



## Performance des systèmes de navigation face aux exigences en localisation dans le cadre des applications routières

### Leistung der Navigationssysteme für die Lokalisierungsanforderungen im Rahmen der Strassenanwendungen

Pierre-Yves Gilliéron  
ENAC - Laboratoire de Topométrie  
EPFL





# Agenda



- Contexte
- Problématique
- Qualité de la localisation
  - Définitions
  - Exemples
- Besoins en localisation
- Typologie des services TTR et applications SIR
- Recommandations
  - Expression des besoins en localisation
- Conclusions et Perspectives



# Contexte

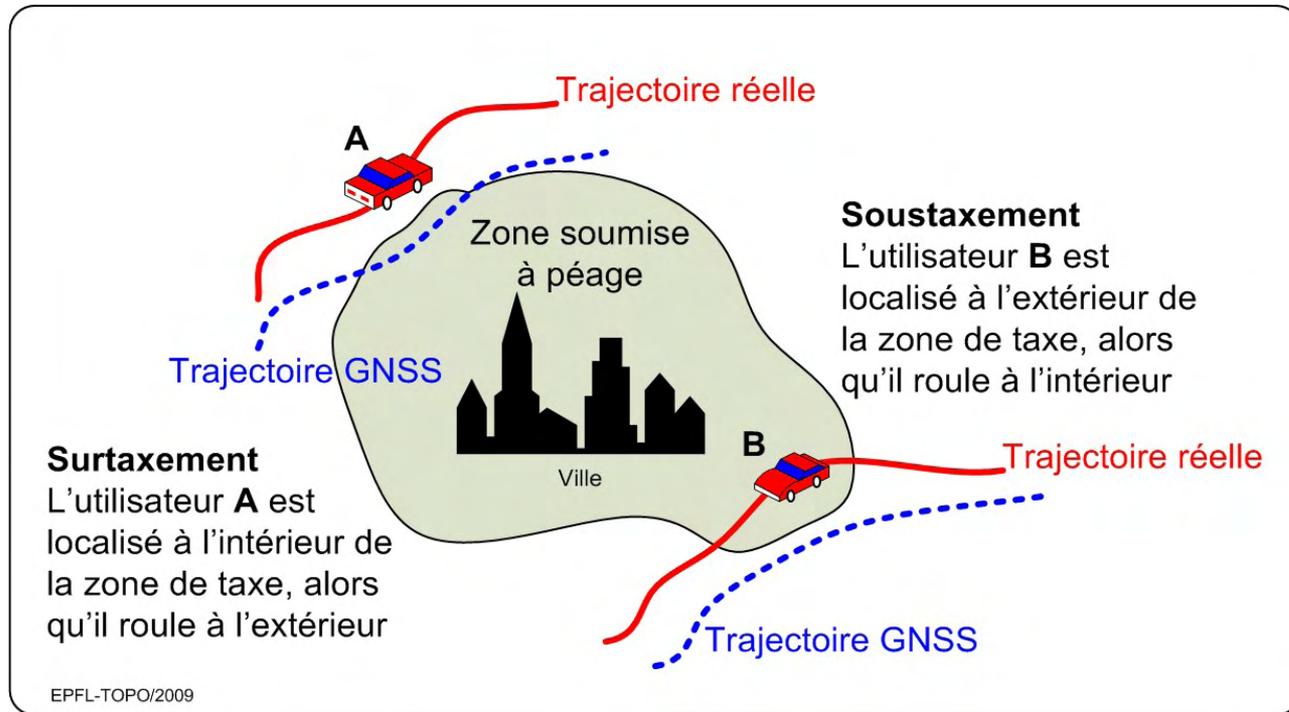


- Croissance des applications basées sur la localisation
- Grande pénétration du GPS dans les périphériques mobiles
- Développement des systèmes coopératifs dans le domaine du trafic routier (C2C, C2I)

- **Projet VSS – Satelrou**

Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route, EPFL, laboratoire de Topométrie, projet Ofrou/VSS 2003/903

# Problématique

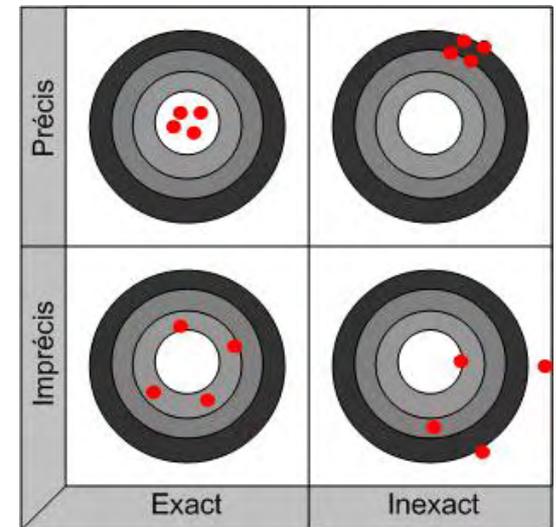
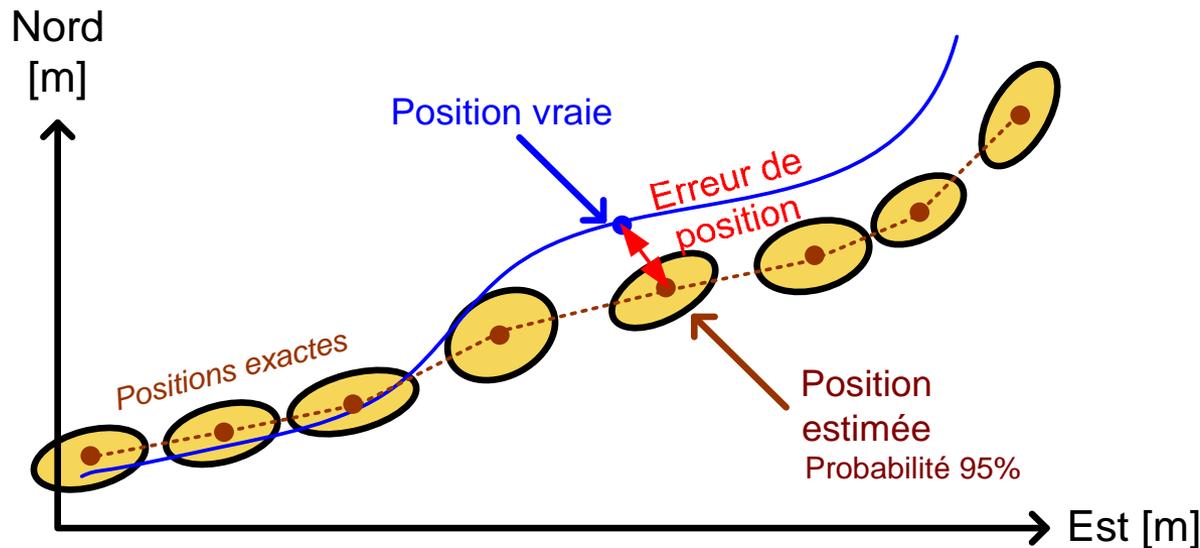


- Impact de la localisation sur un service télématique
  - **A.** le véhicule n'est pas dans la zone de taxe, mais il est **faussement taxé**
  - **B.** Le véhicule **n'est pas taxé**, mais il est dans la zone de taxe
- Comment qualifier la confiance dans le positionnement et son impact sur le système de taxe ?

# Qualité de la localisation

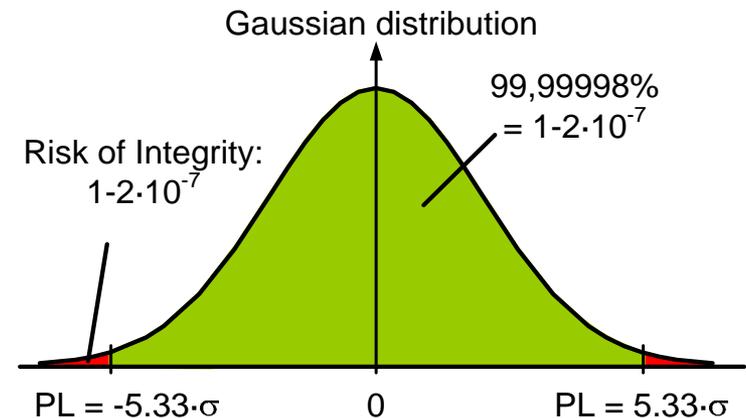
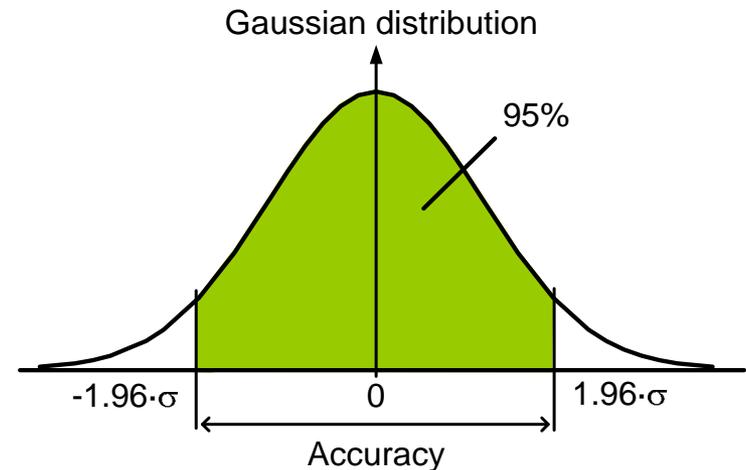
## Exactitude (Genauigkeit)

- Conformité d'un résultat de mesures par rapport à une valeur vraie



# Qualité de la localisation

- **Concept d'intégrité**
  - Capacité du système de localisation d'avertir correctement l'utilisateur à temps
- **Risque d'intégrité**
  - Probabilité de fournir un signal hors tolérance sans avoir averti l'utilisateur
  - PL : Protection Level  
Niveau de protection = tolérance limite du domaine d'erreur



# Qualité de la localisation

## Disponibilité

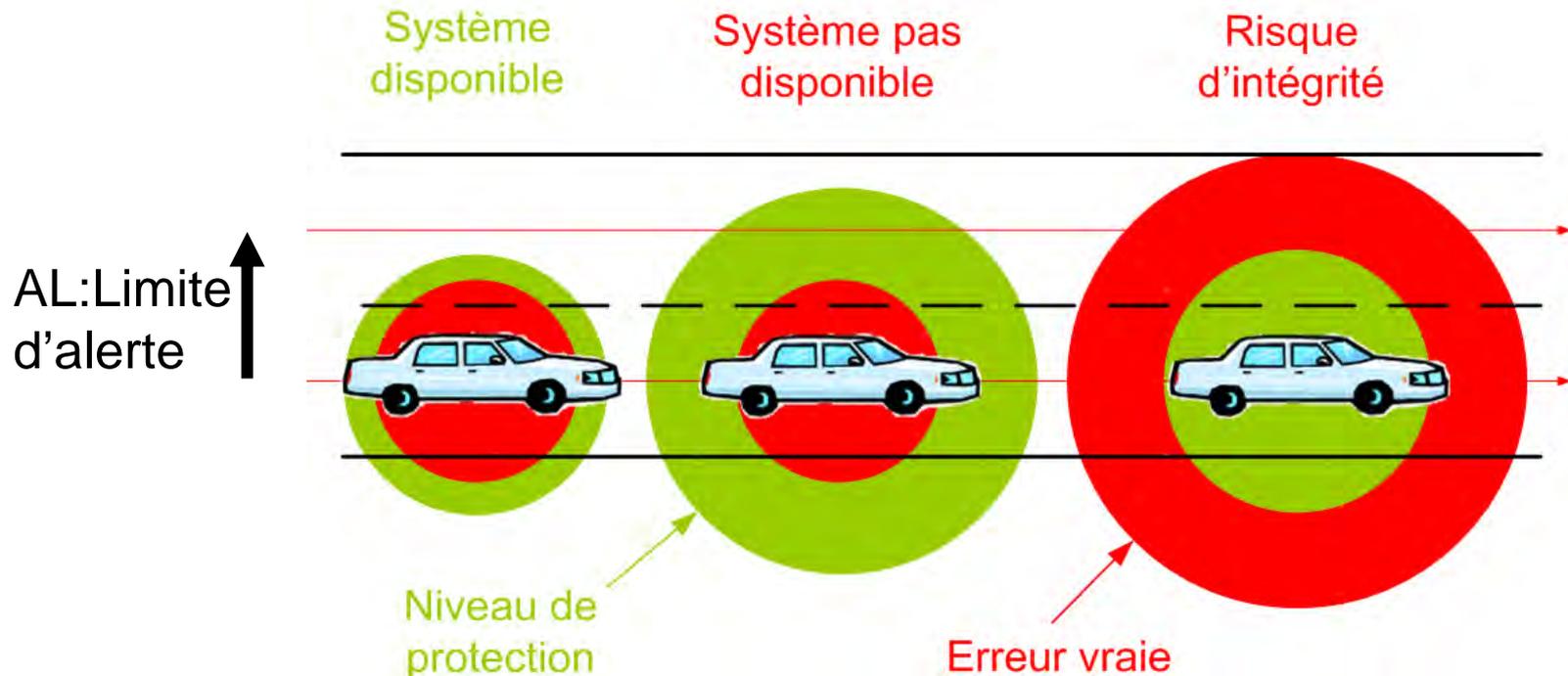
- La disponibilité est la capacité, pour les utilisateurs, de disposer du système.  
Elle est définie par la probabilité avec laquelle l'utilisateur est **capable de déterminer sa position** avec la précision et l'intégrité exigées à n'importe quel moment et endroit de la région couverte

## Continuité

- La continuité qualifie l'état de disponibilité permanente du système pendant un intervalle de temps spécifié. Elle est définie par la probabilité avec laquelle l'utilisateur est capable de déterminer sa position avec la précision et l'intégrité exigées à n'importe quel endroit dans la région couverte **pendant un intervalle de temps minimum** dépendant de l'application.

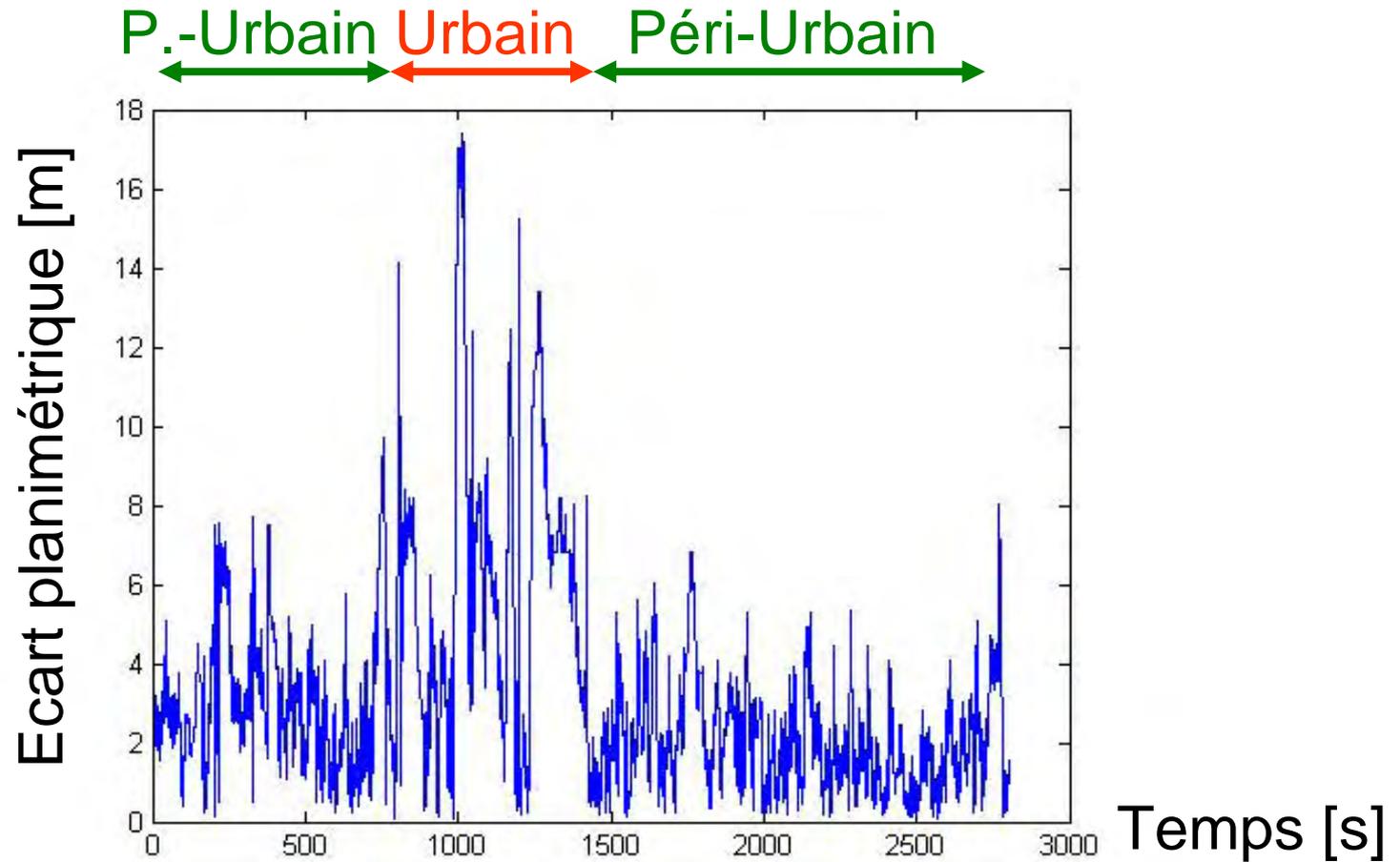
# Qualité de la localisation

- Disponible: Erreur vraie < Niv. Protection < Limite d'alerte
- Non disponible: Erreur vraie < Niv. Protection > Limite d'alerte
- Risque d'intégrité: Erreur vraie > Niv. Protection



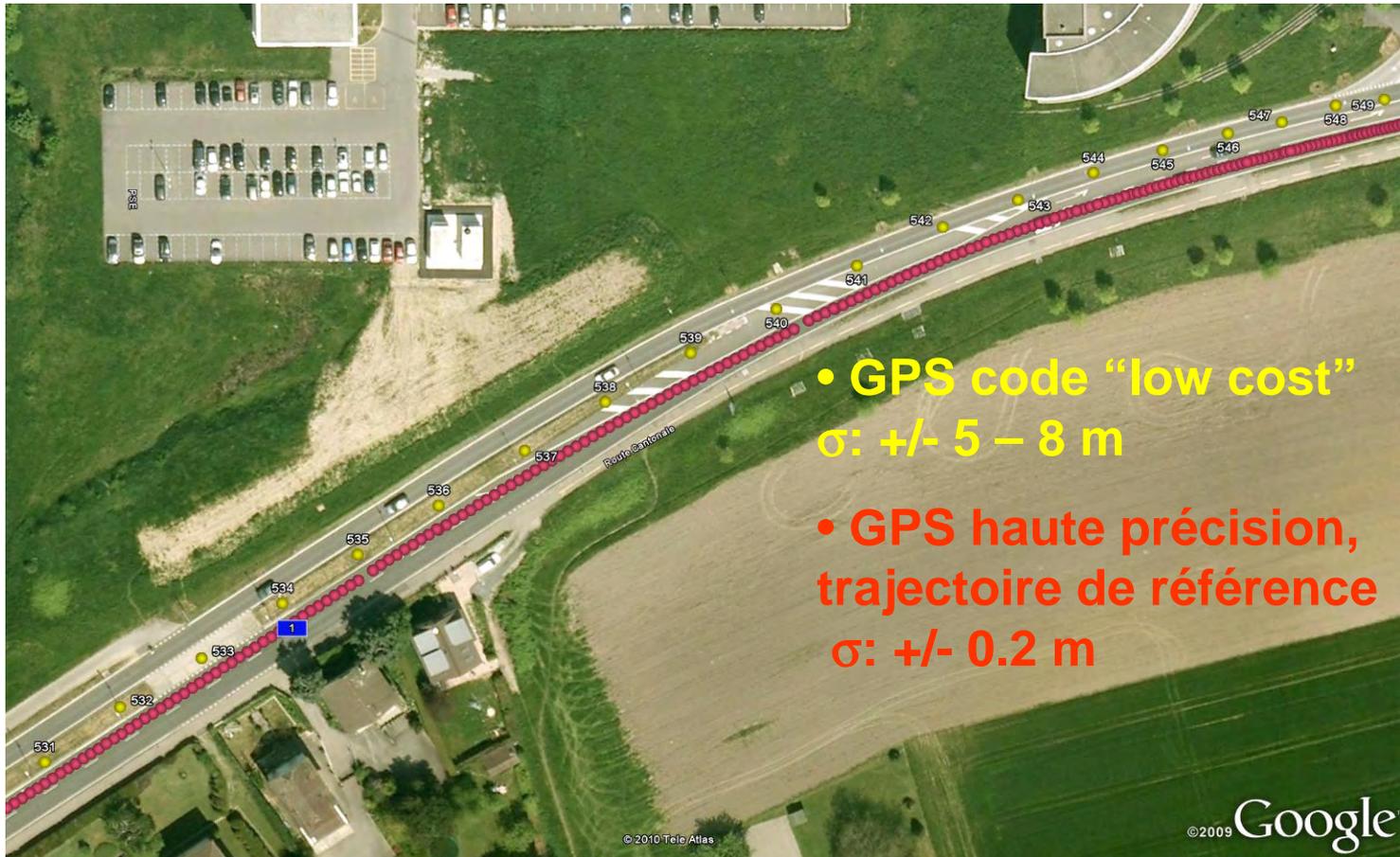


# Qualité de la localisation - Exemple



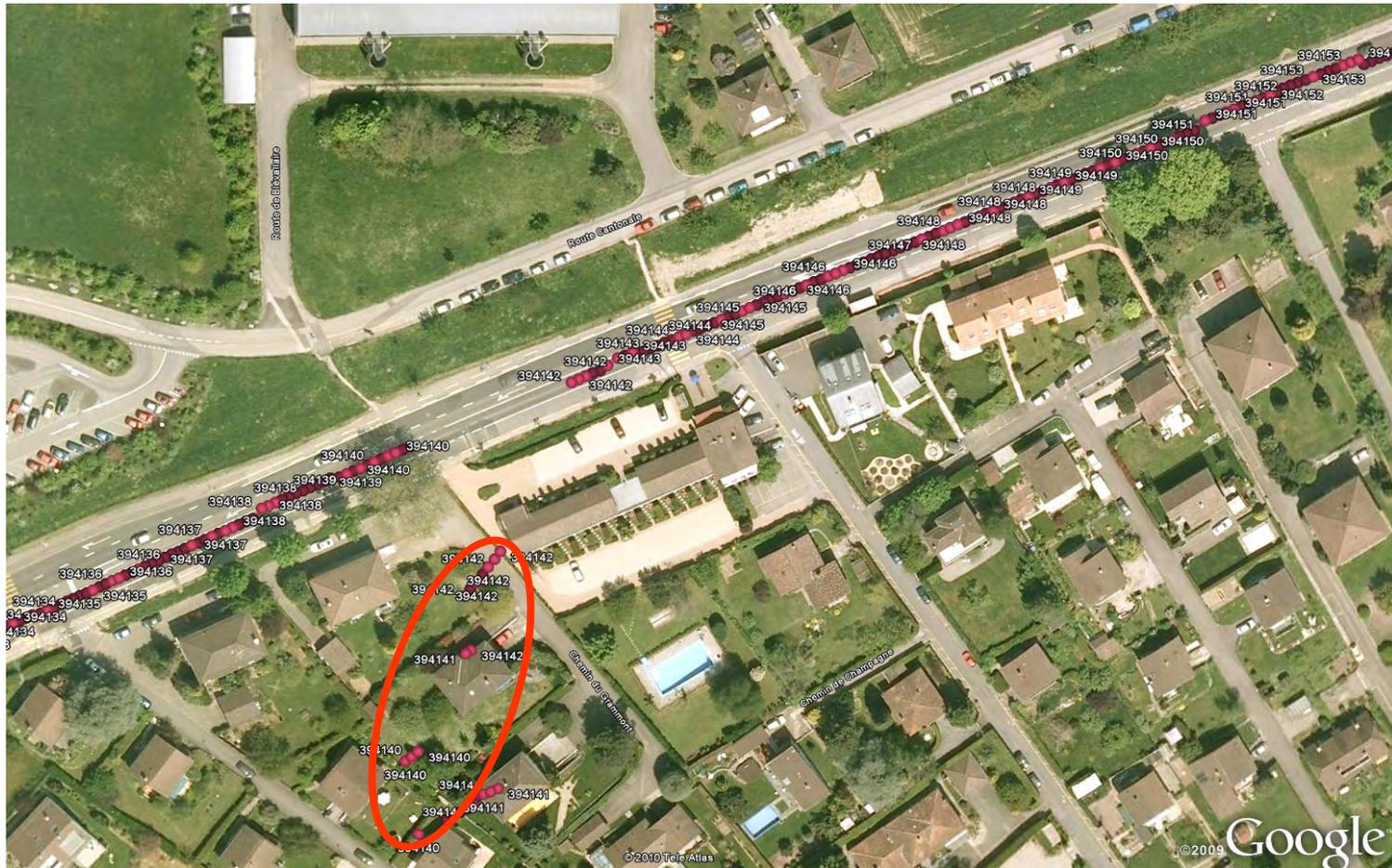
- Ecart planimétrique entre GPS “low cost” et trajectoire de référence

# Qualité de la localisation - Exemple



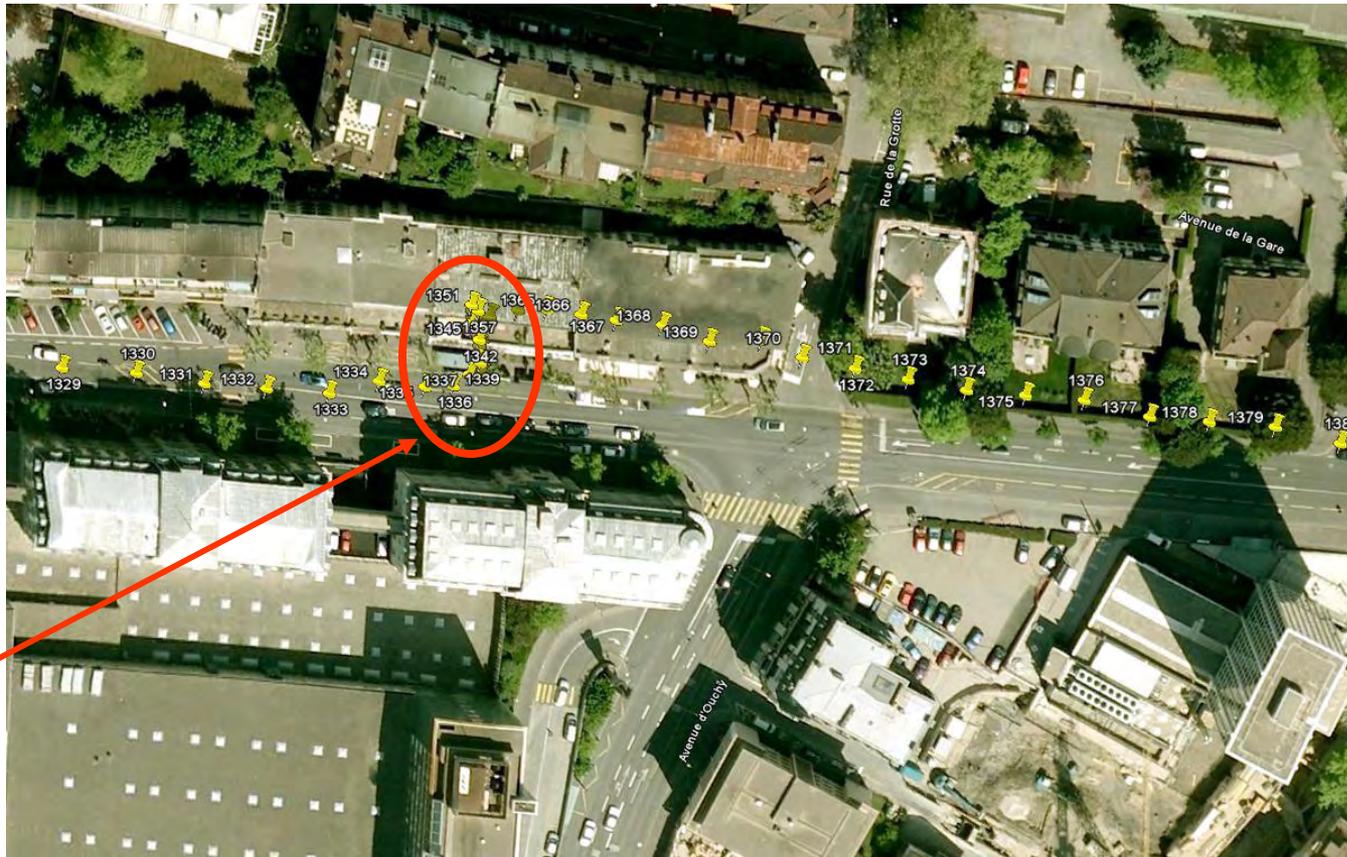
- Exactitude de la position: variable suivant le mode GPS et l'environnement

# Qualité de la localisation - Exemple



- **Exactitude de la position:** erreurs systématiques (ex. effet du multi-trajet)

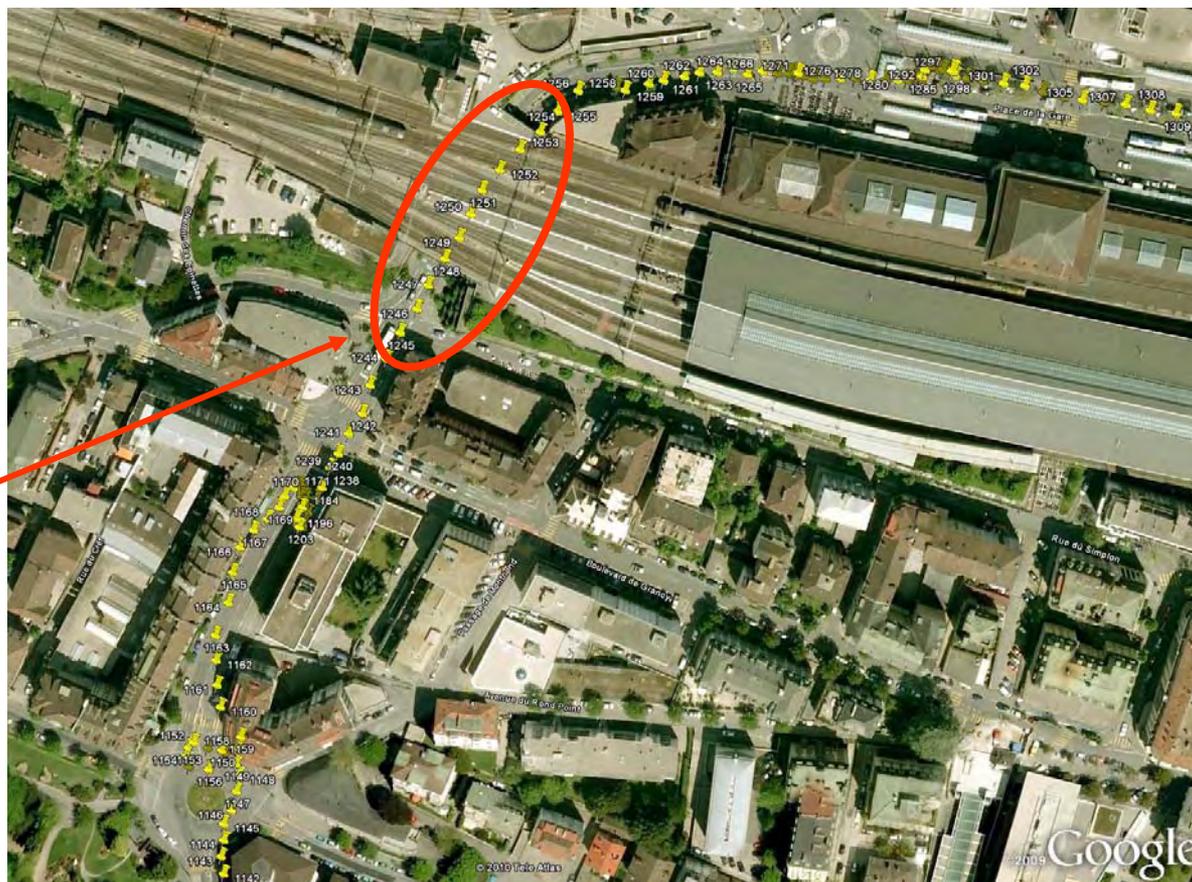
# Qualité de la localisation - Exemple



Arrêt du  
véhicule

- **Exactitude de la position:** erreurs systématiques, biais

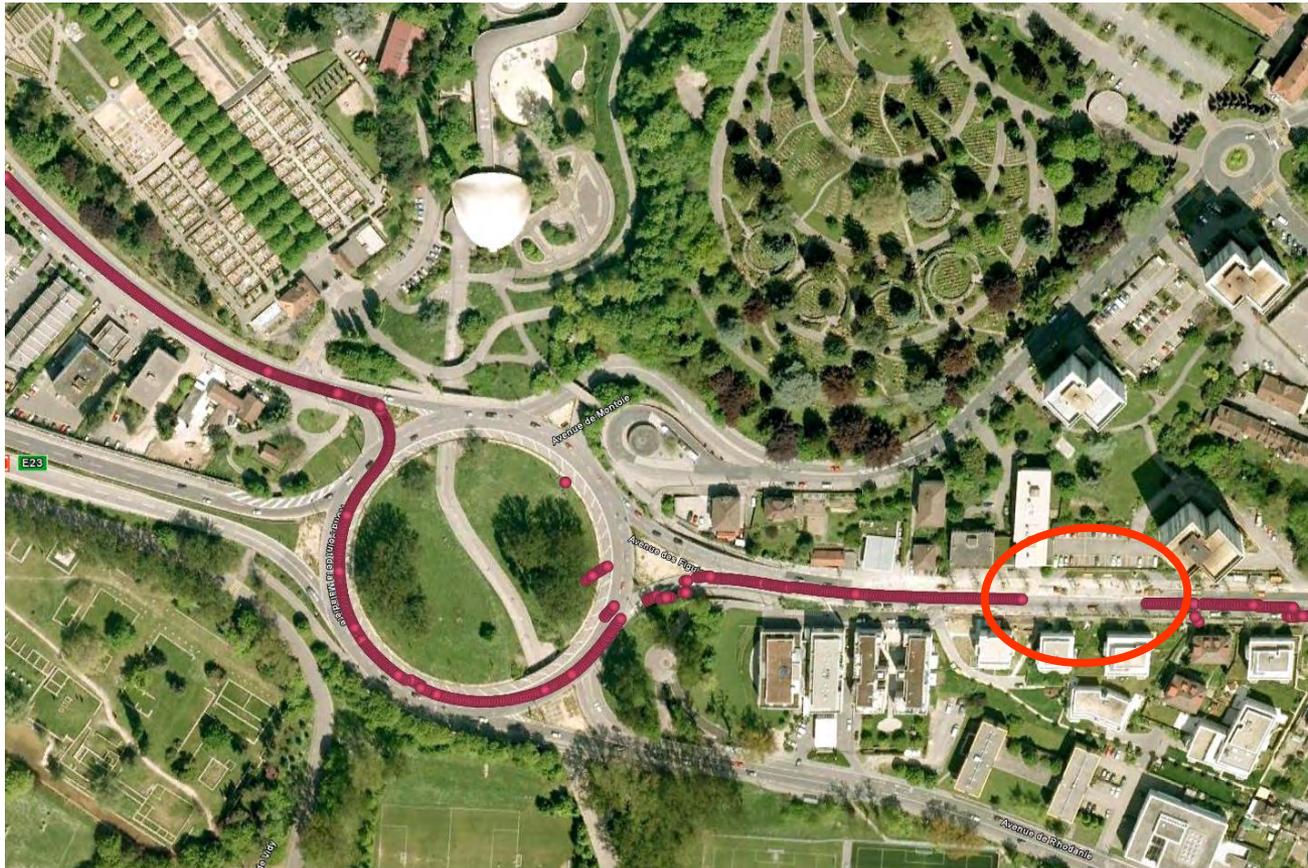
# Qualité de la localisation - Exemple



Passage  
sous voies

- Continuité du positionnement

# Qualité de la localisation - Exemple



Lacune  
GPS

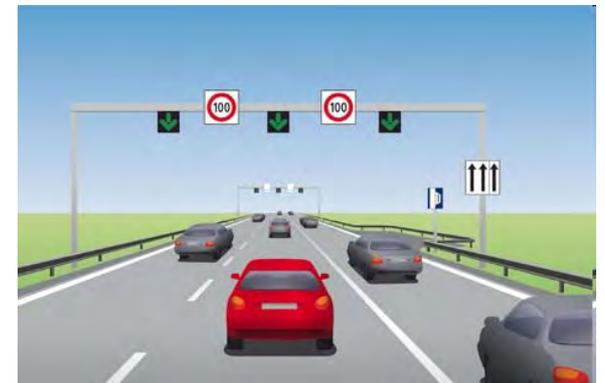
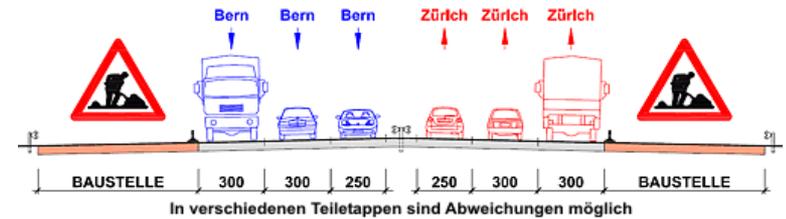
- **Continuité** du positionnement

# Besoins en localisation

- Les besoins en localisation doivent s'exprimer en fonction **d'exigences métiers**
  - Ex. : péage routier basé sur la localisation, c'est la fiabilité du système de taxation qui doit être définie
- Lien/impact entre la qualité de la localisation et le(s) paramètres métier(s)
  - Ex.: système de mesure de l'état du trafic basé sur GPS (floating car data), on cherche à déterminer les temps de parcours sur des tronçons de route
- Expression des besoins **indépendamment des technologies**
- Paramètres clés pour exprimer la qualité
  - Exactitude, intégrité, disponibilité, continuité

# Besoins en localisation

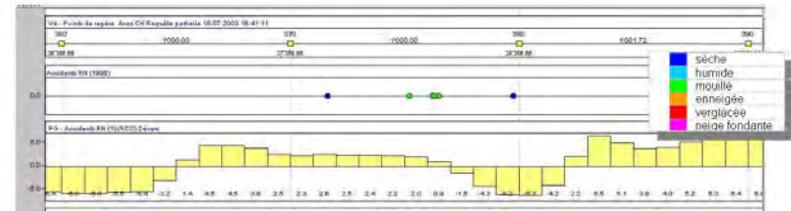
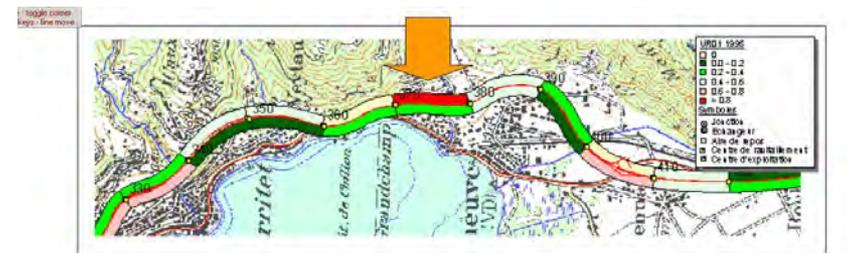
- Projet SATELROU
- Applications du domaine routier
  - Système d'information de la route (SIR)
  - Services de la télématique des transports routiers (TTR)



# Besoins en localisation

- **Systeme d'information de la route**

- Gestion de l'entretien
- Ouvrages d'art, tunnels, chaussée
- Systeme électro-mécanique
- Monitoring du trafic
- Gestion des accidents
- Mobilité douce
- ...

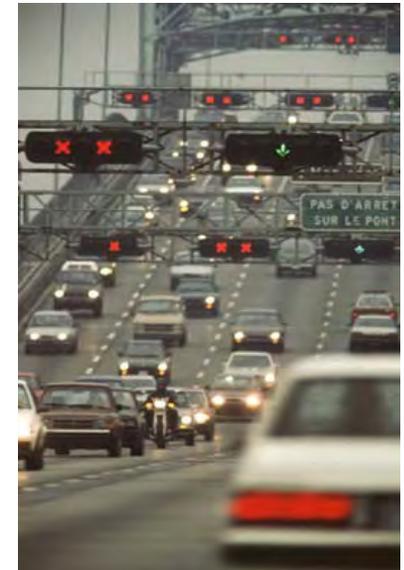


- Repérage linéaire, planaire et topologique

# Besoins en localisation

## Services de Télématique des Transports Routiers

- **ISO 14813-1: Systèmes intelligents de transport (ITS)**  
Architecture(s) de modèle de référence pour le secteur ITS –  
Partie 1: Domaines de service, groupes de service et services ITS
- **Principales catégories de services**
  - Information sur la circulation et les déplacements
  - Gestion du trafic
  - Aide au conducteur et contrôle du véhicule
  - Gestion de fret et de flotte
  - Transports publics
  - Service d'urgence
  - Paiement électronique
  - Sécurité
  - ...



# Besoins en localisation

## Fiche synthétique pour la description des besoins

### Saisie et de préparation des données de trafic

#### Description

Les méthodes de « **floating car data (FCD)** », permettent la saisie d'information trafic à partir d'un échantillon représentatif de véhicules répartis sur le réseau routier. Ces véhicules, appelés véhicules flottants, transmettent leurs informations à une centrale, comme par exemple le temps de parcours entre deux nœuds du réseau, la vitesse (moyenne ou instantanée), .... La centrale peut compiler ces données, les comparer à des valeurs normales, déterminer le début et la fin de zones de ralentissement ou de bouchons. Ces informations peuvent ensuite être diffusées aux conducteurs concernés.

#### But de la localisation

Dans cette application, la localisation du véhicule sur le tronçon routier parcouru doit être fixée. Ceci doit permettre de calculer des temps de parcours d'un nœud de début de tronçon à un nœud de fin de tronçon. Comme pour les systèmes de navigation, la localisation est estimée globalement par GPS, puis par map-matching associée à un tronçon du réseau routier. Dans ce cas, on se contente d'une localisation linéaire sur un tronçon spécifique.

#### Exigences

Caractéristiques des besoins	Classe	Remarque
Précision de la position planimétrique	<b>Basse</b>	10 m
Intégrité	<b>Basse</b>	99%
Disponibilité	<b>Moyenne</b>	99%
Continuité	<b>Moyenne</b>	99%



#### Dispositions particulières

- Dans ce type d'application, le processus de map-matching est déterminant afin d'identifier avec grande fiabilité le tronçon routier sur lequel se trouve le véhicule.
- Dans ce type d'application, il faut également considérer la question de la communication des positions entre les véhicules (FCD) et une centrale

<b>Services de télématique des transports</b>						
Nr	<i>Selon norme SN 671 831</i>	Précision de la position	intégrité	disponibilité	continuité	<b>CL</b>
<b>Information sur la circulation et les déplacements</b>						
2	information au conducteur durant le trajet	Très basse	Basse	Haute	Moyenne	<b>6</b>
3	information aux passagers des transports publics durant le trajet	Très basse	Basse	Haute	Haute	<b>5</b>
4	Information sur les services	Très basse	Basse	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
5	information sur les itinéraires et guidage durant le trajet	Basse	Moyenne	Haute	Haute	<b>5</b>
<b>Gestion du trafic</b>						
6	Saisie et préparation des données de trafic	Haute	Basse	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
<b>Aide au conducteur et contrôle du véhicule</b>						
12	Amélioration de la visibilité	Basse	Basse	Basse	Basse	<b>8</b>
13	conduite automatique du véhicule	Haute	Haute	Très haute	Très haute	<b>1</b>
14	éviter de collisions dans la direction de déplacement	Haute	Haute	Très haute	Très haute	<b>1</b>
15	éviter de collisions latérales	Très haute	Haute	Très haute	Très haute	<b>1</b>
16	contrôles d'aptitude à la sécurité	Moyenne	Moyenne	Haute	Haute	<b>5</b>

<b>Services de télématique des transports</b>						
Nr	<i>Selon norme SN 671 831</i>	Précision de la position	intégrité	disponibilité	continuité	CL
<b>Gestion de fret et de flottes</b>						
21	contrôles de sécurité à bords des véhicules lourds	Très basse	Haute	Basse	Basse	4
22	gestion des flottes de véhicules	Très basse	Moyenne	Basse	Basse	8
<b>Transports publics</b>						
23	Gestion de l'exploitation des lignes de transports publics	Très basse	Moyenne	Basse	Basse	8
24	Transports publics à la demande	Basse	Moyenne	Haute	Haute	5
25	Gestion des pools et du partage de véhicules	Basse	Basse	Moyenne	Basse	8
<b>Services d'urgence</b>						
26	appel d'urgence et alerte au vol	Basse	Haute	Haute	Haute	1
27	gestion des véhicules de secours	Basse	Haute	Haute	Haute	1
28	gestion des transports exceptionnels et de matières dangereuses	Basse	Haute	Haute	Haute	1
<b>Paiement électronique</b>						
29	Paiement électronique	Basse	Haute	Moyenne	Haute	3

<b>Systeme d'information de la route (SIR)</b>					
	Précision de la position	intégrité	disponibilité	continuité	<b>CL</b>
<b>Repérage spatial et topologique</b>					
Repérage spatial planaire et linéaire	Très haute	Moyenne	Moyenne	Très basse	<b>8</b>
Géométrie d'axe et calage	Très haute	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
Repérage topologique	Très haute	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
<b>Processus de gestion de l'entretien</b>					
chaussée (EMF), ouvrages d'art (EMK) et installations techn.	Très haute	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
drainage et évacuation de l'eau	Très haute	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
Localisation (u,v) d'objets de type chaussée (EMF) ou ouvrages d'art (EMK) ou équipements techn.	Très haute	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
<b>Entretien et exploitation</b>					
Processus d'entretien d'exploitation	Très haute	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
monitoring du trafic, comptage et statistiques	Très haute	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>
Sécurité et accidents de la circulation	Très haute	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<b>8</b>

# Typologie des services et applications

## 4 TYPES

- **Liée à la sécurité des personnes (Safety of life)**

Applications et services dans lesquels la sécurité est en jeu. Une erreur de localisation aurait un impact dramatique.

- **légale**

Applications ou services dans lesquels une erreur de localisation aurait des conséquences légales dues au non-respect des spécifications contractuelles d'un service de navigation

- **Commerciale**

Cette classe regroupe les applications ou services dans lesquels une erreur de localisation aurait des impacts commerciaux relevant de l'usage d'un service de navigation permettent un bénéfice commercial direct ou indirect

- **Sans implications** (légale ou commerciale) ni responsabilités particulières

# Typologie des services et applications

- **Lié à la sécurité**
  - Aide au conducteur et contrôle du véhicule
  - Services d'urgence
- **Avec une implication légale**
  - Paiement électronique
- **Avec une implication commerciale**
  - Gestion de fret et de flottes
  - Transports publics
- **Sans implication particulière**
  - Information sur la circulation et les déplacements
  - Système d'information de la route

## Typologie de Services

- **Notion de temps réel**
  - Validation d'opérations
  - Contrôle et assistance
- **Monitoring de l'intégrité**
  - Détection de dysfonctionnements
- **Evaluation du risque**
  - Impact d'une perte de signal
- **Notion de fiabilité**
  - Mesures surabondantes
  - Détection de mesures aberrantes

## Rôle de Intégrité

# Recommandations: besoins en localisation



- Aide à l'expression des besoins en localisation
  - 3 thèmes: Caractéristiques, Performance, Fonctionnalités
  - Questions et réponses types
  - Recommandations ciblées par rapport aux services TTR et applications du SIR
    - Choix d'applications représentatives

Implication	Application	Caractéristique	Performance	Fonctionnalité
<b>Sécurité</b>	<b>Assistance à la conduite, évitement de collision</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le type de localisation est essentiel</li> <li>- Posit. V2V, V2I</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'intégrité facteur déterminant</li> <li>- la précision: relatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la notion de traçabilité Ex. accident.</li> </ul>
<b>Légale</b>	<b>Péage routier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le type de localisation absolue (trajectoire d'un véhicule sur le réseau routier), et relative par rapport aux éléments de péage (ponctuel, cordon, zone).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'intégrité: facteur déterminant. Part d'erreur admissible pour les deux parties (usagers, l'autorité/opérateur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le recours à des données cartographiques est fondamental.</li> <li>- la notion de traçabilité doit être prise en compte</li> </ul>
<b>Commerciale</b>	<b>Gestion de flotte de véhicules</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le type de localisation: relatif aux éléments du réseau routier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la disponibilité: facteur déterminant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le suivi en temps réel est le facteur déterminant (véhicules répartis sur un grand territoire)</li> <li>- L'association à un contenu cartographique joue un rôle prépondérant pour le calcul de routes optimales.</li> </ul>
<b>Sans</b>	<b>Information sur les déplacements</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>

Implication	Application	Caractéristique	Performance	Fonctionnalité
<b>Sécurité</b>	<b>Futures applications de gestion de l'entretien in situ combinées avec les systèmes coopératifs de la TTR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le type de localisation se fait en mode combiné relatif/absolu : <b>les véhicules p.r. aux personnes intervenants sur la route</b> et ces dernières p.r. à l'environnement de l'infrastructure.</li> <li>- :</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'intégrité est un facteur essentiel car il doit <b>avertir à temps</b> les conducteurs de la présence d'intervenants au bord d'une route</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la notion de sécurité des intervenants aux abords des routes pourra être améliorée avec les futurs systèmes coopératifs combinant communication et localisation..</li> </ul>
<b>Légale</b>	<b>Relevé d'accidents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le type de localisation se fait avant tout en mode relatif, p.r. aux autres véhicules et p.r. à l'infrastructure. La localisation en coordonnées linéaires est également essentielle pour positionner l'accident sur le réseau routier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la précision est le facteur fondamental afin que les éléments de l'accident soient localisés correctement les uns par rapport aux autres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0.</li> </ul>

Implication	Application	Caractéristique	Performance	Fonctionnalité
<b>Commerciale</b>	<b>Gestion de l'entretien courant : comptabilité (mètres) à l'aide d'outils de localisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le type de localisation se fait en coordonnées linéaires afin de localiser les opérations d'entretien sur le réseau routier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-l'intégrité est un facteur important afin que la confiance dans l'information de position soit maximum car elle sert au calcul de mètres en vue d'une facturation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le suivi en temps réel peut intéresser le gestionnaire qui doit suivre et orienter ses équipes sur le terrain.</li> <li>- La notion de traçabilité est importante car elle permet une vérification minutieuse des opérations de terrain et éventuellement un calcul de rendement.</li> </ul>
<b>Sans</b>	<b>SIR mobile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le type de localisation est multiple. Il faut pouvoir combiner aisément des coordonnées absolues (GPS) et des coordonnées linéaires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La précision est un facteur déterminant, en particulier pour les opérations de saisies d'objets ou d'évènement in situ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0</li> </ul>

# Conclusions et Perspectives

- *Perspective 1 : Passer des besoins en localisation aux tests opérationnels*
  - Pour chaque domaine d'application: approfondir l'approche des besoins pour une étude spécifique des exigences à placer dans des scénarios types (tests opérationnels)
- *Perspective 2 : vers une augmentation de la qualité des services télématiques induit par les marchés de masse*
  - Les applications professionnelles de la TTR bénéficieront de ces progrès: enrichissement du contenu cartographique et qualité du positionnement (combinaison GPS/GSM/capteurs).

# Conclusions et Perspectives

- *Perspective 3 : vers des récepteurs GNSS pour les applications exigeantes de la TTR*
  - Combiner les signaux de deux constellations de satellites (par ex. GPS et Galileo) **augmente la disponibilité dans des régions** (ex. les villes) où la réception actuelle est difficile
  - **Des compléments aux systèmes spatiaux resteront indispensables pour assurer une continuité de service** dans des zones comme les tunnels, les parkings souterrains,...
- *Perspective 4 : le déploiement des systèmes coopératifs favorisera l'aspect sécuritaire de la localisation*

# Remerciements



VSS: association suisse des professionnels de la route et des transports

OFROU: Office fédéral des routes

## Questions et discussion

EPFL – laboratoire de Topométrie  
Station 18  
1015 Lausanne - Suisse  
Mail: pierre-yves.gillieron@epfl.ch  
Web: <http://topo.epfl.ch>