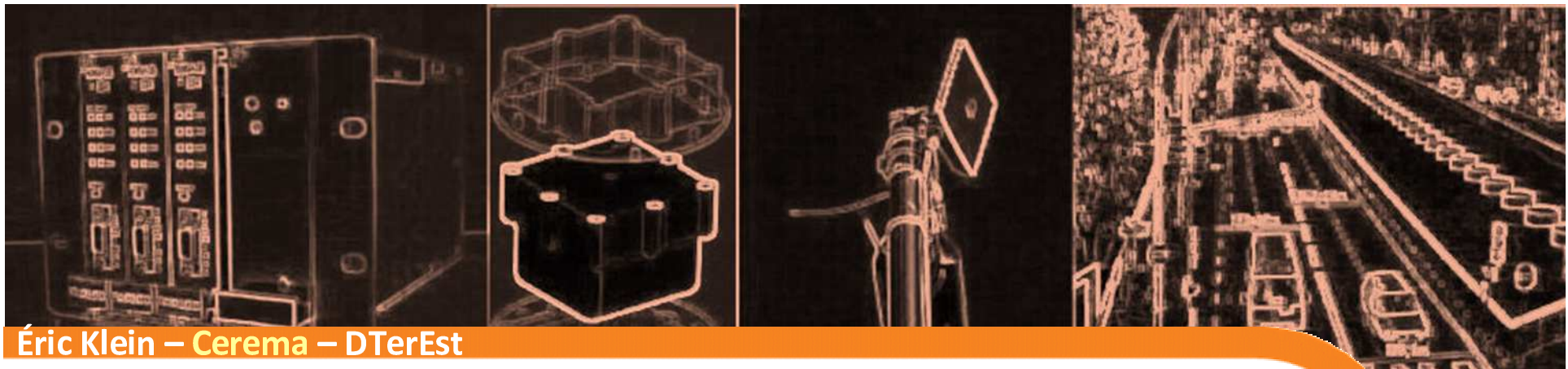


Recueil de données trafic

Capteurs et leurs utilisations

Mesures, limites, précisions, usages et coûts



Plan de la présentation

- **Partie (1) : Pourquoi un recueil de données trafic ?**
 - ✓ Politiques et stratégies induisant un recueil de données trafic
 - ✓ Les besoins des exploitants et les autres besoins
 - ✓ Systèmes de recueil et systèmes experts
- **Partie (2) : capteurs et systèmes de recueil de données trafic**
 - ✓ Les différents capteurs par technologies
 - ✓ Les systèmes de recueil et les systèmes experts
- **Bibliographie et références**

Politique et stratégies (1)

- **Le contexte général du recueil de données : pourquoi l'instrumentation des chaussées ?**
 - ✓ **Politiques nationales** : connaissance des trafics, du patrimoine, sécurité routière, etc.
 - ✓ **Développement durable** : optimisation des infrastructures existantes, qualité des déplacements, etc.
- **Objectifs généraux : améliorer la qualité de service des infrastructures existantes**
 - ✓ **Maintien de la viabilité** : maintenir les conditions normales d'utilisation de la voirie ou à les rétablir dans les meilleurs délais
 - ✓ **Gestion du trafic** : contrôler et répartir les flux pour une utilisation optimale de la capacité des infrastructures
 - ✓ **Aide au déplacements** : actions de nature à améliorer le confort et la sécurité des usagers et qui passe par l'information sur les conditions de circulation



Politique et stratégies (2)

- **Stratégies locales des DIR, SCA, CG et Agglomérations**
 - ✓ Les régulations **d'accès** : gestion de la demande pour éviter la saturation
 - ✓ Régulation **dynamique des vitesses**
 - ✓ Interdiction de **dépasser** pour les **Poids Lourds**
 - ✓ La gestion **dynamique des voies**
 - ✓ Utilisation de la **Bande d'Arrêt d'Urgence** en voie supplémentaire
 - ✓ **Alertes** sur incidents
 - ✓ Affichage des **temps de parcours**
- >>> **Définition des mesures, suivi et évaluations priori et a posteriori**

Connaissance du trafic nécessaire



Besoins des exploitants et autres besoins (1)

- **Plusieurs types de besoins**
- ✓ Temps réel
- ✓ Temps différé
- ✓ **Les recueils microscopiques** (ou individuels)
- ✓ La détection de véhicules particuliers, de PMR et de piétons
- ✓ **Le contrôle automatisé des infractions**
- ✓ Autres besoins ponctuels et/ou spécifiques



Capteurs : les différentes technologies

- **Introduction : différentes technologies en fonction de phénomènes physiques**
- ✓ **Capteurs inductifs – boucles**
- ✓ Magnétomètres en chaussée ou hors chaussée
- ✓ **Capteurs micro-ondes** : radars Doppler, radars avec mesure de distance, radar à micro-ondes passifs,
- ✓ **Capteur laser, infrarouge passif / actif**
- ✓ Capteurs acoustiques passifs / actifs (ultrasons)
- ✓ **Capteurs pneumatiques**
- ✓ Capteurs piézo-électriques, à jauges de contrainte,
- ✓ **Capteurs résistifs, capacitifs**
- ✓ Capteurs vidéo,
- ✓ **Traceurs continus et point-à-point**
- **Capteurs non abordés**
 - embarqués dans le véhicule : trajectoires, comportement véhicule/conducteur, mesures de chaussées, etc.
 - à fibres optiques, sismique, météo, etc.

Capteurs : les différentes technologies

- **Introduction (suite) : types de capteurs**

- ✓ **Capteurs « intrusifs » ou « non-intrusifs »**

- Les capteurs **intrusifs** sont installés « **dans la chaussée** » ou dans son emprise
- Les capteurs **non-intrusifs** sont installés « **hors chaussée** »
 - En accotement sur mât, potence
 - En surplomb des voies circulées sur portique, ouvrage d'art, en TPC, etc.

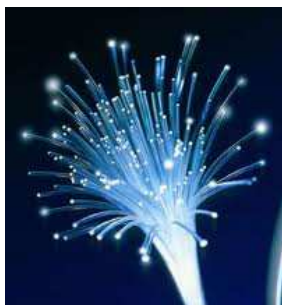


- ✓ Les capteurs **embarqués** dans les véhicules (poids, identification, géolocalisation, etc.)
- ✓ Les capteurs et systèmes **autonomes en énergie**
 - Alimentation par batterie / panneau solaire / éolienne (ou turbine)



Capteurs : les différentes technologies

- **Introduction (suite) : types de capteurs**
- ✓ **Les capteurs à transmission « filaire » capteurs <=> récepteur local**
 - Média de communication : **cuivre, fibres optiques**, etc.
- ✓ **Les capteurs à transmission « sans fil » capteurs <=> récepteur local**
 - Mode radio **opéré** GSM, GPRS, 3G ou 3G+
 - Mode radio **privé** : Bluetooth, Wifi 802.xx, PMR ou **protocole propriétaire**



Capteurs : les différentes technologies

- Introduction (suite) : types de capteurs

Normes Françaises dont NF P99-300 et compatibilité LCR

- Mesures individuelles

Notation usuelle	Nature de la mesure	Code	Unité	Domaines d'application	Classes d'exactitude			
					A	B	C	D
TIV	Intervalle de temps individuel	II	ds		≤ 2% ou ≤ 1ds	≤ 5% ou ≤ 3ds	≤ 10% ou ≤ 5ds	> 10% ou > 5ds
DIV	Distance inter-véhiculaire	DI	m	V > 5 km/h et Vitesse constante	≤ 5%	≤ 15%	≤ 30%	> 30%
V	Vitesse individuelle	VI	km/h	5 < V ≤ 50 km/h 50 < V ≤ 130 km/h V > 130 km/h	≤ 1 km/h ≤ 2% ≤ 3%	≤ 3 km/h ≤ 4% ≤ 5%	≤ 5 km/h ≤ 6% ≤ 10%	> 5 km/h > 6% > 10%
L	Longueur individuelle	LI	dm	V > 5 km/h et L > 2,5 m	≤ 2%	≤ 5%	≤ 10%	> 10%
TI	Temps de présence ponctuel	TI	ms	V > 5 km/h	≤ 2% ou ≤ 1 ms	≤ 5% ou ≤ 3 ms	≤ 10% ou ≤ 5 ms	> 10% ou > 5 ms
PTRR	Poids total roulant réel	PI	dt	PTTR > 3,5 t	≤ 5%	≤ 10%	≤ 15%	≤ 25%...

- Mesures agrégées

Notation usuelle	Nature de la mesure	Code	Unité	Domaines d'application	Classes d'exactitude			
					A	B	C	D
Q	Débit total	QT	véh/séq		≤ 1%	≤ 3%	≤ 10%	> 10%
TO	Taux d'occupation	TI	%		≤ 2%	≤ 5%	≤ 10%	> 10%
V	Vitesse moyenne harmonique	VT	km/h	5 < V ≤ 50 km/h 50 < V ≤ 130 km/h V > 130 km/h	≤ 1 km/h ≤ 2% ≤ 3%	≤ 3 km/h ≤ 4% ≤ 5%	≤ 5 km/h ≤ 6% ≤ 10%	> 5 km/h > 6% > 10%
LC	Débit par classe de longueur	LC	véh/séq	V > 5 km/h et L > 2,5 m	≤ 5%	≤ 10%	≤ 20%	> 20%
VC	Débit par classe de vitesse	VC	véh/séq	V > 5 km/h	≤ 5%	≤ 10%	≤ 20%	> 20%
	Débit par catégorie de silhouette	KC	véh/séq	V > 5 km/h et Vitesse constante	≤ 3%	≤ 10%	≤ 15%	> 15%

Compatibilité LCR

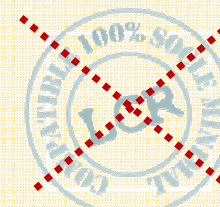
Certifié LCR NFP99-340



Socle minimal



Non compatible



Capteurs : les différentes technologies

- **Les capteurs inductifs : la boucle « électromagnétique »**
- ✓ **Le capteur : capteur le plus répandu en France plus de 6 000 stations de mesure sur le RRN**
 - Une ou deux **boucles** à n spires (3 pour SIREDO) de fil cuivre multibrins 1 à 2 mm²
 - Retour de boucle torsadé à raison de **10 spires au mètre**
 - Forme **rectangulaire** pour les plus répandues et placées à 7 cm sous l'enrobé



- ✓ **Le principe de fonctionnement**
 - Un signal électrique **sinusoïdal** de **quelques dizaines de mV** est appliqué aux bornes de la boucle électromagnétique à une **fréquence entre 50 et 150kHz**. Cette tension induit un **champs magnétique rayonnant** autour la boucle et au dessus de la chaussé : circuit résonnant.
 - **A chaque passage** d'un véhicule au dessus de la boucle, la masse métallique du véhicule **perturbe le champs magnétique rayonnant**, ce qui a pour effet de **modifier l'inductance de la boucle** et donc la **fréquence du signal** électrique émis. Ce décalage de fréquences est convertit en tension à l'aide d'une **boucle à verrouillage de phase**. Cette dernière est **seuillé** pour fournir un **signal « tout ou rien »** directement lié à la présence du véhicule.
 - Suivant la forme de la boucle, ses dimensions, le nombre de spires, sa profondeur d'enfouissement et la section du fil utilisé, les résultats des détections seront différents.

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs inductifs : la boucle « électromagnétique » (suite)**

- ✓ **Les mesures fournies**



- Débits, vitesses, longueur, silhouettes, temps de présence, taux d'occupation, temps et distance inter-véhiculaire, distinction d'essieux, signatures magnétiques

- ✓ **Les limites de fonctionnement**



- Facteurs perturbant les détections : champs magnétiques, véhicules circulant à basse vitesse (inférieure à 10 km/h), véhicules très proches les uns des autres et remorques, véhicule présentant une garde au sol importante, très petit gabarit de véhicules.

- ✓ **Les précisions**



- Débit : classe **B** (station de type SIREDO SOL2 étalonnée)
- Vitesses : classe **B / C** (suivant type et état station)
- Longueurs : classe **C**

- ✓ **Les prix 2013 (prix marchés DIR)**



- Boucle de présence simple posée : **350 € HT**
- Station de comptage 12 boucles : de **3 000 € HT** à **8 000 € HT** – suivant fournisseur / type
- Génie civil additionnel (prix moyen) NRJ/télécom. : ~ **5 000 € HT** ou **plus (!)** – suivant voies, accès
- Coût par voie : ~ **4 000 € HT** pour bidirectionnelle puis dégressif

Capteurs : les différentes technologies

- **Les capteurs inductifs : la boucle « électromagnétique » (suite)**
 - ✓ **Les produits sur le marché : 5 fabricants homologués SIREDO / SOL2 :**
 - STERELA - station Mistral CCO4600D - version 3.0 (révision interne 3.0.4)
 - FARECO SIAT - station SCC400/RDT - version 028 (version légère : Zephyr).
 - SIGNATURE TRAFFIC SYSTEMS - station STS V06 - version 580
 - LACROIX TRAFIC - station RADT TRAFFY 2 - version 001
 - SFERIEL / AXIMUM Produits Électroniques - station PRMX - version (logiciel principal) 601
 - Technologie mono-boucle : THALES : boucle Eye Way => une seule boucle toutes mesures



- ✓ **Des compteurs mobiles sont également disponible (recueils courts et ponctuels)**

- STERELA - Mixtra
- Sfériel - Phoenix.



Capteurs : les différentes technologies



- **Les magnétomètres**

- ✓ **Les capteurs**

- **Plaques** à poser sur chaussée ou **capteur cubique** à placer en chaussée (intrusif)
- Le capteur intègre de très **petites self** pouvant être réalisées sur des circuits imprimés de très petites tailles



- ✓ **Le principe de fonctionnement**

- Analyse de la **variation du champ magnétique terrestre** causée par le passage des véhicules
- Le signal délivré par le capteur est un signal électrique **proportionnel aux variations du champs magnétique terrestre sur les 3 axes x, y et z**
- Très petite taille (quelques centimètres) de forme cubique en général. Souvent posé en chaussée via un carottage à quelques centimètres en dessous de l'enrobé.
- **Un seul capteur posé en milieu de voie** permet de détecter la présence d'un véhicule, deux capteurs permettent de déduire d'autres natures de mesure (vitesses, longueurs, interdistances, etc.)

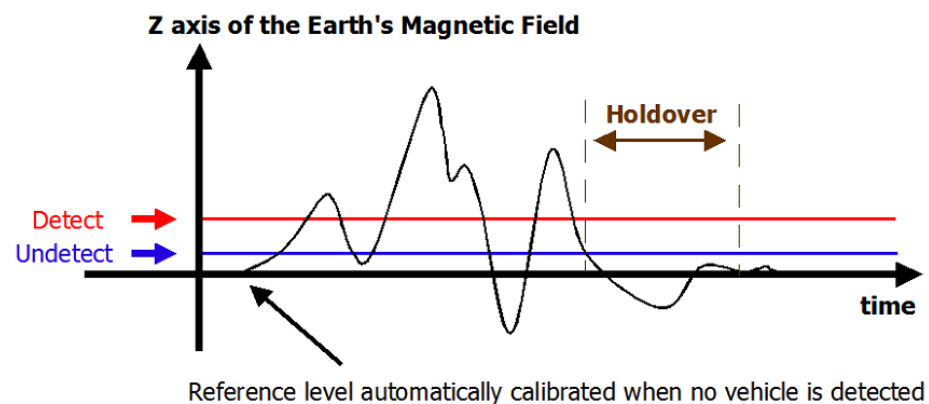
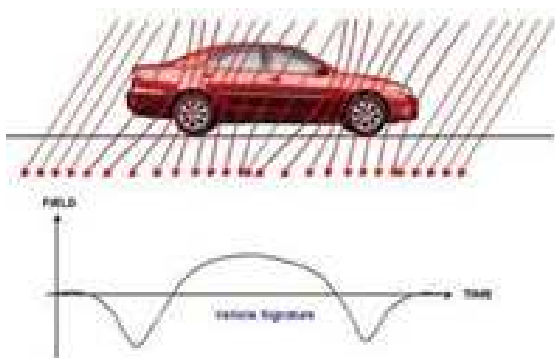
Capteurs : les différentes technologies



- **Les magnétomètres (suite)**

- ✓ **Les signaux**

- Étude des 3 composantes x, y et z du **champs magnétique terrestre**
- **Auto calibrage** du capteur, **sensibilité** paramétrable
- Transmission **sans fil** et alimentation par **batterie** ou **pile** de petite taille
- Comme pour les boucles inductives, une analyse fine du signal peut fournir une signature magnétique « caractéristique » pour un véhicule.
- **Très peu perturbable**, robuste et plusieurs fonctionnalités disponibles.



Capteurs : les différentes technologies



• Les magnétomètres (suite)

✓ Les mesures fournies



- Débits, vitesses, longueur, silhouettes, signatures magnétiques de véhicules, temps de présence, taux d'occupation, temps et distance inter-véhiculaire

✓ Les limites de fonctionnement



- Fortes perturbations magnétiques, véhicules circulant à basse vitesse (inférieure à 10km/h, comme les boucles), véhicules très proches les uns des autres ou remorques, véhicule non centrés dans la voie.

✓ Les précisions



- Débit : classe **B**
- Vitesses : classe **C / D**
- Longueurs : classe **C / D**
- Les temps de parcours : **±10%** (voir plus précis)

✓ Les prix 2013 (prix marchés DIR Sensys Network)



- Capteur simple posée : **650 € HT** (carottage + pose capteur + résine)
- Point d'accès + coffret + sujétions : **4 000 € HT**
- Coût par voie : **~ 2 300 € HT** (pour une bidirectionnelle puis dégressif)
- Très peu de Génie civil (suivant les sites et contraintes)

Capteurs : les différentes technologies



- Les magnétomètres (suite)

- ✓ Quelques matériels

- Capteurs Sensys Networks



- Plaques Torn, Sterela, Magsys



Capteur Magsys plot « M210 »

À évaluer



- Les composants



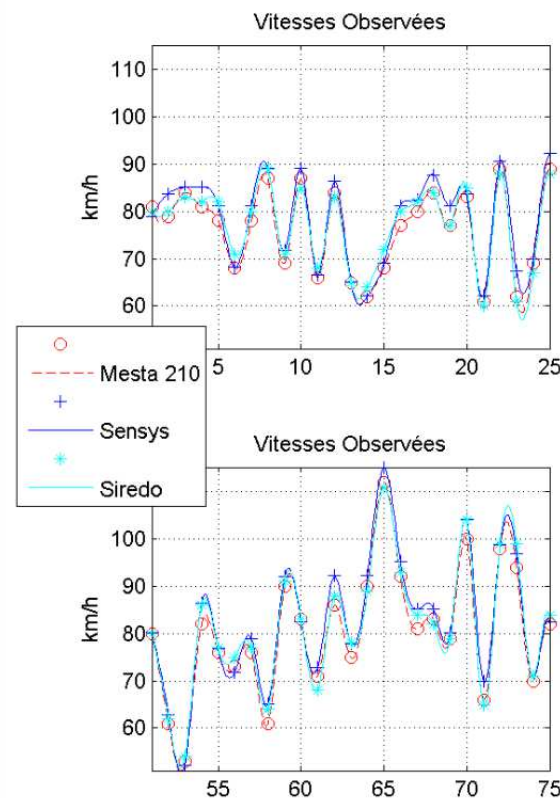
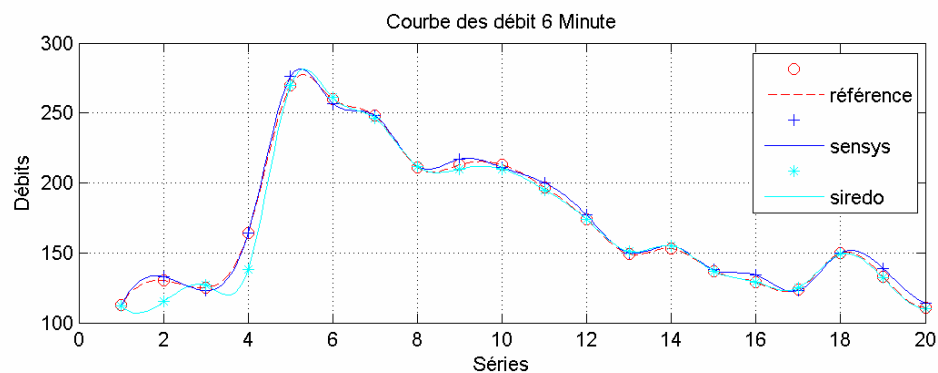
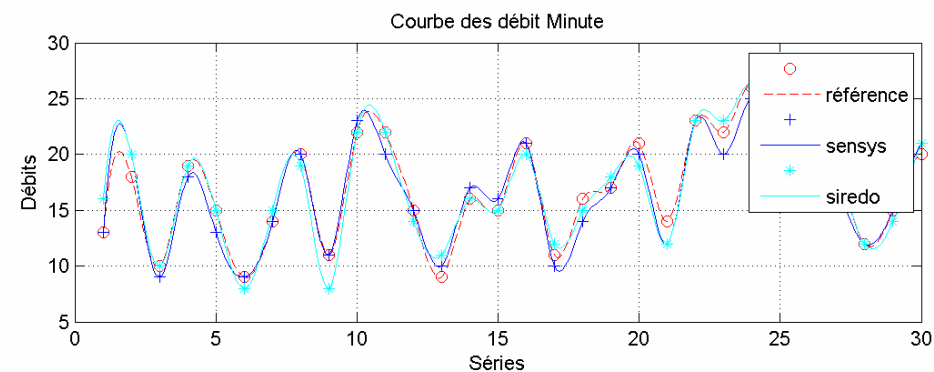
Capteurs : les différentes technologies



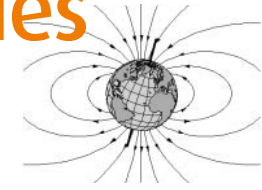
- **Les magnétomètres (suite)**

- ✓ **Résultats premières évaluations**

- Capteurs Sensys Networks – évaluation CETE de l'Est (2010)



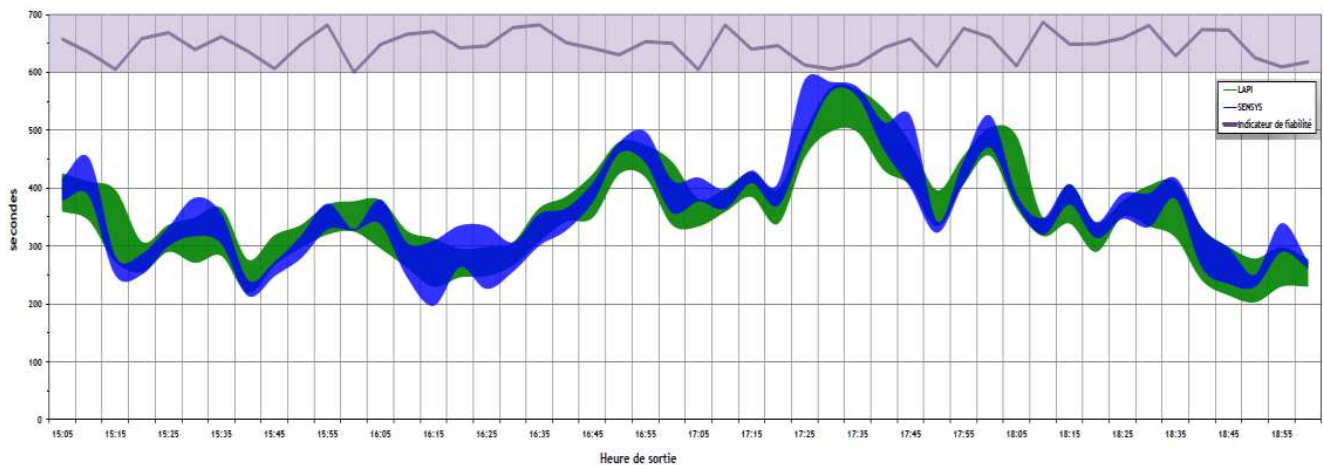
Capteurs : les différentes technologies



- **Les magnétomètres (suite)**

- ✓ **Résultats premières évaluations « Temps de parcours »**

- Application particulière réalisée à partir de capteurs Sensys Networks – évaluation CETE de l'Est (2013)



- Résultats de **Temps de parcours en urbain** – section de **1110m**
- Référence **LAPI Survision Micropack**
- Précisions situées autour de **±5% à ±10%**

Nouvelle gamme de produit Sensys Networks : comptage + signatures magnétiques + antennes Bluetooth et Wifi dans une même balise bord de chaussée (Access Point)

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs à effets Doppler (micro-ondes)**

- ✓ **Les capteurs**

- Système **non-intrusif** installé en accotement de chaussée, au sol, sur mât, portique ou potence
- Système utilisé pour le **recueil de données trafic** mais aussi pour le contrôle automatique des **infractions routières**. Systèmes aussi utilisés en **référence** pour les plus précis et certifiés (Police et Gendarmerie)



- ✓ **Le principe de fonctionnement**

- Un train d'**ondes électromagnétiques pulsées** est émis à une fréquence sur la **bande X (10 à 25GHz)** en direction d'un véhicule, en formant un angle précis avec l'axe de la chaussée (en général de 20° à 45°). Détection multivoies : plusieurs canaux d'émission (à raison d'un canal par voie)
- **L'onde sera alors « compressée »** et **en partie réfléchi**e par le véhicule. Le compteur radar analyse le signal réfléchi reçu et calcule la vitesse du véhicule en fonction du **décalage de fréquence entre le signal émis et reçu**, corrigé par le cosinus de l'angle de mesure. La forme et l'amplitude du signal reçu sont directement liés à la forme du véhicule et à sa surface de réflexion
- La valeur de la **SER** (Surface Équivalente Radar exprimée en m²) analysée par le compteur radar permettra de réaliser le **calcul de la longueur** et une **déduction de la silhouette des véhicules**
- Pour un **capteur à deux faisceaux**, les mesures se font par l'analyse des temps de présence et des temps de coupure entre des faisceaux (équivalent à deux barrières). En mesurant le temps de renvoi d'un train d'onde pulsés, il est possible de mesurer une distance d'un véhicule coupant les faisceaux du radar.

Capteurs : les différentes technologies

- **Les capteurs à effets Doppler (suite)**

- ✓ **Les mesures fournies**



- Débits, vitesses, longueur, silhouettes (limitées), temps et distance inter-véhiculaire, distance capteur/véhicule

- ✓ **Les limites de fonctionnement**



- Facteurs perturbant les détections : véhicules circulant à basse vitesse (inférieure à 20km/h), véhicules très proches les uns des autres, véhicules en forte accélération ou décélération, très petit gabarit de véhicules, masquage de PL pour radars doubles antennes, réglages parfois difficiles et multiples





- ✓ **Les précisions**



- Débit : classe **B/C** (**A** pour les radars de type « Police »)
- Vitesses : classe **C** (**B** pour les radars de type « Police »)
- Longueurs : classe **D**

- ✓ **Les prix 2013**



- SmartSensor HD  : ~ **12 000 € HT** à **13 000 € HT** (bidirect. et 2x3 voies)
- Sferiel Viking+  : **2 300 € HT**
- DataCollect SDR  : **2 200 € HT**
- iComs TMSSA  : **2 200 € HT**
- Coût par voie : de **1 000 € HT** à **6 000 € HT** (selon technologie)

Capteurs : les différentes technologies



- Les capteurs à effets Doppler (suite)

- ✓ Quelques matériels

- SmartSensor HD (Magsys) et Swarco TDC3 ou TDC4, iComs TMS-Net



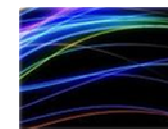
- Radars de comptage mobiles : Sdr DataCollect, iComs TMS-SA, Sferiel Viking, etc.



- Comptages temporaires jusqu'à 1 à 2 mois sans alimentation
- Installation en 30mn – déplaçable facilement
- Formats de fichiers FIME souvent disponibles, compatibilité LCR pour SmartSensor HD avec MiVisutraffic

Technologie de substitution aux tubes dans les DIR et les Conseils Généraux en France pour le recueil de comptages temporaires de type 4 x 1 semaine

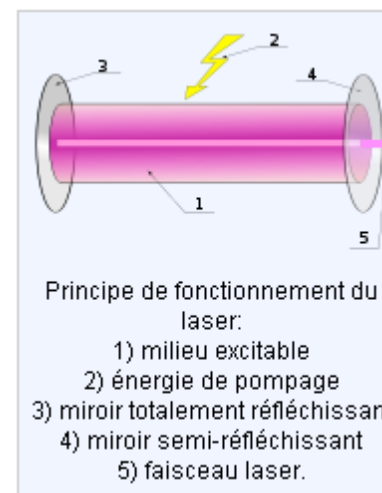
Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Laser**

- ✓ **Les capteurs**

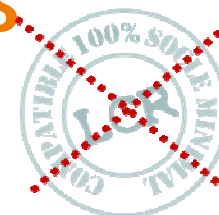
- Un Laser est appareil émettant un **rayonnement lumineux puissant**
- Ci-contre le schéma de principe
(source : www.techno-sciences.net)



- ✓ **Le principe de fonctionnement**

- Le signal émis est **amplifié par une « émission stimulée »** à l'aide de **deux miroirs partiellement et totalement réfléchissant**. Une des particularité du Laser est sa **pureté spectrale** et la possibilité d'obtenir une **émission autour d'une seule longueur d'onde**
- **Six familles** pour de nombreux domaines d'application mais pour la détection de véhicules, **trois classes** : (i) les Lasers à **balayage**, (ii) les Lasers **monopoint** à faisceau conique ponctuel et (iii) les Lasers à faisceau **asymétrique**. Ces capteurs permettent de réaliser de la détection de véhicules, de la mesure de distance capteur/véhicules, de la mesure de vitesse et de l'analyse de longueurs et de formes de véhicules. Tous les compteurs / analyseurs de trafic Laser sont non intrusifs, ils peuvent selon l'utilisation être installé en accotement : sur le sol, sur mâts ou en surplomb de voies de circulation : sur potences, portiques ou ouvrages d'art. **Il convient par mesure de sécurité de choisir des produits « sans danger oculaire » à base de Laser de Classe 1/1M.**

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Laser (suite)**

- ✓ **Les mesures fournies**



- Débits, vitesses, longueurs et formes de véhicules, temps de présence, taux d'occupation, temps et distance inter-véhiculaire, distance capteur/véhicule

- ✓ **Les limites de fonctionnement**



- Les Lasers à balayage ou 1D ont une vitesse d'analyse limitée (< 1kHz) qui bornent leurs précisions pour les véhicules « rapides », les Lasers monopoint sont très sensibles à la pluie et leurs faisceau « étroit » ne permet pas de détecter tous les véhicules (moto par exemple), les Lasers à faisceau asymétrique constituent un moyen de détection plus fiable et plus précis.

- ✓ **Les précisions**



- Débit : classe **A**
- Vitesses : classe **A** à **D** suivant technologies
- Longueurs : classe **A** à **D** suivant technologies

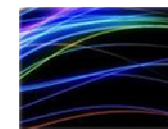
- ✓ **Les prix 2013**



- Coût approximatif par voie : plus de **5 000 € HT**
- Génie civil suivant les sites et contraintes

!/ \ À intégrer par un industriel

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Laser (suite)**

- ✓ **Quelques matériels**

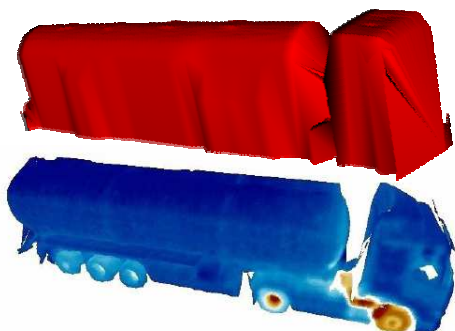
- Sick LMS211, Autosense OSI LaserScan, Notpel CMP2 (distance), etc.



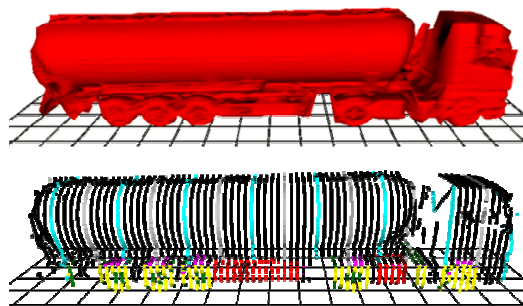
- Mesure de distances latérales, inter-distances, télémétrie, etc.
- Systèmes dédiés à la détection et au comptage de véhicules routiers

- ✓ **Mesures évoluées réalisées à partir de capteurs laser Sick**

Catégorie / Thermographie



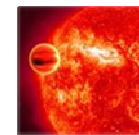
Catégorie + essieux



Gabarits



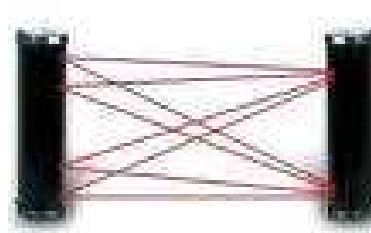
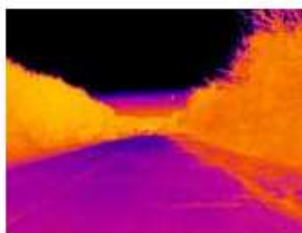
Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Infrarouge**

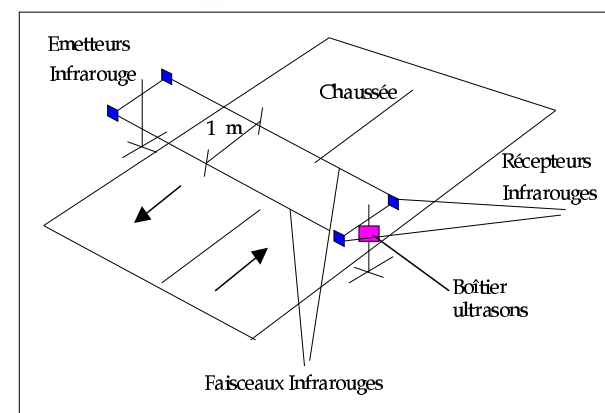
- ✓ **Les capteurs**

- Ces capteurs **non-intrusifs** peuvent être classés en deux grandes familles
 - Les capteurs IR **passifs**
 - Les capteurs IR **actifs**



- ✓ **Le principe de fonctionnement**

- Les capteurs **IR passifs** sont sensibles à la **chaleur** émise par les véhicules, piétons ou conducteurs de deux roues. Leur **portée est de 1m à 100m**. Applications : détection de véhicules et de piétons.
- Les capteurs **IR actifs** mettent en œuvre sur les principes des **barrières lumineuses** et de la **télémétrie laser**. En principe il s'agit d'une **DEL** à faisceau lumineux très fin. **3 modes** :
 - Barrage : émetteur / récepteur en vis à vis
 - Reflex : émetteur / récepteur dans le même boîtier, réflexion sur une surf. rétro-réfléchissante : (-30m)
 - Proximité : également un seul boîtier mais réflexion sur un mobile (-3m).



Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Infrarouge (suite)**

- ✓ **Les mesures fournies**



- Débits, vitesses, longueurs et formes de véhicules, temps de présence, taux d'occupation, temps et distance inter-véhiculaire, distance capteur/véhicule.

- ✓ **Les limites de fonctionnement**



- Idem Laser pour les barrières et la télémétrie

- ✓ **Les précisions**



- Débit : classe **C**
- Vitesses : classe **A** à **D** suivant technologies
- Longueurs : classe **A** à **D** suivant technologies

- ✓ **Les prix 2013**



- Coût approximatif par voie : **1 500 € HT** (capteur passif d'entrée de gamme)
- Génie civil suivant les sites et contraintes

!/ \ À intégrer par un industriel

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Infrarouge (suite)**

- ✓ **Quelques matériels**

- Xtralis ASIM IR301-304/308, ADEC Technologies traffics detectors, Swarco, etc.



- Capteurs utilisés sur **A13** – réseau **SAPN** – technologie innovante et très intéressante dans les capteurs à **couplage de technologie**

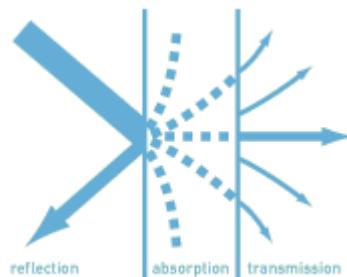
Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Acoustiques**

- ✓ **Les capteurs**

- Balises acoustiques **passives** ou **actives**



- ✓ **Le principe de fonctionnement**

- Balises **acoustiques passives** : détection du **bruit** émis par les véhicules (roulement, moteurs, etc.). Peu directifs et nécessitent des faisceaux d'antennes directives pour une meilleure mesure. Traitement de signal relativement complexe. Peu utilisé en France pour le recueil de données de trafic.
- Balises **acoustiques actives** : émission / réception d'un **signal acoustique** de type **ultrason** à une fréquence située autour de **60kHz** : inaudible pour l'homme. L'émetteur envoie périodiquement un **signal impulsif** en direction de la chaussée, après **réflexion**, ce signal est traité dans un récepteur (souvent le même boîtier) qui mesure le temps parcouru entre l'émission et la réception.

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Acoustiques (suite)**

- ✓ **Les mesures fournies**



- Débits, vitesses, longueurs et formes de véhicules, temps de présence, taux d'occupation, temps et distance inter-véhiculaire, distance capteur/véhicule

- ✓ **Les limites de fonctionnement**



- La technologie acoustique seule n'est pas suffisante pour obtenir des précisions satisfaisantes. En général les capteurs utilisant cette technologie la « mixe » avec une télémétrie laser ou une détection à l'aide de radar à effet Doppler.

- ✓ **Les précisions**



- Débit : classe **C**
- Vitesses : classe **D**
- Longueurs : classe **D** (deux silhouettes VL/PL)

- ✓ **Les prix 2013**



- Coût approximatif par voie : **12 000 € HT** (capteur Eaglevia de Néavia)

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs Acoustiques (suite)**

- ✓ **Quelques matériels**

- Neavia EagleVia (et μ Via), Xtralis ASIM, Swarco TDC3/4, etc.



- A évaluer : capteurs OMRON (Japon), SIEMENS (Allemagne), etc.



Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs de pression : les tubes**

- ✓ **Les capteurs**

- Capteurs **faiblement intrusifs** sont utilisés exclusivement dans le cadre de **recueils temporaires**. Tubes pneumatiques en **caoutchouc** noir d'un diamètre intérieur de **6mm** pour un diamètre extérieur de **15mm**. Plusieurs dimensions et types de tubes sont proposés par les fabricants : 6x12mm, 6x13mm, 6x15mm, 6x18mm, en format rond, demi-rond ou encore ronds avec une partie centrale neutralisée pour éviter les interventions de fixation de colliers entre deux chaussées.



- ✓ **Le principe de fonctionnement**

- Les tuyaux transmettent des **variations de pression d'air**, provoquées par le passage des essieux des véhicules, vers des vannes ou détecteurs pneumatiques qui transforment ces variations de pression en signaux électriques. Ceux-ci sont orientés vers le circuit d'entrée du compteur électropneumatique qui va les filtrer, les dater et les comptabiliser.
- Chaque compteur peut être relié à **1 ou 2 tubes** qui vont permettre de recueillir : le nombre essieux avec 1 seul tube, le nombre de véhicules, les vitesses et la **distinction VL/PL** avec deux tubes espacés de 1 mètre. Tout véhicule présentant une distance inter-essieux de plus de 3,45 m sera considéré en PL. Ces capteurs peuvent être utilisés pour la **détection de deux roues** si le sol est relativement souple (enrobé à froid ou terre). Ils sont alors **enfouis à une profondeur de 6 cm** et détectent le passage des vélos ou deux roues motorisées.

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs de pression : les tubes (suite)**

- ✓ **Les mesures fournies**



- Débits, vitesses et distinction VL/PL (deux classes)

- ✓ **Les limites de fonctionnement**



- Les tubes pneumatiques sont sensibles à l'arrachage si leur installation est d'une durée importante (plus de 2 mois). Ils ne sont pas recommandés pour les routes à chaussées séparées et pour les axes présentant un trafic journalier tous véhicules supérieur à 10 000 v/j. Un fort trafic lourd (> 30%) accélère également le vieillissement des tubes ou leur arrachage.

- ✓ **Les précisions**



- Débit : classe **B**
- Vitesses : classe **C**
- Longueurs : classe **D** (deux silhouettes VL / PL)

- ✓ **Les prix 2013**



- Sfériel Alpha : **1 600 € HT**
- Magsys MC5600 : **NC € HT**
- Coût approximatif par voie : **850 € HT**
- Prix divers : piquets 70mm / 100mm = 2,10/2,25€HT - anneau double = 2,50€HT
- tubes Ø 15mm – en rouleau 40m : 3,20€HT/ml

Capteurs : les différentes technologies

- Les capteurs de pression : les tubes (suite)

- ✓ Quelques matériels

- Compteurs à tubes Sterela TENOR, Sfériel ALPHA, ELSI Cigale, Magsys MCC 5600, etc.



- Technologie encore très répandue dans les DIR et les Conseils Généraux en France pour le recueil de comptages temporaires sur route de – 10 000 v/j sans fort trafic lourd

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs vidéo**

- ✓ **Les capteurs**

- **Caméras** noir et blanc ou couleur, trois familles : CCD, CMOS et CID
- **CCD** (Charges Coupled Device) : technologie banalisée et maîtrisée, possibilité haute résolution (caméscopes grands publics, visionique industrielle et scientifique)
- **CMOS** (Complementary Metal Oxide Semi-conductor) : technologie plus récente demandant moins d'énergie, fonctionnalités plus nombreuses et coût inférieur.
- **CID** (Charge Integration Device) : très peu répandus, insensibilité aux rayonnements hautes énergie (usage nucléaire civil et militaire)



- ✓ **Le principe de fonctionnement**

- **L'image est analysée** à l'aide de logiciels spécialisés de façon intégrale ou par groupes de pixels en temps réel ou en temps différé. **Trois niveaux d'analyses** peuvent être réalisés sur une image statique : le **niveau (1)** : amélioration de l'image en vue de distinguer des objets (véhicules, piétons, chaussées, etc.), **niveau (2)** : distinction des objets, **niveau (3)** : travail sur les objets. Des analyses dynamiques sont réalisées en vue de détecter les objets et leurs trajectoires. Des capteurs virtuels peuvent être placés dans un cadre d'image « fixe » pour permettre de recueillir plusieurs natures de données et mettre en évidence les phénomènes que l'on cherche à étudier (contre sens, fumée, piétons, etc.)

Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs vidéo (suite)**

- ✓ **Les mesures fournies**



- Débits, vitesses, longueurs et formes de véhicules, temps de présence, taux d'occupation, temps et distance inter-véhiculaire, signature vidéo + capteurs virtuels

- ✓ **Les limites de fonctionnement**



- Distance couverte par la caméra (hauteur, optique, focale, etc.), stabilité du support, éléments masquant fixes et mobiles (poteaux, véhicules eux-mêmes, etc.) phénomènes météo (neige, brouillard, forte pluie), effets d'éblouissement, d'ombres.

- ✓ **Les précisions**



- Débit : classe **B / C**
- Vitesses : classe **C**
- Longueurs : classe **D** (deux silhouettes VL/PL)

- ✓ **Les prix 2013**



- Coût approximatif par voie : ~ **2 500 € HT**
- Système Autoscope : ~ **5 000 € HT**

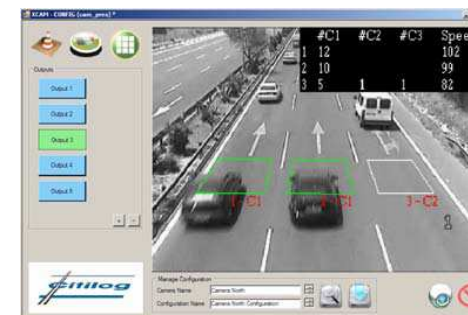
Capteurs : les différentes technologies



- **Les capteurs vidéo (suite)**

- ✓ **Quelques matériels : utilisation Tunnel, DAI, DAB, recueil données trafic, etc.**

- Autoscope Terra, Traficam TRAFICON, iCam CITILOG, MicroSense, etc.
- Usages : reconnaissance et comptage de véhicule, analyses comportementales, LAPI, DAI, DAB, etc.



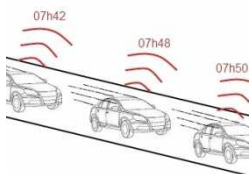
Capteurs : les différentes technologies



- **Les traceurs continus et points-à-points**

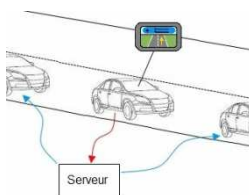
- ✓ **Deux catégories de capteurs (traceurs) FCD et FMD**

- Traceurs **continus** : localisation GNSS, communauté d'utilisateurs et les FMD des opérateurs GSM
- Traceurs **point-à-point** : bluetooth, RFID (badge télépéage) et WIFI



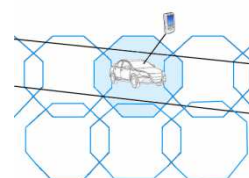
- ✓ **Les traceurs continus : localisation GNSS**

- Localisation GPS toutes les secondes – envoi vers un serveur via GPRS/3G
- Filtrage et projection sur le réseau routier : Map-Matching
- Données : temps de parcours, vitesses moyennes et matrices O/D



- ✓ **Les traceurs continus : les communautés d'utilisateurs**

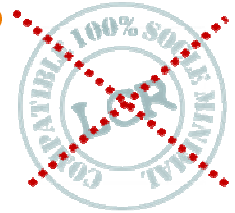
- Crowdsourcing littéralement « approvisionnement par la foule »
- Smartphone, Coyote ou appareils/logiciels dédiés
- Données : temps de parcours et vitesses moyennes



- ✓ **Les traceurs continus : les FMD (Floating Mobile Data)**

- données issues des réseaux des opérateurs de téléphonie mobile
- captures des positions de mobiles en communications et handover
- Données : localisations, vitesse de « flottes » et de véhicules individuels, sens

Capteurs : les différentes technologies

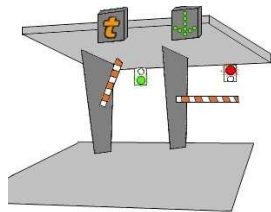


- **Les traceurs continus et points-à-points (suite)**



- ✓ **Les traceurs points-à-points : balises Bluetooth et Wifi**

- Captures d'adresses MAC BT et Wifi classées par catégories de terminaux
- En 2013 : 10 à 20% du flux de trafic « capturé »
- Données : vitesses moyennes, temps de parcours, sens et matrices O/D



- ✓ **Les traceurs points-à-points : les badges télépéages RFID**

- Nécessite des portiques RFID/DSCR (péage, ou navigo par exemple)
- Données exclusivement capturées aux péages
- Données : vitesses moyennes, temps de parcours

Expérimentation en cours à Lyon sur la rocade Est. 7 technologies mises en œuvre et **6 évaluées** : **LAPI** (référence), stations à **boucles, magnétomètres**, balises **Bluetooth / Wifi, FCD** Tomtom, INRIX et Autoroute Trafic et **fusion de données magnétomètres / BT**

Capteurs : les différentes technologies



- **Les LAPI ou ANPR**

- ✓ **ANPR : Automatic Number Plate Recognition**

- Principe des véhicules traceurs par lecture et reconnaissance de plaques d'immatriculation
- ~80% des plaques identifiées et ~70% des plaques appariées
- Plusieurs industriels proposent des solutions mêlant des fonctionnalités de gestion de ressources
- Données : vitesses moyennes et temps de parcours
- MTBF annoncés autour de 7 ans
- Coût autour de 20k€ « tout compris » pour un système sur une durée de 10 ans



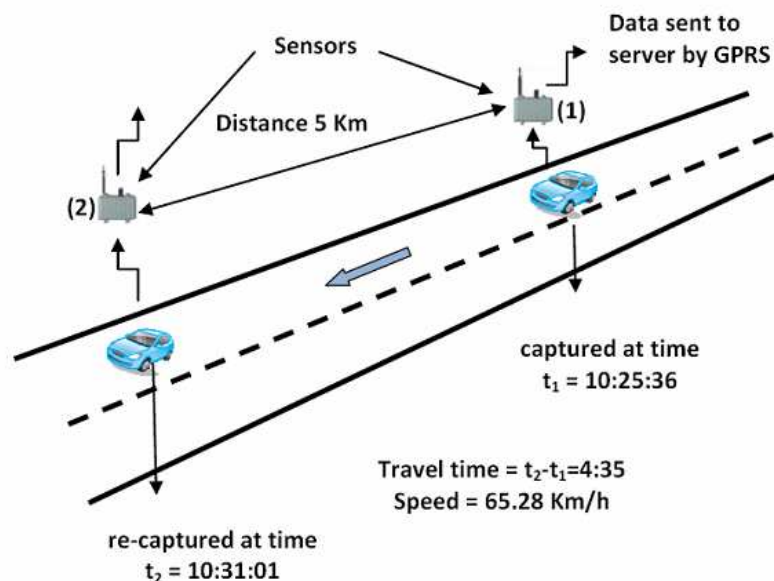
Capteurs : les différentes technologies



• Les balises Bluetooth et Wifi

✓ Bluetooth

- Mesure de temps de parcours, analyse multivoies → jusqu'à ~ 50m
- 10 à 20% des véhicules équipés de dispositifs Bluetooth / Wifi « captés » par les balises
- Coût d'une balise entre 1 500 €HT et 5 000 €HT hors GC suivant fournisseur
- Nouvelle solution disponible magnétomètre / BT/ Wifi



Capteurs : les différentes technologies



- **Les communautés d'utilisateurs**

- ✓ **Coyote**

- Avertisseur de **zones de danger** et de limitations de vitesse : data de type « états de trafic » (vitesses moyennes et TP)
- Plus de **600 000 véhicules équipés** en France et Belgique
- Solution basée sur le **positionnement GPS** ainsi que sur une communication bidirectionnelle avec un serveur distant en mode GPRS
- Le système n'est **pas adapté aux axes à faibles trafic** bien que des données soient disponibles
- **Coût** suivant agrégateur de données

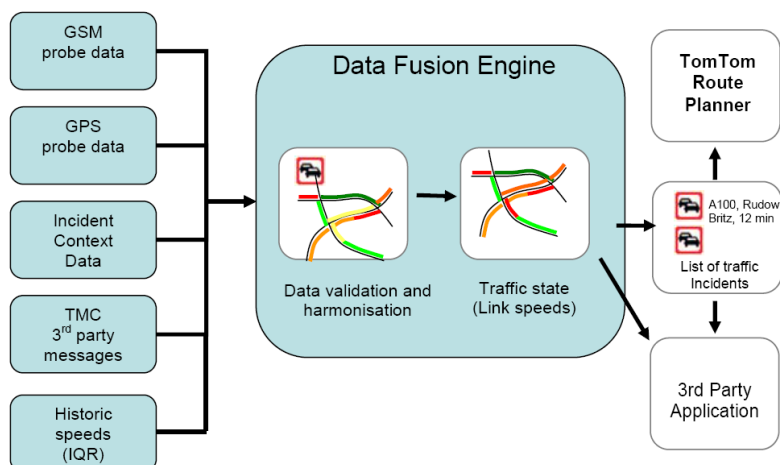


Capteurs : les différentes technologies

- **Les communautés d'utilisateurs (suite)**

- ✓ **TomTom**

- Assistance au guidage routier, avertisseur de zones de danger et de limitations de vitesse
- Data de type « états de trafic » (vitesses moyennes et TP)
- Deux produits présents sur le marché
- HD Route Times → Temps de parcours sur un tronçon identifié (remontée de positions GPS)
- HD Flow → vues des flux de trafic en temps réel (fusion de données GPS, GSM, archives, etc.)
- Le système est à priori adapté aux axes à trafics forts et moyens – site Web public
- Coût non communiqué.



Pour aller plus loin : bibliographie – Sites Web

État de l'art, théorie et méthodes

- Rapport SETRA - Panorama des systèmes de recueil de données trafic – version anonymisée diffusée
- ✓ Fiches capteurs et expérimentations
- ✓ Matrice de choix capteur / usage
- Rapport SETRA - à paraître – Gestion de trafic : mise en œuvre de mesures dynamiques (Socle d'équipements)
- Guide CERTU - 2010 - Comprendre le Trafic Routier
- Guide CERTU - 2002 - Méthode d'évaluation de nouveaux capteurs de trafic et **son additif 2014**
- Guide SETRA - 2004 - Comptage temporaire routier
- Équipements et télécommunications
- ✓ Rapport CETMEF – 2010 - État de l'art – Raccordement des équipements dynamiques de la route aux CISGT
- ✓ Rapport CERTU - 2003 - Capteurs infrarouge ASIM
- ✓ Guide CERTU - 2001 - Les capteurs vidéo de trafic
- ✓ Rapport CERTU - 1999 – DATA PLUS Étude prospective dans le domaine du recueil de données de trafic
- ✓ Guide CERTU - 1995 - Les capteurs de trafic routiers
- Sites Web
- ✓ <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr> <http://ww.certu.fr> <http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr>
- ✓ <http://www.sagt.fr> <http://equidyn.fr>
- ✓ <http://www.roadtraffic-technology.com>



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Est



Merci de votre attention

Éric Klein

eric.klein@cerema.fr

À votre disposition pour tout compléments
d'information, études, formations ou conseils



Cerema