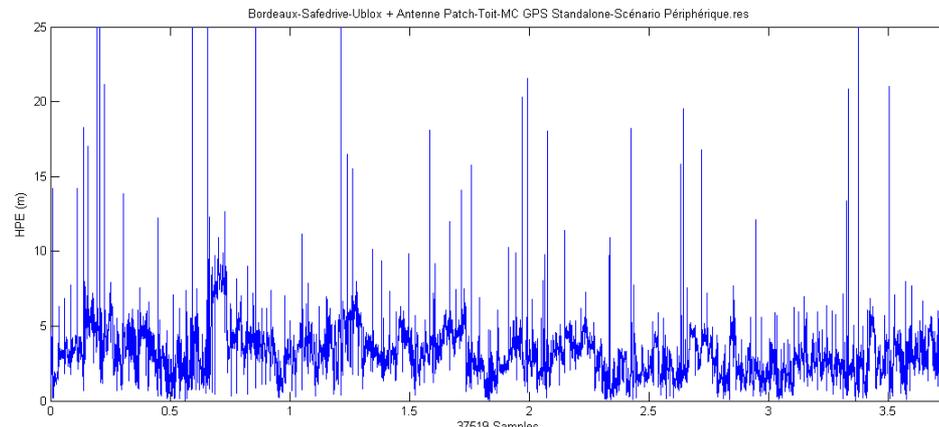
Principe du GNSS



Traceurs continus GNSS (4/7)

Dégradations apportées par l'environnement urbain

Erreurs planes observées sur un récepteur GPS *bas de gamme*



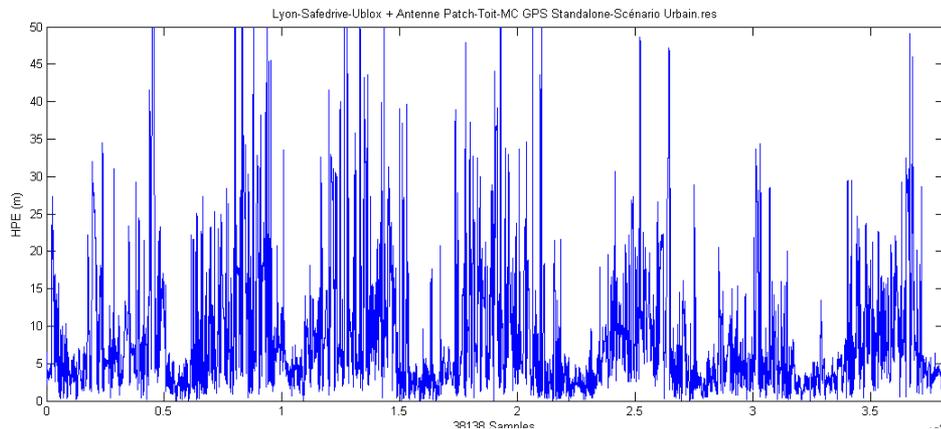
Environnement plutôt **dégagé** (Périphérique de Bordeaux – Mai 2009 – récepteur uBlox

HPE (m)		
moy	50%	95%
3.15	2.98	5.65

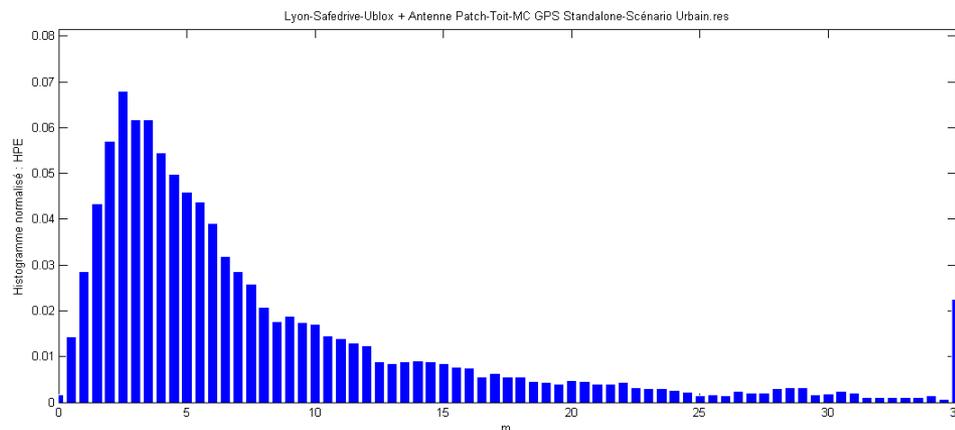
Traceurs continus GNSS (5/7)

Dégradations apportées par l'environnement urbain

Erreurs planes observées sur un récepteur GPS *bas de gamme*



Environnement plutôt **contraint** (Lyon Villeurbanne – Juin 2009 – récepteur uBlox



HPE (m)		
moy	50%	95%
8.51	5.40	27.23



Traceurs continus GNSS (6/7)



Problématique du map-matching (1/2)



- Point GPS
- ★ Point map-matché

Quand les erreurs sont faibles, le map-matching se passe bien...

Il existe de multiples techniques de map-matching.

La "connexité" des liens est aussi importante que la géométrie.

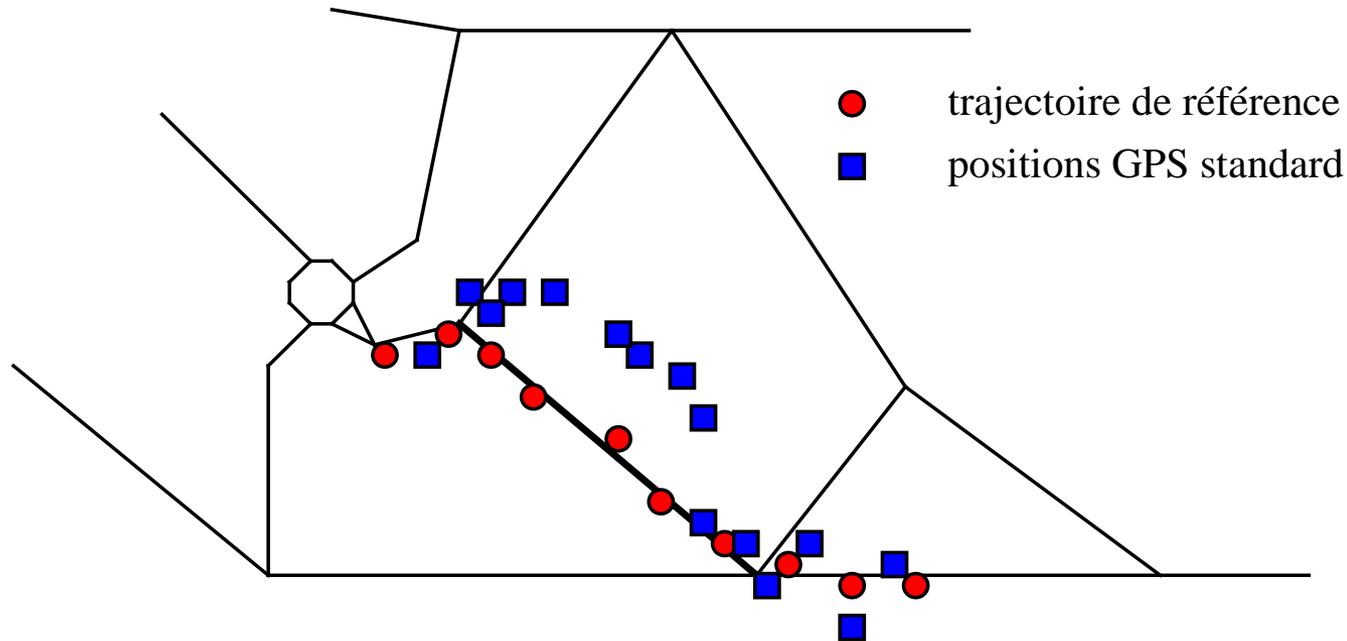
Il est intéressant de tenir compte aussi de la direction.



Traceurs continus GNSS (7/7)



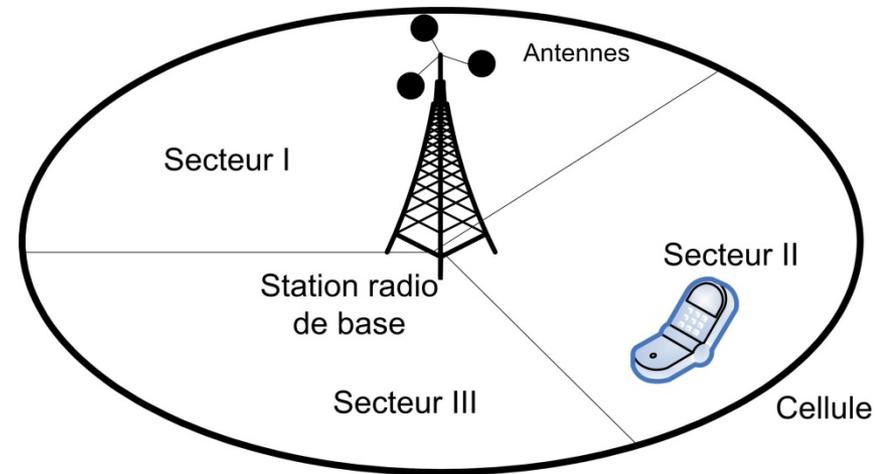
Problématique du map-matching (2/2)



Une étude réalisée sur Nantes, en appliquant la même méthode de map-matching à des points GPS standard et à des positions précises obtenues avec notre véhicule de référence, a fait apparaître des erreurs de mesure de TP par VT entre -13 s et +13 s avec un écart-type de 3 s.

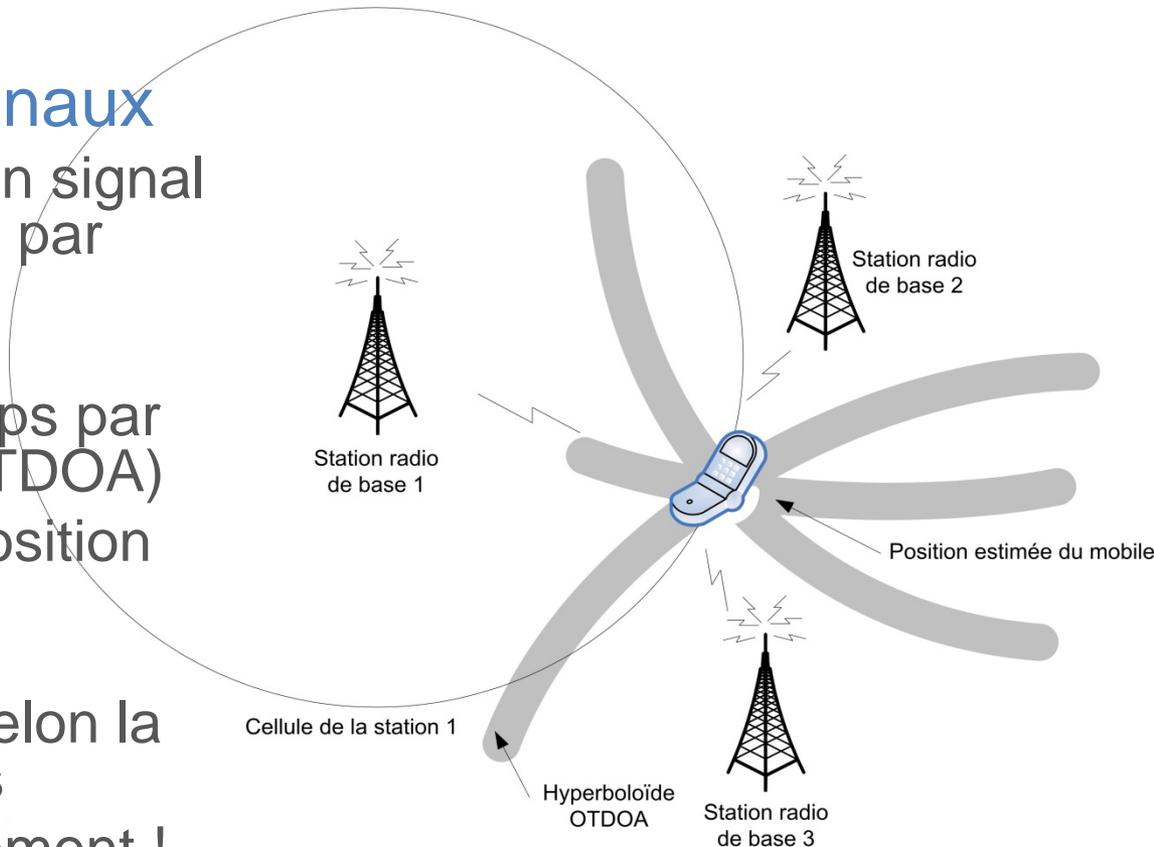
Traceurs continus GSM (1/10)

- Principe de mesure
 - Localisation cellulaire
 - Identifiant de la cellule
 - Détermination du secteur (120°)
 - Estimation de la force du signal
 - Méthode simple et quasi sans calculs
 - Précision dépend de la densité des stations et de l'environnement



Traceurs continus GSM (2/10)

- Principe de mesure
 - Mesure de temps de parcours de signaux
 - Le terminal émet un signal qui peut être capté par plusieurs stations
 - Détermination des différences de temps par paire de stations (TDOA)
 - Estimation de la position par recoupement (hyperbole)
 - Précision (qq m) selon la densité de stations
 - ...et de l'environnement !



Traceurs continus GSM (3/10)

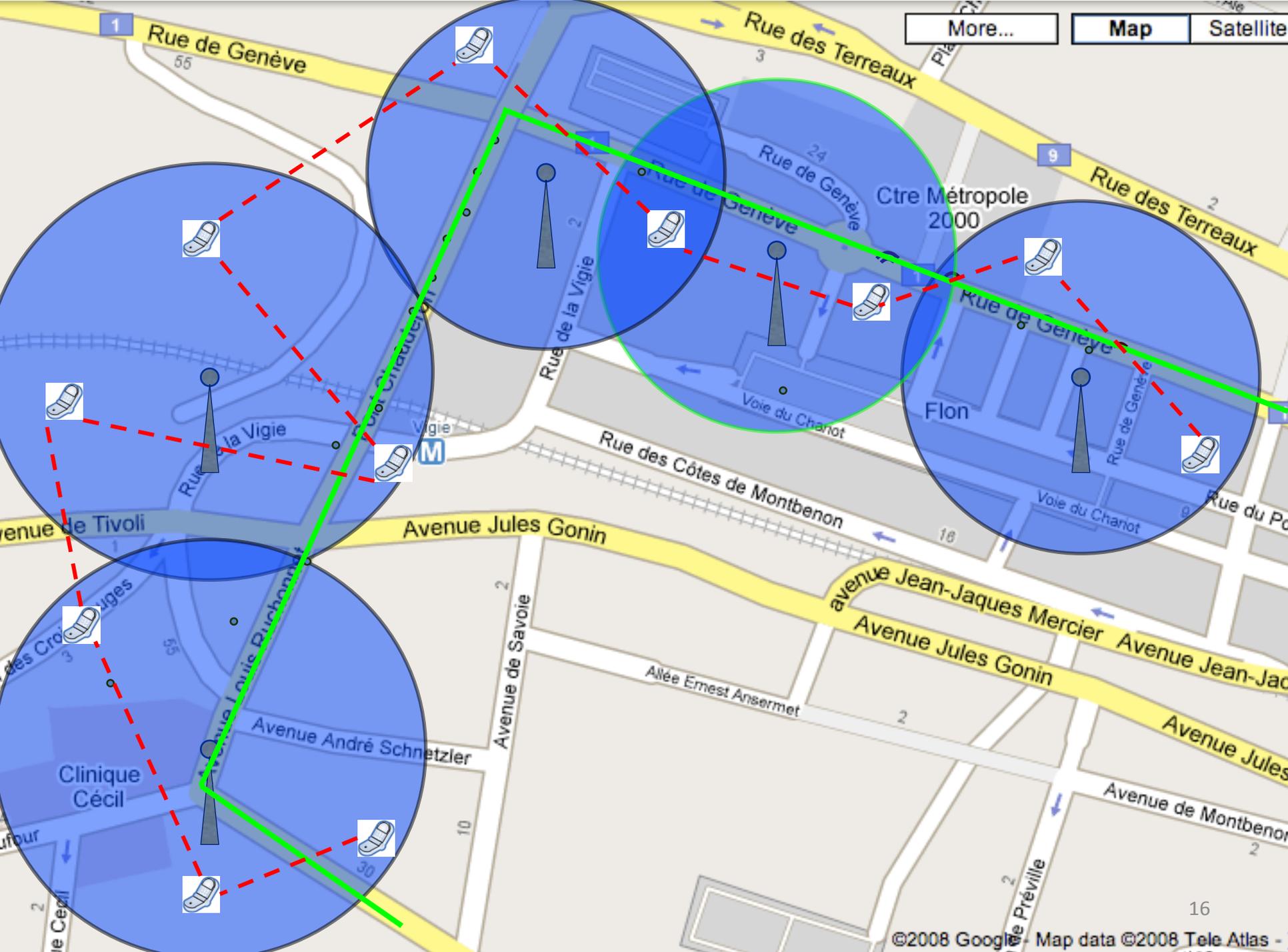
- Estimation de trajets
 - Séquence de positions datées qui peuvent être agrégées en une pseudo-route
 - Map-matching de la série de positions sur le réseau de route
 - Plusieurs solutions possibles
 - Traitement statistique d'un grand nombre de téléphones mobiles
 - Validation des trajectoires les plus probables
 - Dérivation des paramètres
 - Vitesse moyenne sur une section de route
 - Temps de parcours



More...

Map

Satellite



Traceurs continus GSM (5/10)

Exemple (1/3):

- Estimation de vitesses
- 2 méthodes
 - Boucles
 - GSM mobile
- Comparaison espace/temps
- Patterns similaires

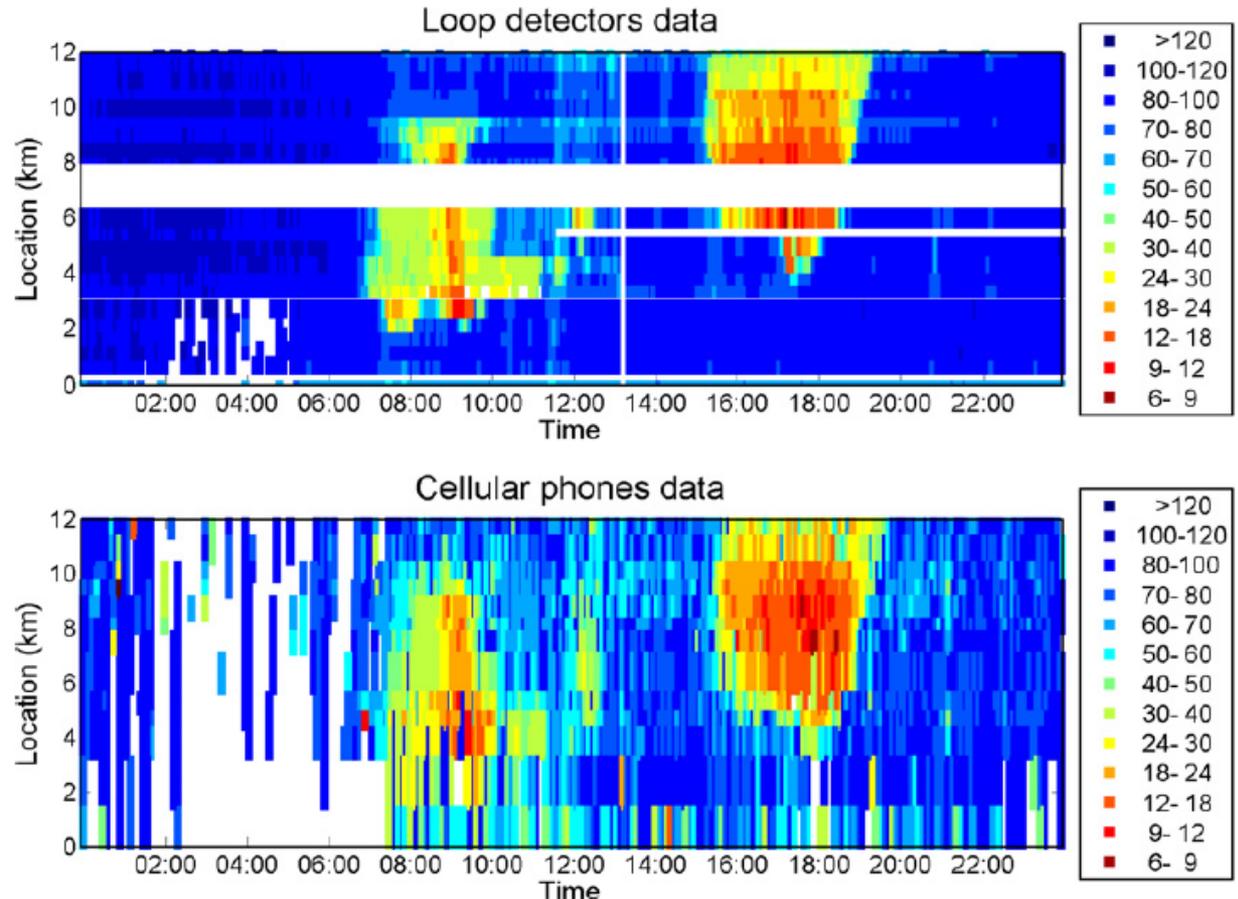


Fig. 3. Speeds (km/h) on Ayalon freeway southbound, Thursday, January 5, 2005.

Traceurs continus GSM (6/10)

Exemple (2/3):

- Comparaison de temps de parcours
- 3 méthodes
 - Boucles
 - GSM mobile
 - FCD (GPS)
- Bonne correspondance
- GSM plus bruité

H. Bar-Gera / Transportation Research Part C 15 (2007) 380–391

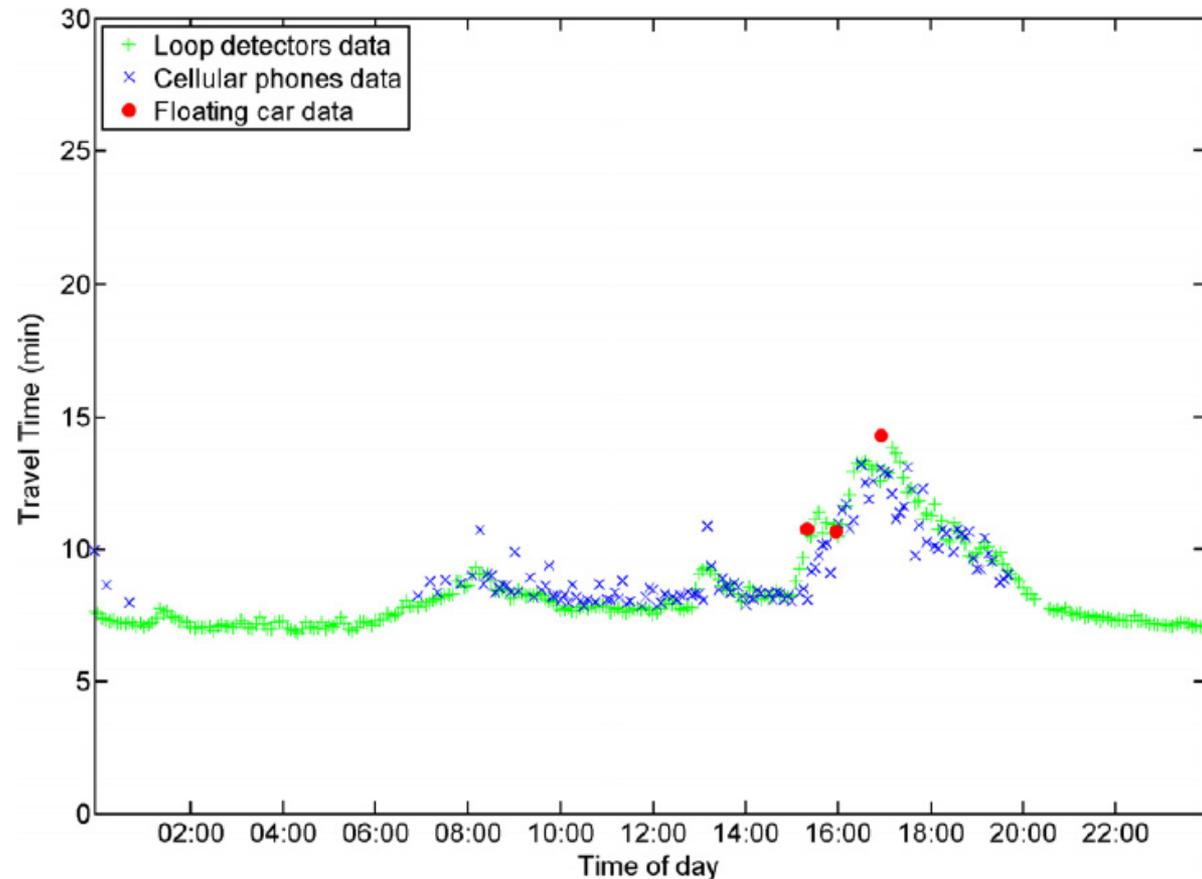


Fig. 8. Travel times on the Ayalon freeway northbound, Tuesday, January 18, 2005.



Traceurs continus GSM (7/10)

Exemple (3/3):

- Comparaison des temps de parcours
 - Boucles
 - GSM mobile
 - FCD (GPS)
 - Référence
- FCD: petit échantillon
 - Biais possible

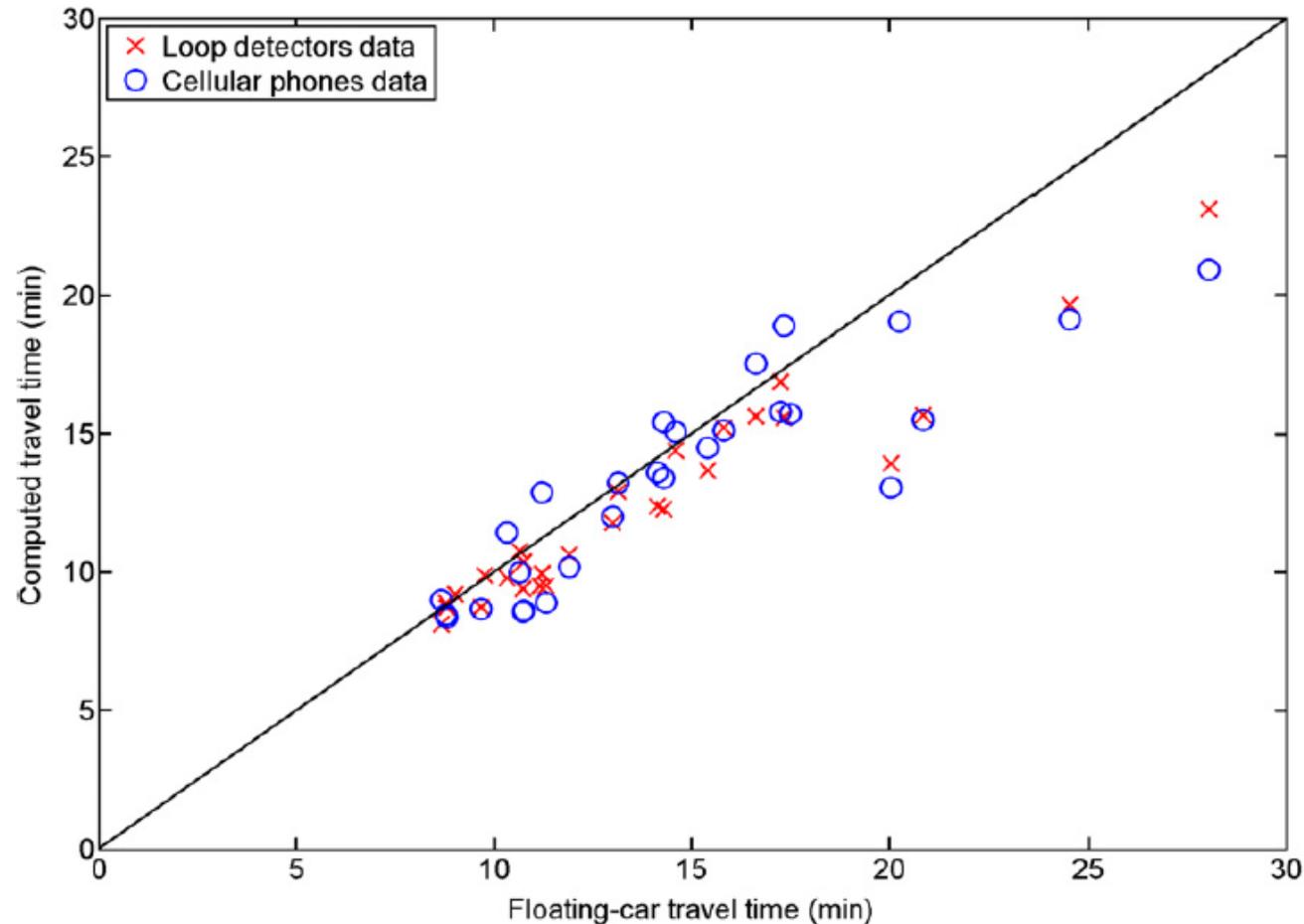


Fig. 10. Computed travel times vs. floating car travel time (25 observations)

Traceurs continus GSM (8/10)

- Performance
 - L'estimation de positions par GSM est un challenge qui:
 - dépend fortement de la structure du réseau GSM
 - des conditions de réception/émission des signaux
 - est liée à un opérateur de téléphonie
 - Le calcul de vitesses et temps de parcours est hasardeux et dépend fortement de conditions de trafic



Traceurs continus GSM (9/10)

- Protection de la sphère privée (1/2)
 - Risque lié au lien entre personne/véhicule/mesure
 - Garantir le respect de la sphère privée
 - Rendre les données anonymes
 - Eviter de pouvoir mettre en correspondance une trajectoire avec des lieux sensibles

Directive 2002/58/EC of the European Parliament and of the Council of 12 July 2002 concerning the processing of personal data and the protection of privacy in the electronic communications sector (Directive on privacy and electronic communications)

Traceurs continus GSM (10/10)

- Protection de la sphère privée (2/2)
 - Concept de *Virtual Trip Lines* (VTL)
 - Positionnement de lignes de mesures virtuelles à des endroits stratégiques
 - Choix d'endroits où la mesure trafic fait sens ...et où la mesure GPS est plus fiable
 - Eviter les endroits sensibles (domicile)
 - La mesure est «déclenchée» lorsque le véhicule traverse la ligne virtuelle

Référence: California Center for for Innovative Transportation, Mobile Century Final Report: a traffic sensing field experiment using GPS mobile phones, 2010

Traceur points à points (1/6)

- Principe de mesures
 - 2 familles:
 - Intrusifs (liés à la chaussée): ex. boucles
 - Non intrusifs (sans installation sur la chaussée)
 - **Autonome**: système d'enregistrement d'un signal (vidéo, radio, radar) sans équipement sur véhicules
 - **Couplé**: système d'enregistrement d'un signal émis du véhicule et placé au bord de la chaussée, ex. Bluetooth
 - Enregistrement et datation de signaux en des points spécifiques d'un réseau routier
 - Traitement spatio-temporel des signaux avec le but de déterminer des données du trafic routier

Traceur points à points (2/6)

- Principe de mesures

- Enregistrement en un point spécifique

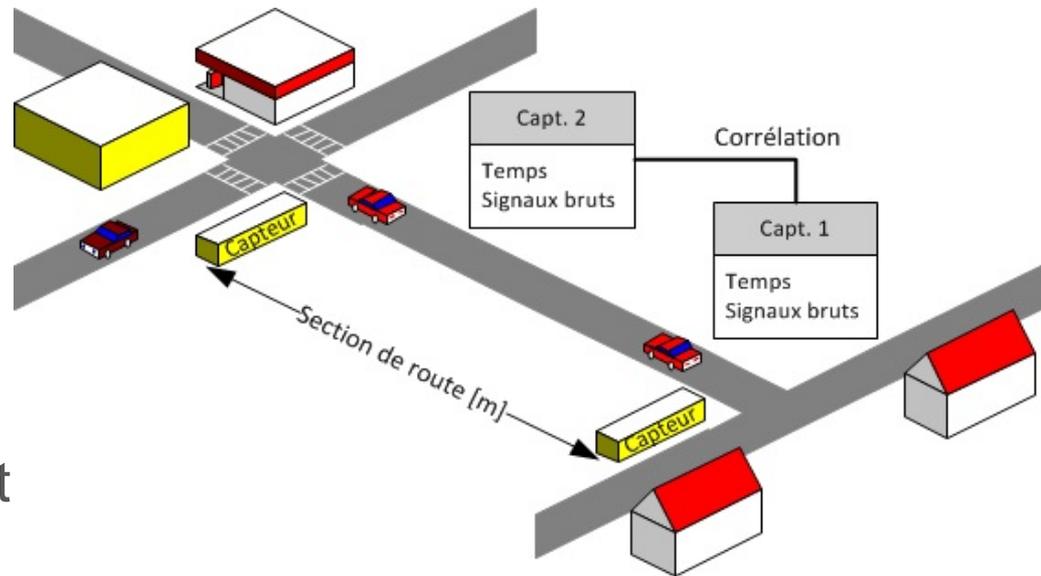
- Heure
 - Vitesse instantanée
 - Type de vhc, identifiant
 - Débit, etc

- Mise en correspondance de points de mesure

- Déduction de paramètres: temps de parcours, vitesse moyenne

- Problématique

- Identification individuelle des véhicules



Traceur points à points (3/6)

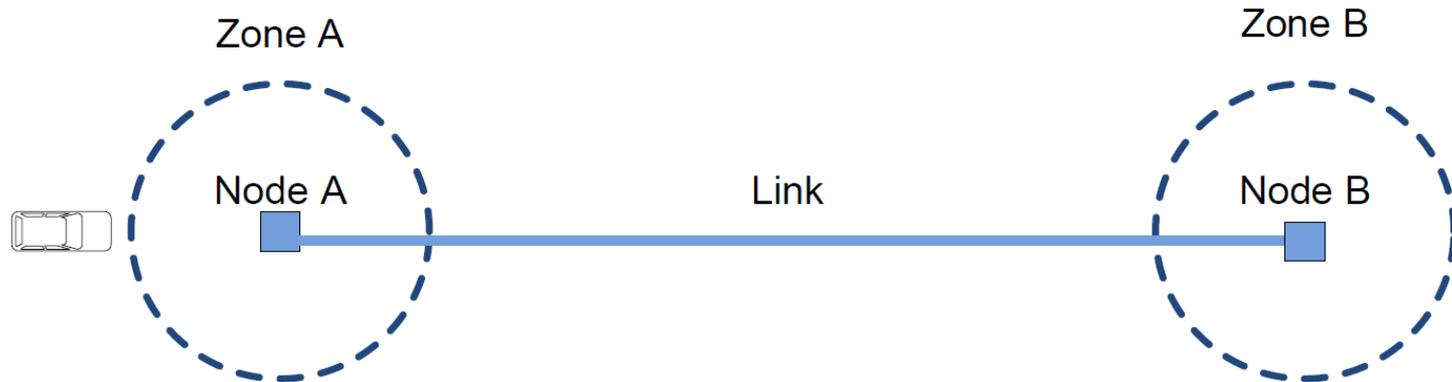
- Principe du Bluetooth



- Bluetooth: protocole de communication pour la connexion d'appareils électroniques
- La plupart de véhicules sont équipés d'une interface Bluetooth
- Émission automatique d'une adresse MAC unique servant d'identifiant
- 2.4 GHz, classe radio 2, portée env. 10 m



Traceur points à points (4/6)



- Performance

- Sources d'erreurs

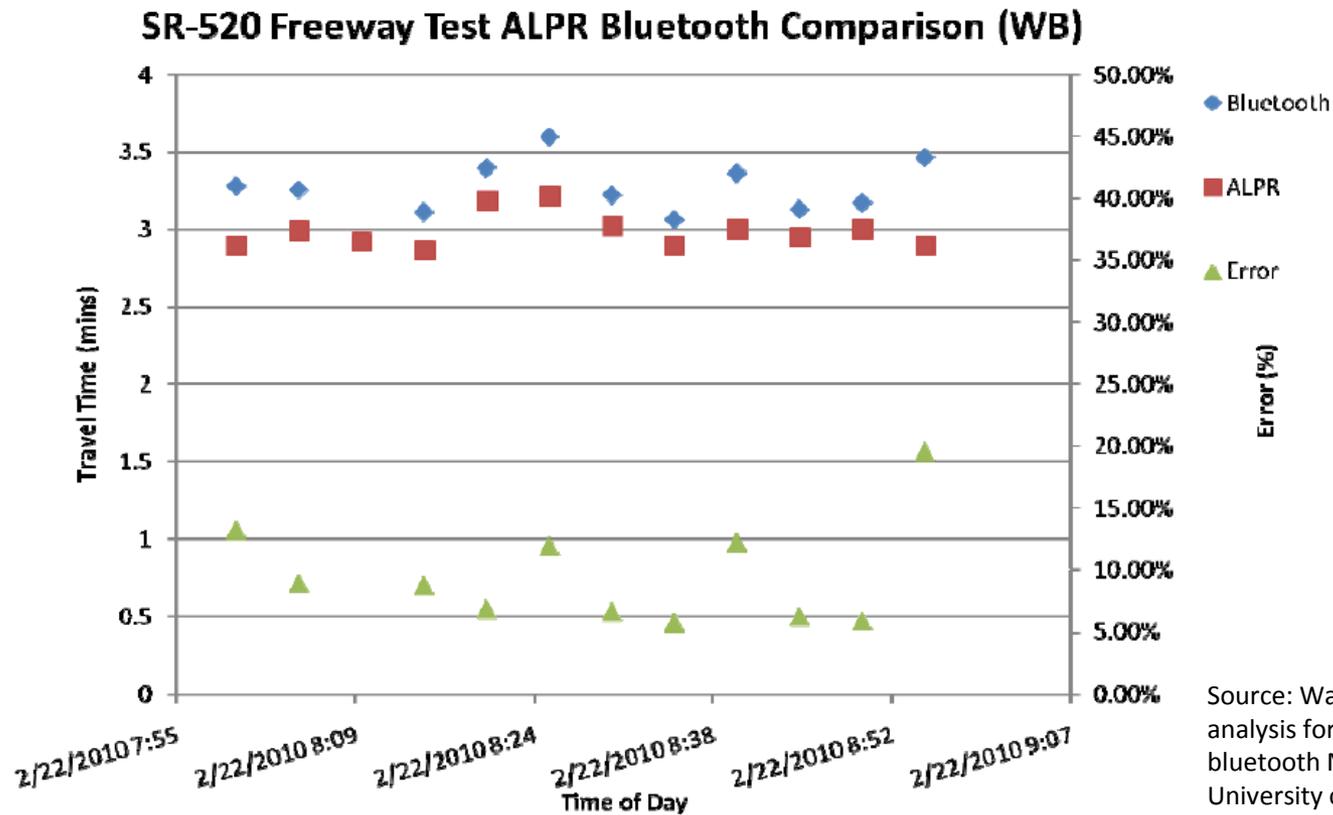
- **Spatial**: zone de réception de taille variable
 - **Temporel**: détections multiples, synchronisation des nœuds
 - **Echantillonnage**: plusieurs capteurs à bord d'un vhc, détection multimodale (vhc, cyclistes, passagers de bus)

- Tendances à surestimer les temps de parcours

- Phénomène de latence, configuration capteurs,...

Traceur points à points (5/6)

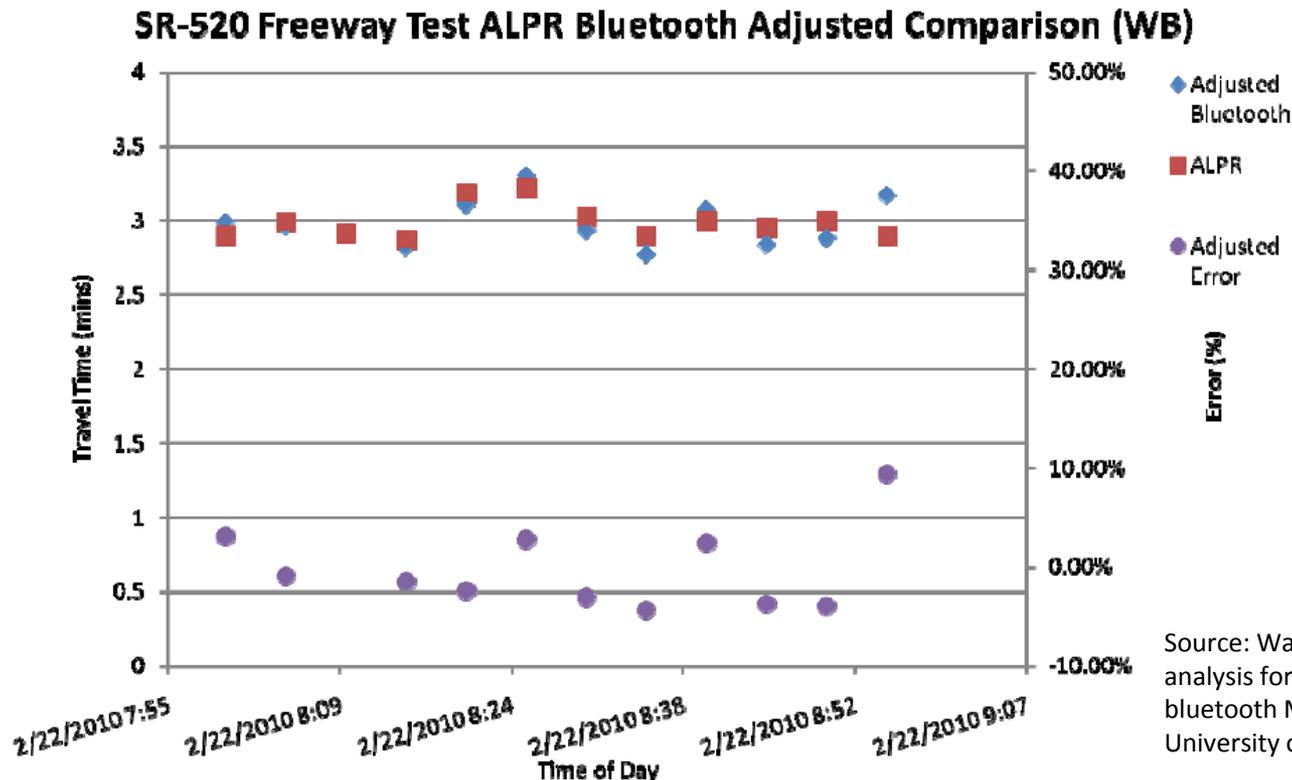
- Performance
 - Comparaison avec système de lecture de plaques (ALPR), sans calibration



Source: Wang Y et al, Error modeling and analysis for travel time data obtained from bluetooth MAC address matching, University of Washington, TRAC, 2011

Traceur points à points (6/6)

- Performance
 - Comparaison avec système de lecture de plaques (ALPR), avec calibration



Source: Wang Y et al, Error modeling and analysis for travel time data obtained from bluetooth MAC address matching, University of Washington, TRAC, 2011

Conclusions

- Traceurs continus vs points à points
 - Qualité et pertinence de la mesure originale
 - Validation des concepts d'estimation de données trafic
- Evolution des smartphones multicateurs
 - Marché à très forte croissance
 - Capacité de déterminer des positions précises et de les communiquer
 - Problème du respect de la sphère privée, acceptation sociale
- Phénomène «Big Data»
 - Séparation claire des rôles: opérateurs de téléphonie, gestionnaires du trafic
 - ...comment remplacer l'intelligence par la redondance?



Bibliographie

- Sétra, Panorama des systèmes de recueil de données de trafic routier, 2012
- California Center for for Innovative Transportation, Mobile Century Final Report: a traffic sensing field experiment using GPS mobile phones, 2010
- H. Bar-Gera, Evaluation of a cellular phone-based system for measurements of traffic speeds and travel times: a case study from Israel, 2007
- B. Hoh, M. Gruteser, Virtual trip lines for distributed privacy-preserving traffic monitoring, 2008
- H. X. Liu et al, Evaluation of Cell Phone Traffic Data in Minnesota, TRB No 2086, 2008
- G. Leduc, Road Traffic Data: Collection Methods and Applications, EC-JRC, 2008
- Florida Department of Transportation, Travel Time Estimation Using Celle Phones for Highways and Roadways, 2007
- Geisler S., Accuracy Assessment for Traffic Information Derived from Floating Phone Data, 2010
- University Transportation Center for Mobiliy, Texas, D. Pucket, Bluetooth-based Travel Time/Speed Measuring Systems Developement, 2010
- Pensylvania department of Transportation, Bluetooth Travel Time Technology Evaluation Using the Blue TOAD, 2010
- Wang Y et al, Error modeling and analysis for travel time data obtained from bluetooth MAC address matching, University of Washington, TRAC, 2011
- M. Bierlaire et al, A probabilistic Map Matching Method for Smartphone GPS Data, Transport Research Part C, 2013

Merci de votre attention

Ifsttar

Site de Nantes

Département COSYS

Laboratoire GEOLOC

Route de Bouaye – CS4

44344 – Bouguenais

+33 2 40 84 59 40

www.ifsttar.fr

francois.peyret@ifsttar.fr

EPFL

Laboratoire de Topométrie

Bâtiment Génie Civil

Station 18

1015 Lausanne

Suisse

Tél. +41 21 693 27 55

<http://topo.epfl.ch>

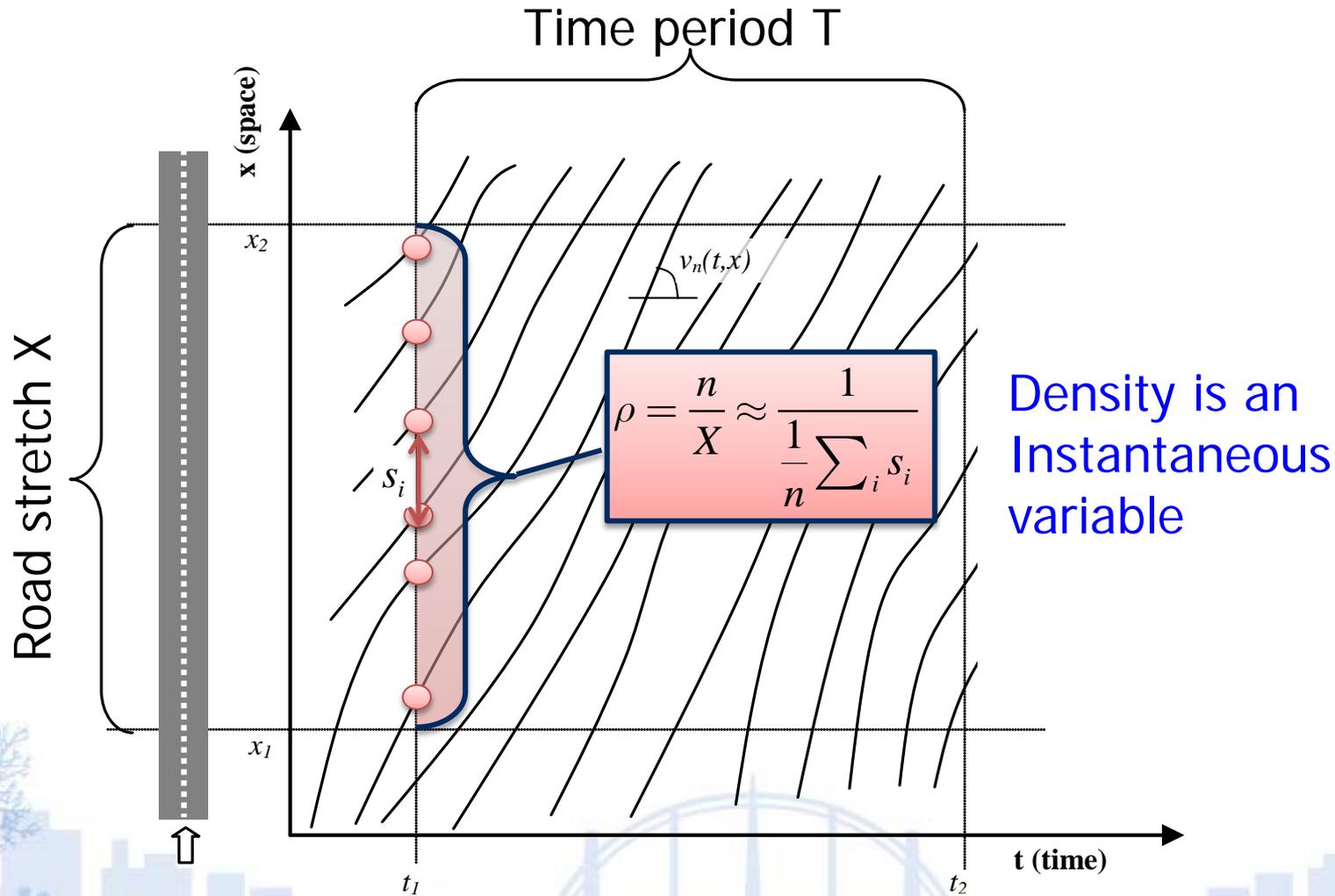
pierre-yves.gillieron@epfl.ch



BACKUP Slides

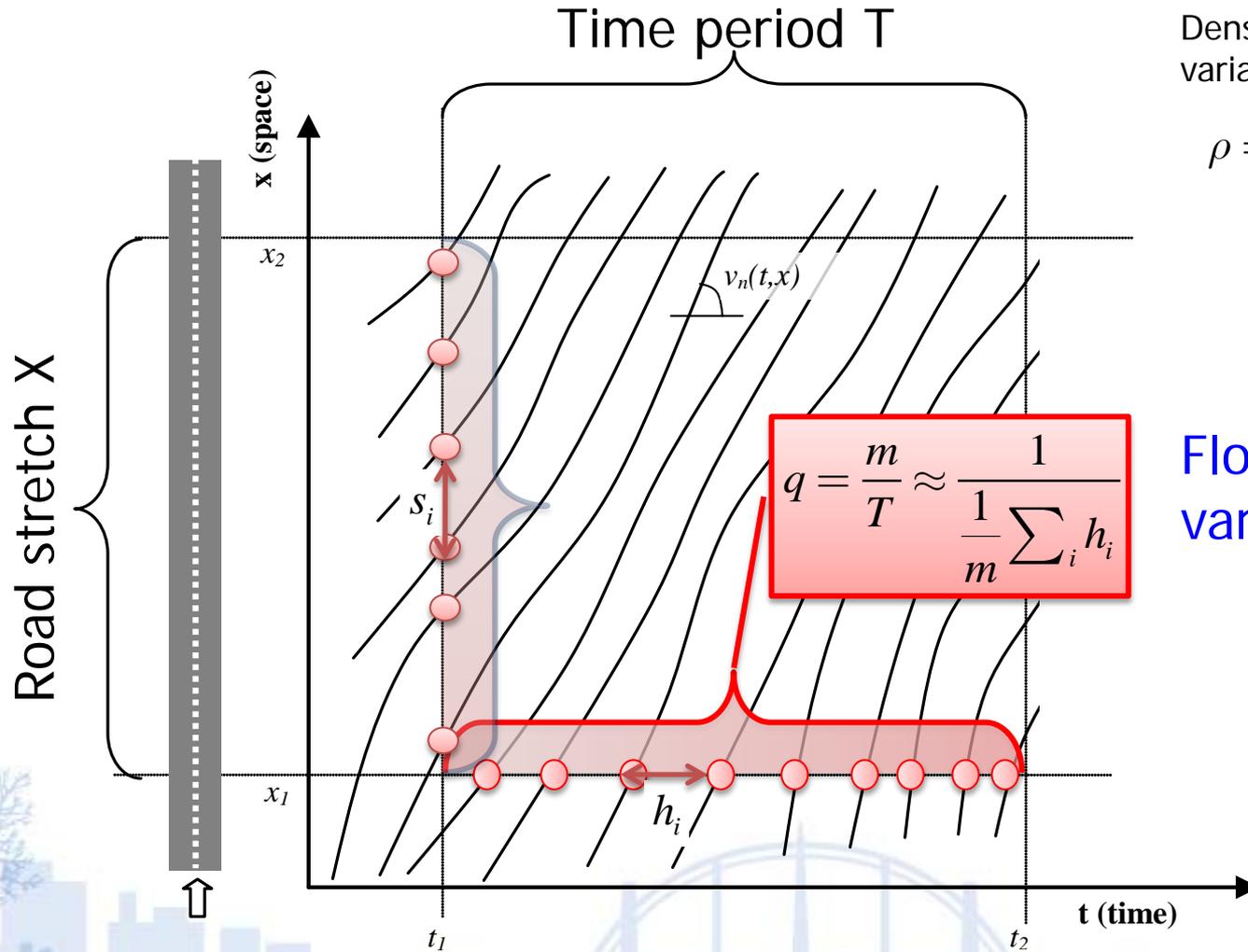


Traffic: micro and macro variables



Source: NEARCTIS-COST TU0702 Summer school "Real time road traffic monitoring and control", June 9-11, EPFL, Lausanne
 Acknowledgements: Prof. Hans-Van Lint (TuDelft)

Traffic: micro and macro variables



Density (veh/m, instantaneous variable)

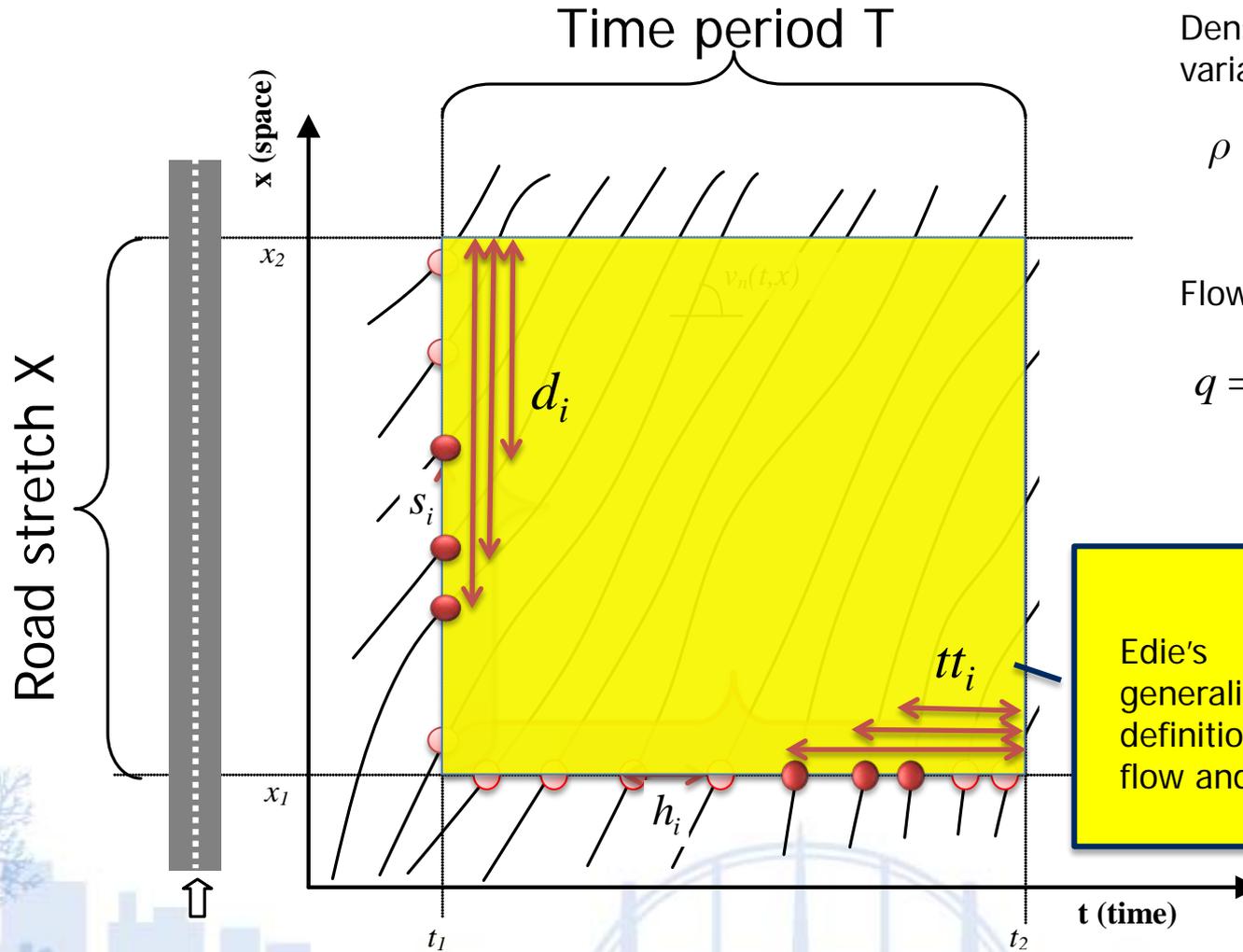
$$\rho = \frac{n}{X} \approx \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_i s_i}$$

Flow is a local variable

Source: NEARCTIS-COST TU0702 Summer school "Real time road traffic monitoring and control", June 9-11, EPFL, Lausanne

Acknowledgements: Prof. Hans-Van Lint (TuDelft)

Traffic: micro and macro variables



Density (veh/m, instantaneous variable)

$$\rho = \frac{n}{X} \approx \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_i s_i}$$

Flow (veh/s, local variable)

$$q = \frac{m}{T} \approx \frac{1}{\frac{1}{m} \sum_i h_i}$$

Edie's generalized definitions for flow and density

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = \frac{\sum tt_i}{TX} \\ q = \frac{\sum d_i}{TX} \end{array} \right.$$

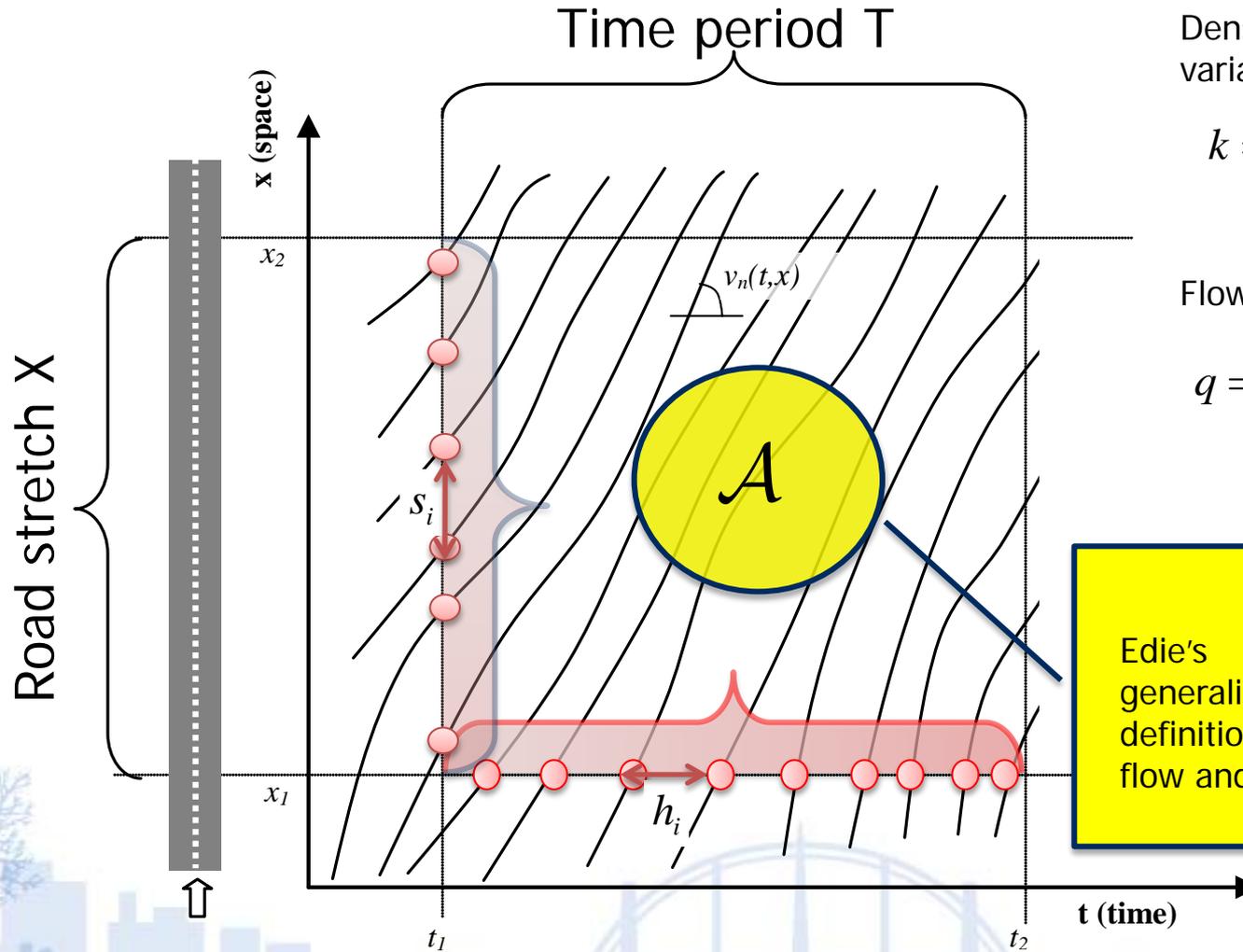
spatiotemporal variables

Source: NEARCTIS-COST TU0702 Summer school "Real time road traffic monitoring and control", June 9-11, EPFL, Lausanne

Acknowledgements: Prof. Hans-Van Lint (TuDelft)

www.ifsttar.fr

Traffic: micro and macro variables



Density (veh/m, instantaneous variable)

$$k = \frac{n}{X} \approx \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_i d_i}$$

Flow (veh/s, local variable)

$$q = \frac{m}{T} \approx \frac{1}{\frac{1}{m} \sum_i h_i}$$

Edie's generalized definitions for flow and density

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = \frac{\sum tt_i}{A} \\ q = \frac{\sum d_i}{A} \end{array} \right.$$

spatiotemporal variables

Source: NEARCTIS-COST TU0702 Summer school "Real time road traffic monitoring and control", June 9-11, EPFL, Lausanne

Acknowledgements: Prof. Hans-Van Lint (TuDelft)

www.ifsttar.fr