

Rapport d'études

Panorama des systèmes de recueil de données de trafic routier

Page laissée blanche intentionnellement

Rapport d'études

Panorama des systèmes de recueil de données de trafic routier

Collection les rapports

Groupe projet :

Marie-Christine ESPOSITO (Chef de projet), Sétra
Christophe DESNOUAILLES, Sétra
Gaël WEIDMANN, Sétra
Salim MAMMAR, Sétra
Denis SERVIERES, Sétra
Frédéric FARINA, Sétra
Victor DOLCEMASCOLO, DiRIF
CETE IdF – Ludovic SIMON, CETE Ile-de-France
Valérie LERAY, CETE Ile-de-France
Élise HOMBOURGER, CETE Ile-de-France
Chris MONCHATRE, CETE Ile-de-France
Éric KLEIN, CETE de l'Est
David DOUCET, CETE Normandie-Centre
David GIL, CETE Nord-Picardie
Vincent DANIEL, CETE Nord-Picardie
Cristina BURAGA, CETE Méditerranée
Jean-Paul GARRIGOS, CETE du Sud-Ouest

Ont été sollicités pour participer à la rédaction et relecture :

Dominique GUICHON, CETE Ile-de-France
Florian PIEL, CETE Ile-de-France
Frédéric BOSC, CETE de l'Ouest
Christine BUISSON, IFSTTAR/LICIT
Yannick PECH, CETU

Ont été sollicités pour relecture :

Dominique POSTEL, Sétra
Rachid SAHALI, Sétra
Daniel STANCZYK, CETE de l'Est
Vincent ROBIN, CETE Méditerranée
Alexis BACELAR, CERTU
Eric LANDUREAU, DiRIF

Sommaire

Introduction.....	3
Chapitre I - Besoins liés au recueil de données trafic.....	4
1 - Les besoins en temps différé.....	5
2 - Les besoins en temps réel.....	10
3 - Les besoins en données individuelles.....	14
4 - Les besoins spécifiques.....	19
5 - Synthèse.....	29
Chapitre II - Présentation du système de recueil de données national actuel.....	30
1 - Le Système d'Information Trafic du Ministère chargé des transports.....	31
2 - Présentation des stations SIREDO du SIT du Ministère.....	37
3 - Standardisation et normes.....	44
Chapitre III - Les capteurs de recueil de données de trafic routier.....	49
1 - Les différentes technologies.....	50
2 - Dispositif de recueil d'information des caractéristiques et fonctionnalités des capteurs.....	61
Chapitre IV - Évaluation des nouveaux capteurs de trafic routier.....	62
1 - Méthodologie d'évaluation des nouveaux capteurs de trafic.....	63
2 - Evaluations réalisées par le RST.....	66
3 - Synthèse sur les retours d'expérience des expérimentations.....	69
Chapitre V - Les nouvelles technologies de recueil de données de trafic routier.....	71
1 - Les Traceurs continus.....	72
2 - Traceurs points à points.....	75
3 - Les systèmes coopératifs.....	77
Bilan et perspectives.....	79
1 - Les capteurs intrusifs.....	80
2 - Les capteurs non-intrusifs.....	80
3 - Les données embarquées et la fusion de données.....	81
4 - Entretien et maintenance des capteurs.....	82
5 - Interopérabilité.....	84
Bibliographie.....	85
Glossaire.....	86
Annexes.....	97
Annexe 1 : Modèle de fiche capteur.....	97
Annexe 2 : Modèle de fiche expérimentation.....	105
Annexe 3 : Modèle de fiche sites d'expérimentation.....	116

Introduction

Les technologies ont considérablement progressé au cours des dernières années dans les domaines des télécommunications, de l'informatique, et de l'internet, élargissant les perspectives pour les systèmes de transport intelligent.

Avec ces progrès technologiques, les besoins se sont progressivement diversifiés : information trafic, temps de parcours, détection automatique de bouchon (DAB) et d'incident (DAI), observatoire de l'évolution du trafic...

Dans le domaine du recueil de données trafic, qui joue un rôle important pour l'exploitation de la route, de nouveaux besoins apparaissent dans les différents domaines, aussi bien en temps réel, en temps différé, en données individuelles ou des besoins plus spécifiques comme la détection de certaines catégories de véhicules (poids lourds, deux-roues motorisées ou non motorisées, piétons...) ou des besoins en taxation (taxe poids lourds nationale par exemple).

Le parc de stations de comptages sur le réseau routier national non concédé est aujourd'hui d'environ 4000 stations dont 1000 pour les besoins du « temps différé ». Le renouvellement de ce parc – en partie obsolète – s'accompagne aujourd'hui d'une diversification des capteurs.

Pour accompagner dans de bonnes conditions cette diversification des capteurs et autres sources de données et les intégrer dans les systèmes actuels, il est nécessaire :

- de bien connaître le domaine d'emploi des différents matériels (évaluation technique) ;
- de bien appréhender leur coût de maintenance, leur robustesse ;
- de qualifier les matériels pour permettre leur utilisation avec tous les systèmes des DIR (lisibilité par les frontaux assurée aujourd'hui par le langage LCR (Langage de Commande Routier), sécurité informatique pour les équipements en bord de route) ;
- de maîtriser la fusion des données.

Il faudra être également très attentif aux standards d'échange de données, notamment le langage LCR entre équipements et systèmes des gestionnaires.

Cette problématique du recueil de données trafic est donc actuellement au cœur des réflexions du ministère chargé des transports. Dans cette optique, le Sétra et le Certu lancent un groupe d'échange et de réflexion sur ce sujet, lequel est composé des différents experts du réseau scientifique et technique (RST) et des gestionnaires routiers.

Le premier axe de travail de ce groupe a consisté à remettre à plat toute la connaissance du ministère chargé des transports sur les besoins et les technologies liés au recueil de données trafic, et notamment les expérimentations déjà réalisées. Ce document, rapport d'études, est amené à évoluer avec les réflexions du groupe d'échange, les expérimentations nouvellement réalisées et les technologies apparaissant sur le marché afin d'être un document pratique d'aide à la décision pour les exploitants d'une part, de recensement des besoins des différents acteurs d'autre part et d'aide à la planification des expérimentations à réaliser pour le RST par ailleurs.

Chapitre I

Besoins liés au recueil de données trafic

Les exploitants et les gestionnaires de réseaux routiers ont en charge la gestion du trafic, la sécurité des déplacements avec notamment le maintien de la viabilité et l'information de l'usager. Pour assurer ces missions, la politique de gestion du trafic de chaque gestionnaire routier peut se décliner en différentes stratégies d'exploitation qui dépendent de la typologie du réseau et de ses caractéristiques (voies rapides urbaines, trafics pendulaires, niveaux de trafic, etc.).

Ces différentes stratégies nécessitent une bonne connaissance du trafic. Selon les objectifs poursuivis, on recense quatre types de besoins en matière de données de trafic. Certains capteurs peuvent couvrir plusieurs champs d'applications à la fois et d'autres sont spécifiquement déployés de façon complémentaire au système global de recueil de données de trafic.

- **Les applications en temps différé** : il s'agit de l'application la plus courante, les données sont agrégées en séquences horaires ou journalières pour des besoins statistiques. La plupart des gestionnaires ne s'intéressent, dans ce cas, qu'aux débits et à la composition du trafic, débits des véhicules légers (VL) et des poids lourds (PL), le plus souvent pour la planification de l'entretien des routes. Les mesures de vitesse peuvent être utilisées dans le cadre d'observatoires, tel que l'observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR). Les capteurs sont en général simples et robustes.

- **Les applications en temps réel** : les données sont utilisées au fil de l'eau par les gestionnaires et sont généralement fournies par séquences de 6 minutes ou toutes les minutes (voire toutes les 20s ou 6s, pour la gestion des trafics importants comme en région parisienne ou à Marseille). La nature des mesures est généralement le débit, la vitesse, la longueur des véhicules et le taux d'occupation de la chaussée. Elles sont destinées aux besoins d'exploitation pour la gestion du trafic routier comme l'affichage des temps de parcours, la détection automatique des congestions ou simplement le renseignement de l'état du trafic. Ici, les capteurs sont déployés en grand nombre afin d'obtenir un maillage dense, ils se doivent donc d'être simples, économiques, ne nécessitant qu'une maintenance réduite et associés à un système de transmission de données performant.

- **Les données individuelles** : il s'agit de données fines de trafic appelées aussi données microscopiques. Elles sont stockées au fil de l'eau véhicule par véhicule pour alimenter des études d'aide à la définition de stratégies d'exploitation (ex : réduction des vitesses, interdiction de dépasser des PL, etc.), des études de sécurité (ex : calcul du V85) ou des études comportementales des usagers. Les mesures exploitées sont souvent la vitesse, le débit et quelquefois la catégorie, le poids des véhicules ou le temps intervéhiculaire. Les capteurs qui fournissent ce type de donnée individuelle doivent être d'une bonne qualité métrologique.

- **Des besoins spécifiques** : il s'agit principalement de la détection de véhicules particuliers. Les objectifs sont d'étudier, d'alerter, ou de renseigner la présence sur la chaussée de véhicules particuliers comme les deux roues motorisées (2RM), les véhicules de transports en commun (TC), les véhicules de transports de matières dangereuses (TMD), les vélos etc. Les applications sont multiples en matière de statistiques, de sûreté, de stratégie d'itinéraire ou de péage. Les besoins sont variés pour l'analyse du comportement des usagers (circulation et stationnement), la taxation des véhicules, la caractérisation du réseau (tunnels) ou bien encore pour la supervision des équipements.

On remarquera dans ce chapitre que de nombreux besoins ne sont pas encore satisfaits d'un point de vue performance et les besoins recensés ne sont pas exhaustifs.

1 - Les besoins en temps différé

Le recueil de données trafic en mode temps différé est la première source d'information de la connaissance de notre réseau routier. Il concerne de nombreux domaines, outre l'exploitation, comme la conception des infrastructures, l'entretien des chaussées, la sécurité routière, l'environnement, les statistiques nationales etc.

Depuis la création du système d'information trafic (SIT, voir chapitre II) en 2001, les besoins de recueil de données temps différé ont été analysés à plusieurs reprises :

- En 2001, compléments à une étude datant de 1997 sur les besoins d'évolution du système SIREDO
- En 2006, dans le cadre du projet SICOT (Système Informatique pour la CONnaissance statistique du Trafic) : entretien avec les utilisateurs de données trafic en temps différé aux niveaux central, régional et local
- En depuis 2006 dans le cadre du projet de décret relatif aux données trafic des collectivités territoriales.

1.1 - Statistiques

1.1.1 - Statistiques nationales

Objectifs :

- *rendre compte chaque année des volumes, de la composition du trafic et de son évolution sur le RRN,*
- *alimenter les statistiques de comptabilité nationale (CCTN) et internationale (EUROSTAT et CEE ONU) du secteur transport,*
- *établir des indicateurs pour préparer et évaluer les politiques de transport,*
- *suivre l'activité du secteur transport en distinguant voyageurs et marchandises,*
- *effectuer des comparaisons internationales et intermodales,*

Les données nécessaires pour réaliser les statistiques nationales sont :

- débits tous véhicules et classifiés ;
- distinction VL/PL si possible ;
- périodicité mensuelle et annuelle.

Ces données alimentent notamment les Comptes Transport de la Nation (CTN) publiés chaque année par la Commission des CTN (CCTN) (établis par l'ex-SESP, Service Economie Statistique et Prospective) qui reprend les résultats de l'indice de circulation sur le réseau routier national (RRN).

1.1.2 - Statistiques internationales pour EUROSTAT et la CEE-ONU

Tous les 5 ans, la CEE ONU demande un recensement de la circulation par type de véhicule (4 types : VL, PL, autocars et deux roues) sur l'ensemble des routes européennes (réseau E). Les données demandées sont les trafics moyens journaliers annuels (TMJA), TMJ juillet août, TM diurne/nocturne, par type de véhicule. Par ailleurs, des statistiques générales sur l'ensemble du réseau routier intérieur (y compris les réseaux locaux) sont transmises à EUROSTAT.

1.2 - Orientation des politiques de transport

Objectifs :

- *préparer des schémas directeurs et concevoir des projets d'aménagement,*
- *définir des politiques de tarification à l'exemple de la Taxe Poids Lourds Nationale,*
- *définir et évaluer les mesures à prendre dans le cadre du Grenelle de l'environnement*

1.2.1 - Évolution de la circulation routière : indice mensuel de circulation sur le RRN

L'indice de circulation est le baromètre de la circulation sur le réseau routier national. Publié mensuellement, il permet de suivre l'évolution du trafic routier sur plusieurs sous-ensembles du RRN :

- **réseau concédé** : autoroutes concédées
- **réseau non concédé** :
 - autoroutes interurbaines,
 - autoroutes et voies rapides urbaines,
 - routes nationales à caractéristiques autoroutières,
 - autres routes nationales.

Il est produit par le Sétra, à partir de données de l'Association des sociétés françaises d'autoroute (ASFA) pour le réseau concédé, et du recueil automatique des trafics sur un échantillon de stations de comptage pour le réseau non concédé.

Suite à la décentralisation d'une partie du RRN aux collectivités locales le 1er janvier 2006, l'indice de circulation a été redéfini sur son nouveau périmètre.

Une nouvelle série a ainsi été construite, avec une base définie en 2001.

1.2.2 - Connaissance du trafic lourd

Dans le contexte de la mise en place de la TPLN (Taxe Poids Lourds Nationale - voir paragraphe 4.3.2), ainsi que dans le cadre de la directive Eurovignette 3, cette connaissance est absolument indispensable.

Les données nécessaires sont : TMJA, TMJ mensuel (TMJM), par classes de silhouette et charge.

1.2.3 - Connaissance des flux touristiques

L'enquête auprès des visiteurs étrangers (EVE), réalisée mensuellement et en continu par la direction du tourisme, a pour objet de mesurer le flux de visiteurs non résidents et de calculer les recettes de la ligne « voyages » de la Balance des Paiements. Les données demandées sont les TMJM VL/PL aux principaux points-frontières (50 environ).

1.3 - Sécurité routière

Objectifs :

- *définir des politiques nationales,*
- *observer l'évolution de la sécurité routière en tenant compte du trafic et des vitesses pratiquées,*
- *estimer les risques liés à un type d'infrastructure, un type d'usager, un itinéraire, une période...,*
- *étudier la sécurité d'un itinéraire ou d'une section de route,*

- produire des indicateurs de sécurité en fonction des données de circulation

Quatre principales exploitations sont réalisées pour la sécurité routière :

- Taux d'accidents par type de route et/ou par catégorie de véhicule exprimé en nombre d'accidents par 100 millions de véhicules par kilomètres parcourus : la donnée nécessaire est en général le TMJA.
- Indices d'accidentalité locale : ces indices permettent une comparaison de l'accidentalité d'un département à l'autre ou d'une région à l'autre en intégrant la notion de trafic ; les données nécessaires sont le TMJA sur le RRN, mais aussi sur les routes départementales, ainsi que les linéaires par type de route.
- Exposition aux risques de certaines catégories d'usager : nécessité de disposer au niveau national de TMJA par catégorie de véhicules, y compris 2RM dont l'enjeu sécurité est critique, du temps d'exposition aux risques (vitesse) et éventuellement le nombre de passagers moyen par catégorie de véhicule.
- Les observatoires locaux ou nationaux (ONISR) qui suivent l'évolution des accidents et des pratiques des usagers, en particulier les vitesses mais aussi le port des équipements de sécurité et le respect des réglementations en vigueur (taux d'infractions, alcool, etc.).

1.4 - Études de projet, modélisation du trafic, études économiques

Les données « temps différé » permettent de réaliser des études notamment de trafic ; les données individuelles permettent également d'autres types d'études (cf. paragraphe 3.2.2 Enquêtes et analyse de comportement des usagers) :

- préparer des schémas directeurs et concevoir des projets d'aménagement,*
- étudier les fonctions principales des itinéraires,*
- réaliser des études de trafic amont, faire des prévisions de trafic et de report modal,*
- estimer des temps de parcours, les coûts de transport*
- établir et caler des modèles de prévision de trafic*

Ainsi, par section homogène de trafic, les données intéressantes à recueillir sont le TMJA (VL et PL), la fluctuation temporelle par les TMJM, le cas échéant, par type de jour (Jour/nuit, Jour ouvrable/WE, vacances, par exemple), débits horaires classifiés pour certaines études. A noter que pour la plupart de ces études, la connaissance du trafic sur les routes départementales (RD) est également indispensable.

1.5 - Dimensionnement des ouvrages, et politiques d'entretien

Les politiques d'entretien des chaussées et le dimensionnement des ouvrages d'art nécessitent un recueil de données tel que le TMJA et surtout le TMJA PL, par catégorie de PL, la charge moyenne par catégorie de PL afin de pouvoir notamment déterminer des coefficients d'agressivité des PL.

Exemple des systèmes de pesage

En France, 250 stations de recueil de données réparties sur le RRN sont équipées de capteurs permettant de réaliser des mesures de poids et de silhouettes de véhicules. Parmi ces 250 stations, 80 stations « charges » sont équipées de capteur de poids (technologie piézoélectrique), et 170 stations sont équipées uniquement de capteurs de détection de silhouettes. Ces dernières peuvent alors être étalonnées à partir de stations « charges ». Les capteurs de poids mesurent les poids d'essieux, qui sont additionnés pour fournir un poids total roulant. Les capteurs de silhouettes, qui sont physiquement des boucles inductives « étroites », associés au boucles inductives de « présence » permettent de détecter la silhouette des véhicules en fonction du nombre d'essieux, des distances inter-essieux et de la distance pare-choc / premier essieu. En fonction de toutes les données recueillies par ces stations spécialisées, le PAN Charge et le Sétra calculent notamment des indicateurs d'agressivité qui sont pris en compte dans la préparation des plans de politique de réfection de chaussées mais aussi dans les études de conception (ouvrages / chaussées) ou pour des études plus spécialisées.

Le système de pesage en marche de la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) est une autre source de données (29 stations réparties sur le RRN et les autoroutes concédées) qui fournit également des mesures très pertinentes concernant le trafic PL. Une démarche d'intégration et de fusion de l'ensemble des données liées au trafic lourd, pilotée par le Sétra, a été entreprise par la DGITM dans ce sens (voir 4.1.3 Les Poids Lourds (PL), les Transports de Matières Dangereuses (TMD) et les Transports Exceptionnels (TE)).

Exemple de l'IQRN

L'IQRN (Image Qualité des Routes Nationales) est une opération d'évaluation et de suivi des chaussées du réseau routier national non concédé mise en place depuis 1992 pour appréhender globalement la qualité des chaussées et apprécier son évolution dans le temps.

L'évaluation des chaussées repose sur une méthodologie prenant en compte le trafic poids lourds supporté par la chaussée. L'importance du trafic est traduite au travers des classes de trafic T_i déterminées à partir de la moyenne journalière annuelle en PL sur la voie la plus chargée.

La classe de trafic est obtenue à partir de la relation suivante :

$$T_i = 1/2 \times TMJA \times PL \times C \quad \text{où :}$$

TMJA est la circulation moyenne journalière annuelle TV,

PL est le pourcentage de poids lourds dans le trafic,

$1/2$ est un coefficient pour la prise en compte d'un seul sens de circulation,

C est un coefficient de prise en compte des caractéristiques transversales de la chaussée.

Les données trafic utilisées sont issues du système d'information VISAGE. La définition d'un sectionnement du réseau homogène en termes de débit de trafic poids lourds, la recherche de l'exhaustivité des informations sur le réseau, la constitution d'un dialogue entre les systèmes d'information patrimoine et trafic ainsi qu'une meilleure connaissance de l'agressivité du trafic sur les chaussées du réseau sont des objectifs à poursuivre.

1.6 - Environnement et nuisances

On peut ici recenser deux domaines principaux : le bruit et la pollution. Les études ont pour objectifs :

- d'étudier et de prévoir les impacts d'une infrastructure sur son environnement,
- d'appliquer les dispositions réglementaires en matière de bruit routier sur une route existante,
- de rapporter au trafic les mesures d'émissions de polluants,
- de calculer des émissions de polluants
- de quantifier la part des trafics routiers dans les nuisances à l'environnement,

- de mesurer l'impact de mesures de protection prises.

En ce qui concerne les études acoustiques, la moyenne journalière annuelle ou mensuelle est insuffisante. La réglementation en la matière nécessite des données trafic sur 3 périodes: 6h00-18h00, 18h00-22h00 et 22h00-6h00. Ces informations ne sont pas disponibles sur l'ensemble des sections du RRN.

En ce qui concerne la pollution et l'effet de serre, les données nécessaires sont le TMJA et les fluctuations temporelles avec distinction VL/PL.

1.7 - Exploitation

Le recueil de données temps différé permet de disposer d'une vue des trafics moyens journaliers annuels sur nos routes et mesurer les évolutions de trafic.

Il alimente les bases de données locales des DIR et autres concessionnaires de réseaux ainsi que la base de données nationale des trafics. Ces données de trafic sont utilisées localement par les exploitants de réseaux routiers dans le cadre :

- de la préparation de chantiers ou d'évènements planifiés : il s'agit de prévisions de trafic lors de travaux pour rechercher la période optimale qui minimise la gêne à l'usager, lors de la mise en place de patrouilles, ou lors de manifestations afin de déterminer les modes d'exploitation sous chantier optimaux en prenant en compte le paramètre météorologique ; pour les autoroutes concédées, les gestionnaires ont également besoin de dimensionner le personnel nécessaire aux barrières de péage ;
- de rejeux de scenarii dans le cadre : d'accidents de la route, d'activation de plan de gestion de trafic ou encore d'exercices de sécurité ou de plans intempéries (viabilité hivernale).

En ce qui concerne les prévisions de trafic, les recueils de données permettront d'établir la carte annuelle des prévisions bison futé et également d'organiser les jours d'interdiction de circulation pour les PL.

2 - Les besoins en temps réel

Le gestionnaire a en charge la gestion du trafic sur son réseau. Il maintient la viabilité de celui-ci et assure la sécurité des usagers. Pour cela, il a besoin de connaître en temps réel l'état du trafic sur chaque axe de son réseau, grâce au recueil de données de trafic. Le recueil de données permet ainsi de réaliser les fonctions nécessaires à l'exploitation.

Exemple d'un Système d'Aide à la Gestion du Trafic (SAGT)

Pour illustrer ces besoins « temps réel », on peut notamment citer le SAGT « SIRIUS 2 » (Système d'Aide à la Gestion du Trafic de la DiR d'Ile-de-France). Les données du module de RAD (Recueil Automatique de Données) composant ce système sont analysées puis traitées en temps réel, pour informer dans la minute les usagers des conditions de circulation et des temps de parcours sur ce réseau maillé. Les panneaux à messages variables (PMV) et un site Internet actualisé en temps réel sont les premiers outils d'information mis à la disposition des usagers de la route.

Le système SIRIUS 2 est notamment doté des fonctionnalités suivantes :

- Un configurateur bâti sur un système d'informations géographiques ;
- Un qualificateur de données (KIR) capable de détecter les données de comptage erronées et de reconstituer les données manquantes ;
- Des fonctions de surveillance et de régulation du trafic : détection et suivi automatique des bouchons, calcul des temps de parcours, surveillance de l'évolution de temps de parcours et proportions de reroutage, régulation d'accès, mise en œuvre de stratégies d'affichage automatiques et semi-automatiques, gestion des Plans de Gestion du Trafic et des Plans Particuliers d'Affichage, suivi des incidents et reroutage.

2.1 - Surveiller et de quantifier le trafic

2.1.1 - Surveillance du trafic en situation courante

Grâce au recueil de données de trafic, le gestionnaire peut qualifier l'état du trafic en temps réel et surtout mesurer son évolution (passage notamment de l'état fluide à l'état saturé puis bouchon) en cohérence avec la situation de trafic qu'il peut visualiser avec une caméra.

Les données de trafic sont aussi utilisées pour calculer en temps réel des indicateurs de trafic (vitesse moyenne, longueur totale des bouchons, indicateur de bouchon, etc.), ce qui permet d'indiquer la situation globale du trafic sur le réseau.

Les stations de recueil de données de trafic peuvent être complétées par des équipements de détection automatique de bouchons, qui permettent de détecter et de localiser les congestions récurrentes ou aléatoires.

2.1.2 - Surveillance du trafic en zones de chantier

La présence de zones de chantier lors de travaux routiers, perturbe les recueils de données de trafic. Il n'est généralement pas nécessaire de maintenir le recueil du trafic sur ces zones car le gestionnaire routier peut s'appuyer sur les moyens existants en amont et en aval du chantier. Cependant, dans le cas où un chantier durable, de plusieurs mois, se situe dans une zone à haut niveau de service (échangeur, barrière de péage, ouvrage d'art), il est recommandé de maintenir la surveillance du trafic avec un système léger non-intrusif (vidéo ou radar). Ces systèmes de recueil de données de trafic sont mobiles, de préférence sans fils et réutilisables car ils doivent suivre facilement les évolutions du chantier (installations sur remorque ou mât transportable). Par exemple, en 2011, la SAPN utilise un dispositif vidéo sur le chantier de réfection de la barrière de péage de Dozulé sur A13.

La sécurité des agents qui travaillent sur les chantiers est une préoccupation prioritaire des gestionnaires routiers. Dans ce cadre, le recueil de données de trafic destiné au Contrôle Sanction Automatique est un recours envisageable pour faire respecter les limitations de vitesse dans la zone de travaux.

2.2 - Informer pour inciter l'utilisateur à modifier son comportement

La diffusion d'informations de trafic (telles que la présence de bouchons, les temps de parcours, etc.), durant le trajet, via des panneaux à messages variables ou des moyens de type « nouvelles technologies » tels Internet ou les systèmes d'information routière embarqués permet d'agir sur le comportement de l'utilisateur, ce qui contribue à améliorer les conditions de trafic et le confort de ces derniers.

La diffusion de la localisation d'un bouchon permet de renseigner l'utilisateur en amont, de lui indiquer un danger immédiat (risque de sur-accident) afin de l'inviter à réduire sa vitesse pour assurer sa sécurité.

De même, l'optimisation du trafic peut être mise en œuvre en déclenchant des plans de gestion de trafic, par exemple après détection de saturation, qui va consister à rerouter le trafic en conseillant à l'utilisateur un itinéraire alternatif utilisant le réseau maillé. Ce conseil (ou cette consigne) sera diffusé par PMV, la radio etc.

Pour préparer son déplacement, l'utilisateur peut aussi consulter les sites internet alimentés avec des données de trafic (ex : Sytadin en Ile-de-France). Ces sites permettent de connaître les conditions de circulation en temps réel et de localiser les difficultés sur le réseau (accident, travaux, itinéraire conseillé, etc.). Des outils permettent aussi de choisir la meilleure heure pour partir et ainsi minimiser le temps de parcours. Ceci contribue à optimiser le trafic.

Les méthodes de calcul de temps de parcours

La société d'autoroute SAPN a réalisé en 2010 [A1] une étude sur les différentes méthodes de calcul de temps de parcours et les types de capteurs à utiliser. On recense trois types de méthodes de calcul de temps de parcours (TP) :

- *interpolation des vitesses* : cette méthode présente l'avantage d'être maîtrisée et de produire tout type de temps de parcours ; néanmoins, elle nécessite un recueil de données (débit, vitesse, taux d'occupation) assez dense et des retards à la détection des congestions entre points de mesures lors d'incidents ; les capteurs utilisables pour cette méthode sont les capteurs magnétiques, infra-rouge, laser, vidéo, radar et acoustique : il y a ainsi un grand choix de technologies pour l'utilisation de cette méthode (voir III. 1. Les différentes technologies) ;

- *point à point* : cette méthode consiste à identifier les véhicules entre deux points ; elle présente l'avantage de mesurer directement les TP et de détecter rapidement les congestions ; néanmoins, les temps de parcours sont calculés à posteriori et il n'y a pas ou peu d'information sur les débits ; les capteurs utilisables ici sont des caméras par lecture de plaque (voir III. 1.2.5. Les capteurs Vidéo), les bornes bluetooth ou les badges télépéages (voir V.2. Traceurs points à points) ; à noter que le résultat de l'étude de la SAPN l'a conduit à opter pour les bornes bluetooth ;

- *traceurs continus* (voir V.1. Les Traceurs continus) : cette méthode présente l'avantage de ne nécessiter aucune infrastructure ou matériel supplémentaire sur le réseau et donc une mise en œuvre et une maintenance particulièrement aisées ; elle permet aussi d'offrir une couverture extensive du réseau ; néanmoins, l'évaluation des temps de parcours fournis est difficile et l'exploitant n'est pas maître des données ; enfin le coût d'acquisition des données semble relativement élevé.

2.3 - Réguler les flux

2.3.1 - Mise en œuvre de mesures de gestion dynamique du trafic

Afin d'être en mesure d'activer des mesures de gestion dynamique du trafic telles que de la régulation de vitesse, d'accès, de l'interdiction dynamique de dépasser pour les PL (IDPL dynamique), de la gestion dynamique des voies ou autres, il est nécessaire d'obtenir en temps réel les différents paramètres nécessaires au bon fonctionnement de l'algorithme, avec la précision et le taux d'actualisation adéquats. Par exemple, un capteur capable de vérifier la présence du passage de véhicules sur des voies spécifiques permettrait d'aider l'opérateur dans sa prise de décision d'automatisation de l'ouverture d'une voie réservée (par exemple en lieu et place de la bande d'arrêt d'urgence) à la circulation dans le cas de congestions ou d'incidents en section courante.

Pour mettre en œuvre ces mesures, une densification des équipements, ou des sources de données, est également nécessaire au bon fonctionnement des algorithmes de calculs d'indicateurs. En particulier, la présence de caméras de surveillance est souvent très importante.

Il peut également être noté que les mesures de gestion dynamique du trafic sont difficilement mises en œuvre en zones de chantier, étant donnée la perte de recueil de données à proximité. Néanmoins, c'est notamment dans ce type de situation dégradée qu'une gestion en temps réel est d'autant plus utile.

Les travaux en cours sur le choix et la mise en œuvre des mesures dynamiques de gestion de trafic, pilotés par le Sétra, ont permis un premier recensement des données nécessaires à la mise en œuvre des mesures de gestion dynamique, présenté dans le tableau ci-dessous :

	Débit TV	Débit PL	Taux d'occupation	Vitesse moyenne TV	Présence	Autre	Séquençement conseillé (possible)
Régulation accès	Oui (pour la régulation adaptative) En section courante + sur la bretelle à réguler	Non	Oui (pour la régulation adaptative et pour le vidage de SAS) En section courante + sur la bretelle à réguler	Facultative (données intéressantes en section notamment en courante)	Oui (pour la régulation au goutte à goutte) Sur la bretelle à réguler	La vidange de SAS est intégrée au système de régulation	1 minute (6 minutes)
Régulation de vitesse	Oui	Uniquement si le déclenchement de la mesure est lié à la densité du trafic PL	Oui (associé au débit et la vitesse)	Oui (pour une utilisation en urbain, peut être suffisante, sinon associé au débit pour approche par niveau de service)	Non	La supervision de la mesure peut nécessiter l'analyse d'autres données de trafic	1 minute (6 minutes)
IDPL Dynamique	Oui (ou TO)	Oui	Oui (ou débit TV)	Facultative (données intéressante)	Non	Le déclenchement de la mesure pourrait être lié à des caractéristiques du trafic PL (telles que le tonnage...) La supervision de la mesure peut nécessiter l'analyse d'autres données de trafic	1 minute (6 minutes)
GDV (sur BAU ou voie réversible...)	Oui (ou TO)	Uniquement si le déclenchement de la mesure est lié à la densité du trafic PL ou à la présence de TC	Oui (ou débit TV)	Facultative (données intéressante)	Oui (pour l'ouverture de la voie réservée)	Un dispositif complémentaire de DAI peut être nécessaire (notamment pour piloter les dispositifs de sécurité)	1 minute (6 minutes)
Alerte incident	Oui, si on utilise les capteurs déployés par pas régulier sur le réseau surveillé	Non	Oui, si on utilise les capteurs déployés par pas régulier sur le réseau surveillé		Oui (pour la détection des remontées de file sur les bretelles)	Des alertes peuvent être générées par des dispositifs dédiés (de type Caméras DAI ou reconnaissance de MD...)	1 minute (6 minutes)
Temps de parcours	Oui (ou TO)	Non	Oui (ou débit)	Oui (vitesse ou temps de parcours entre pôles)	Non	La mesure du débit sur les bretelles est aussi nécessaire.	1 minute (6 minutes)

Tableau 1: Besoins de recueil de données pour la régulation dynamique du trafic

Exemple de mise en œuvre d'une mesure de voie spécialisée

Voie spécialisée partagée (VSP) sur A48 – Grenoble

- Description de l'aménagement et gestion des trafics

Cet aménagement consiste à faire circuler les bus sur la bande d'arrêt d'urgence (BAU) de l'A48 sur un linéaire de 4,2 km dans le sens Voiron-Grenoble. L'emploi de cette voie est temporaire et déclenché par le Centre d'Ingénierie, de Sécurité et de Gestion du Trafic (CISGT) en cas de congestion (vitesse inférieure à 50 km/h sur les voies de circulation courante). Des PMV indiquant les limitations de vitesses sont implantés sur toutes les voies afin d'éviter un différentiel de vitesse supérieur à 30 km/h entre les bus et la circulation courante.

Vitesse observée sur A48	État de la VSP	Vitesse autorisée sur VSP	Vitesse autorisée en section courante
$V_{A48} > 50 \text{ km/h}$	Désactivée	—	Fonction des événements
$30 \text{ km/h} < V_{A48} < 50 \text{ km/h}$	Activée	50 km/h	50 km/h
$V_{A48} < 30 \text{ km/h}$	Activée	30 km/h	30 km/h

Tableau 2: Vitesses autorisées en section courante et sur la VSP

La VSP est croisée par une unique bretelle. A ce niveau, l'accès des véhicules particuliers à l'A48 est régulé par un feu en amont de la voie d'insertion pour empêcher le croisement avec les bus circulant sur la VSP.

En cas d'accident sur la VSP, celle-ci est entièrement désactivée. En cas d'accident sur les voies de circulation courante, le CISGT peut décider de la fermeture de la VSP pour le rétablissement du trafic. Des feux rouges positionnés derrière la glissière de droite indiquent alors aux bus de réintégrer la circulation courante.

- Systèmes de recueil de données employés

Les données nécessaires au bon fonctionnement de l'aménagement sont en premier lieu une mesure de la vitesse moyenne, pour son ouverture, et une détection automatique d'incident (DAI), pour sa fermeture. Localement, une détection du passage des bus à l'approche de la bretelle d'entrée est également nécessaire pour limiter le risque d'accident. Enfin, les données d'accidentologie et le taux d'infractions doivent également être mesurés dans le cadre de l'évaluation de ce nouveau type de mesure de gestion des voies.

Les données sont recueillies par 18 caméras (ou doubles caméras) situées au plus tous les 250 mètres, permettant une couverture vidéo complète des 4,2 km. Elles permettent l'évaluation du niveau de trafic et sont également associées à un système de DAI. Ces caméras ont également permis l'évaluation du taux d'infractions et de l'accidentologie.

La gestion du croisement avec la bretelle d'entrée est assurée par des boucles de comptage en amont de celle-ci. Elles permettent de détecter l'approche d'un bus sur la VSP et dans ce cas de fermer l'accès à la voie d'insertion sur A48.

Cet aménagement ne dispose pas de système automatique de détection d'infractions. Le respect de l'usage de la voie est assuré par un contrôle régulier de la police.

2.3.2 - Mesures de contrôle et leurs applications potentielles

Afin d'assurer leur efficacité, la mise en œuvre de mesures de régulation dynamique de trafic nécessite quelquefois un contrôle automatisé du respect de la mesure.

Ainsi, un contrôle automatisé des vitesses permet d'accompagner une mise en œuvre d'une régulation de vitesses. Un contrôle automatisé des poids roulants permet d'accompagner une mise en œuvre de l'IDPL. La gestion dynamique des voies, notamment la mise en place de voies réservées, peut nécessiter de contrôler le type de véhicules circulant sur ces voies.

Les technologies développées à ces fins peuvent permettre néanmoins d'autres applications que le simple contrôle automatisé. Les systèmes de contrôle du nombre d'occupants dans les véhicules pour la mise en œuvre d'une mesure de voie de covoiturage permettrait d'améliorer les modèles de déplacement de manière non négligeable. Les systèmes de lecture de plaques dans le cadre de la mise en œuvre du contrôle automatisé des vitesses peuvent également être utilisés afin de calculer des temps de parcours (voir III.1.2.5. Les capteurs Vidéo) etc.

Exemple du comptage du taux d'occupation des véhicules

Même si pour l'instant il n'en existe pas en France, la mise en place de voies réservées au covoiturage (voies High Occupancy Vehicles (HOV) aux USA) nécessiterait un comptage automatique du nombre de passagers dans le véhicule. La DREAL Aquitaine a ainsi commandé une étude sur le nombre d'occupants par véhicule sur la rocade bordelaise afin d'analyser la potentielle utilisation de voies HOV [A3]. Une étude bibliographique commandée par le Certu [A4] a fait l'état des lieux des technologies permettant une telle détection. On recense deux types de méthodes de détection : interne au véhicule (de poids, capacitif et de champ électrique, à ultrasons, d'imagerie infrarouge thermique, optiques/infrarouges proches) ou en bord de voie (vidéo, infrarouge, infrarouge multibandes, micro-ondes, radar à bande très larges). Ce rapport conclut qu'à court terme, la solution interne n'est pas viable parce que l'on ne peut pas équiper tout le parc automobile sans un gros investissement, même si les technologies semblent les plus précises. Le capteur externe semble être ainsi le plus judicieux à l'heure actuelle. L'offre en termes de systèmes de détection semble plutôt faible.

Exemple de la lecture automatique des plaques minéralogiques

Les capteurs par lecture automatique des plaques minéralogiques sont installés par diverses forces de police et sont également mis en place dans le cadre du paiement électronique sur des routes à péage. Ce système vient en complément logique des radars automatiques et des systèmes de franchissement de feu rouge. Il permet ainsi l'automatisation du processus qui va du traitement des images radar, à la lecture automatique des plaques d'immatriculation et à l'envoi automatique du procès verbal (avis de contravention, facture de péage, ...). Cette technologie est maintenant utilisée pour de nombreuses autres applications.

La lecture automatique de plaques minéralogiques couramment dénommée par lecture automatisée de plaques d'immatriculation (LAPI) ou *Automatic Number Plate Recognition system (ANPR)* est une méthode de surveillance de masse qui utilise des techniques de traitements d'images et de vision par ordinateur pour lire les plaques d'immatriculation de véhicules. La LAPI est une procédure de plus en plus employée, en raison du caractère non-intrusif et innovant des technologies vidéos numériques.

Les techniques utilisées sont des algorithmes de détections d'objets (les plaques) couplés à des algorithmes de reconnaissance optique de caractère (situés à l'intérieur du rectangle de la plaque). Le numéro de plaque associé à l'horodate de passage et éventuellement à d'autres informations (images, vidéos), permet d'identifier le véhicule. Ceci reste soumis, en France, à l'accord de la CNIL.

3 - Les besoins en données individuelles

Les données individuelles (dites aussi microscopiques) de trafic sont des mesures fines enregistrées au fil de l'eau et stockées véhicule par véhicule. Les paramètres à recueillir sont constitués de la voie de circulation, de l'horodate de passage du véhicule avec une résolution au centième de seconde, de la vitesse, de la longueur, du temps intervéhiculaire et suivant le besoin, de la catégorie et du poids du véhicule (poids par essieux et/ou poids total).

Grâce à ces paramètres de mesure simples mais riches en informations, il est possible de calculer une large gamme d'indicateurs de trafic. Ces indicateurs sont utilisés dans le cadre d'études d'aide à la définition de stratégies d'exploitation (ex : réduction des vitesses, interdiction de dépasser des PL, etc.), de sécurité (ex : calcul du V85) ou d'études comportementales des usagers sur des points singuliers (passages à niveau, etc.).

Cette méthode de recueil de données trafic nécessite l'utilisation de capteurs présentant d'excellentes performances métrologiques et constantes tout au long de l'année. Le matériel d'enregistrement est doté d'une grande capacité mémoire de stockage des données. En revanche, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre un système puissant de calcul en bord de chaussée car tous les traitements peuvent être réalisés a posteriori à partir des données stockées.

Les exploitations et traitements logiciels réalisés à partir de ces données permettent de fournir des indicateurs, courbes et tableaux de synthèse. Pour exemples, on peut citer notamment les courbes de distributions de vitesses par type de véhicules, par voie de circulation, les graphes de temps inter-véhiculaires tous véhicules, les tableaux d'effectifs de véhicules par catégories, les graphes de proportion de véhicules libres, de pelotons, etc.

Ce mode de recueil, riche de contenu, présente l'avantage d'une part, d'extraire du trafic des populations d'usagers distinctes (véhicules libres, en pelotons, PL, Bus, infractionnistes vitesse/poids, etc.) et d'autre part de sélectionner des périodes d'observations par type de trafic : heures de pointe, trafic de nuit, trafic saisonnier, etc.

Le recueil et l'exploitation de données individuelles de trafic répond ainsi à de nombreux besoins mais sa mise en œuvre est différente selon s'il s'agit de recueillir des données en permanence ou bien temporairement ou encore s'il s'agit d'alimenter des bases de données fines de trafic pour la durée d'un projet de recherche (3 à 5 ans).

3.1 - Besoins permanents

Tous les capteurs de trafic mesurent individuellement les grandeurs pour lesquelles ils sont conçus. Pour la plupart d'entre eux, la mesure n'est pas conservée par le système, elle est utilisée, analysée ou agrégée puis effacée et seul l'indicateur final est fourni à l'utilisateur.

Pour des besoins particuliers énoncés ci-après, les systèmes conservent et stockent les mesures individuelles de trafic horodatées. Dans ce cas, l'intégralité des données individuelles est fournie à l'utilisateur soit pour déterminer des indicateurs complexes a posteriori, soit pour des raisons de traçabilité de la mesure. Ces systèmes de mesures sont basés sur différentes technologies (vidéo ou boucles électromagnétiques ou radar, etc) et sont installés de manière permanente en bord de chaussée.

On recense ainsi deux types de besoins permanents :

- les besoins relatifs à l'analyse microscopique du trafic ou à l'« identification » véhicule par véhicule tels que le Contrôle Automatisé Vitesse ou Franchissement, la détection de contre-sens, l'alerte individualisée déclenchant par exemple une « balise » ou un message sur PMV (dépassement de hauteur à l'approche d'un ouvrage ou inter-distance en tunnel ...)
- les besoins relatifs à un traitement statistique a posteriori.

3.2 - Besoins temporaires

3.2.1 - Choix et évaluation de mesures de gestion de trafic ou d'aménagement

Choix de la mesure

La méthode de sélection d'une mesure de gestion de trafic telle qu'elle est présentée dans les documents « Démarche globale d'un projet de gestion du trafic et d'information routière : enjeux, stratégies et mesures » [A5] et « Choix et mise en œuvre de mesures dynamiques » [A2] de la série « gestion de trafic » est constituée dans un premier temps d'un diagnostic général des problématiques du réseau étudié puis dans un second temps d'une étude trafic spécifique plus poussée permettant, à partir de critères d'éligibilité de déterminer la ou les mesures de régulation du trafic utilisables sur le réseau. Par exemple, afin d'appliquer une interdiction dynamique de dépasser pour les PL, le taux de PL doit être supérieur à 10% sur une section à 2x2 voies avec un TMJA > 20 000 veh/j. Ainsi, une première série de comptages temporaires précise est nécessaire. Ces comptages sont à effectuer suffisamment en amont afin d'envisager les problématiques saisonnières si nécessaire.

Évaluation de la mesure

Après un premier choix de la mesure, une évaluation a-priori des effets estimés après application de la mesure est à réaliser. On peut identifier deux types d'évaluation a priori : par simulation dynamique à l'aide de logiciels intégrant des modèles microscopiques de trafic ou par des modèles simplifiés, les deux méthodes nécessitant en entrée des données les plus complètes et les plus précises possibles mais tout particulièrement la simulation dynamique (voir exemple ci-dessous). Il est aussi possible d'avoir recours au mode de recueil individuel lorsque les périodes d'agrégation de données de trafic de la station observée ne permettent pas de calculer les indicateurs recherchés (notamment si la périodicité à la minute n'est pas utilisée pour l'exploitation du réseau).

Par ailleurs, les données nécessaires aux évaluations sont extrêmement liées à la mesure que l'on cherche à évaluer. Par défaut, on utilise les données disponibles « temps différé » ou « temps réel », collectées prioritairement par les stations permanentes, déployées sur la section ciblée pour l'évaluation.

Toutefois, il est à noter que ces données sont souvent insuffisantes notamment lorsqu'on cherche à évaluer une mesure de régulation sur des sections à fort trafic. Le recours aux recueils de données de trafic individuelles est souvent nécessaire afin de connaître avec précision :

- la vitesse moyenne par catégorie de véhicules (dans certains cas, on cherche à reconstituer un histogramme de distribution des vitesses par catégorie de véhicules) ;
- les temps inter-véhiculaires moyens (tous véhicules et/ou par catégories) ;
- les matrices Origine-Destination (nécessite également une identification des véhicules).

L'évaluation a posteriori de la mise en place de la mesure nécessitera également une exploitation spécifique afin de comparer les résultats obtenus aux résultats attendus suite à l'évaluation a priori. Des données plus spécifiques peuvent être récupérées, comme le taux d'infraction par exemple.

Par ailleurs, un recueil de données individuelles d'un autre type est nécessaire pour alimenter les logiciels de simulation dynamique afin d'optimiser le paramétrage de l'outil. Ainsi, une mesure de l'agressivité des conducteurs pour modéliser efficacement le comportement aux insertions ou un taux de respect des mesures mises en place serait à réaliser. Ce type de mesures, non mesurable directement, peut être par exemple réalisé à l'aide d'une étude sur les distances inter-véhiculaires.

Évaluation par de la simulation dynamique

Un étude réalisée en 2011 par le RST sur les logiciels de simulation dynamique [A6] a permis de mettre en lumière les précautions à prendre quant au recueil de données nécessaire pour l'utilisation de tels logiciels pour des évaluations d'aménagement ou de mesures de régulation.

Lors de cette étude, un recueil de données complémentaire à celui déjà existant (matrices OD horaires VL et PL pour l'heure de pointe du soir et du matin) a été réalisé pour fournir aux équipes de modélisation toutes les données nécessaires pour établir le modèle et le caler et de disposer d'une situation de référence objectivée pour permettre de juger les résultats de chaque modélisation. Le budget d'une telle campagne de recueil était important (de l'ordre de 20 000€), supérieur au budget habituellement disponible dans les études opérationnelles. En effet, il a été réalisé des comptages automatiques sur une semaine et des comptages manuels sur une journée (une enquête minéralogique pour un relevé des matrices OD, des relevés de files d'attente, des relevés de temps de parcours par véhicule flottant et un reportage photo des conditions de circulation). Malgré ce dispositif important, les données fournies n'ont pas entièrement donné satisfaction : manque de cohérence entre la matrice OD obtenue par relevé de plaques minéralogiques et comptages automatiques, relevés de remontée de files peu fiables du fait de la difficulté à définir la fin des files, pannes ou dysfonctionnements de compteurs ou de matériel. Cette étude a permis de montrer qu'un recueil de données précis tel qu'il serait nécessaire pour de telles études est difficilement réalisable. Quelques recommandations importantes ont été néanmoins dégagées :

- *pour les comptages temporaires automatiques* : utiliser des capteurs qui fonctionnent correctement en situation de congestion (et les placer le plus possible en dehors de la zone congestionnée) et qui résistent correctement notamment s'il y a un fort taux de PL (et imposer une vérification fréquente) ; demander un recueil avec un pas de temps maximal de 15 min (6 min sur le trafic est suffisant) ;
- *pour les enquêtes minéralogiques* : choisir une période la plus favorable possible du point de vue climat ; coupler systématiquement la campagne avec du recueil automatique aux mêmes postes ; demander une exploitation spécifique de l'enquête pour avoir les temps de parcours par OD ;
- *pour les relevés de files d'attente* : ce mode de recueil est déconseillé (très difficile à observer, notamment par un enquêteur à pied) ;
- *pour les relevés de temps de parcours* : ceci est à réaliser soit par une enquête minéralogique (identification des plaques entre deux points sans entrées ni sorties) par photos (trafic faible) ou par vidéo (trafic dense) ou capteur à lecture de plaques d'immatriculation (cf. chapitre III) soit par un recueil à l'aide de véhicules traceurs (voir chapitre V) ;
- *pour le reportage photo ou vidéo* : le reportage photo ou vidéo est important pour permettre aux modélisateurs de reproduire le comportement du trafic ; néanmoins il est nécessaire de systématiser le reportage photo (par exemple une photo horodatée toutes les 5 minutes sur les branches, voire moins sur des branches à enjeu) ; utiliser des vidéos pour des carrefours complexes (mais l'exploitation est difficile).

Pour tous ces recueils, il est évidemment nécessaire de s'assurer qu'ils ont tous la même référence temporelle.

Exemple d'évaluation de voie dédiée - Taxi

Voie réservée aux taxis sur A1 – Roissy

- Description de l'aménagement et gestion des trafics

Cette expérimentation a consisté à réserver la voie de gauche sur A1 aux bus et aux taxis dans le sens Roissy-Paris. Cette mesure s'est appliquée les jours ouvrables entre 7h et 10h.

Cette voie réservée (nommée VRBT – voie réservée bus taxis) est activée sur décision du PC Tunnels et Trafic (PCTT) Nord de la DiRIF. En cas d'incident bloquant les autres voies, elle est désactivée. Le cas échéant, son activation ou non est signalée par les PMV en amont et sur la VRBT.

Afin de limiter le différentiel de vitesses entre la VRBT et les voies de circulation courantes, sans pour autant trop pénaliser les bus et taxis, la vitesse y est limitée à 70 km/h (au lieu de 90 en temps habituel).

- Systèmes de recueil de données employés

Les données nécessaires au bon fonctionnement de cette expérimentation sont en premier lieu un système de détection d'incidents afin de déterminer l'activation ou non de la VRBT. Un système permettant de verbaliser les contrevenants est également nécessaire pour limiter l'usage illicite de la voie. Une mesure des temps de parcours est aussi en place pour informer l'usager. Enfin, dans le cadre de l'évaluation de cette expérimentation, des mesures de vitesses et de débits ont été prises, ainsi que des données environnementales et d'accidentologie.

La zone expérimentale est couverte par des caméras reliées au PCTT et au poste de CRS, couvrant l'ensemble du linéaire.. Ceux-ci ne sont pas équipés d'un système de détection automatique d'incidents (DAI). Les incidents bloquant la circulation sont donc détectés visuellement. L'activation de la VRBT est entièrement manuelle.

Le système permettant la détection d'infraction est constitué de 4 caméras placées en amont du PMV indiquant l'ouverture ou non de la VRBT. Deux font une lecture automatique de la plaque d'immatriculation. Une autre prend le toit du véhicule pour déterminer s'il s'agit ou non d'un taxi. La quatrième prend le PMV afin de prouver que la voie est activée et que le véhicule est donc bien en infraction. Comme il n'existait aucune base de données sur les immatriculations des taxis, celles-ci a été complétée au fur et à mesure du traitement manuel des données d'infractions.



Illustration 1 : Système de détection des contrevenants, situé en amont du PMV

Les temps de parcours sont mesurés par les stations SIRIUS. Les valeurs ainsi obtenues ont été comparées avec celles de deux véhicules traceurs, l'un équipé d'un GPS et d'un odomètre électronique, l'autre équipé d'un codeur rotatif fixé sur la roue du véhicule. L'évaluation a nécessité des données très précises en terme de débits et de vitesses. Les débits ont été obtenus par les stations SIREDO qui permettent d'obtenir des données de débits, de vitesses et de longueurs. Les mesures ont été relevées à la fois sur l'A1 et sur la voirie locale dépendant de l'A1. Elles ont été ponctuellement complétées par des comptages manuels afin d'affiner certaines valeurs comme le taux d'occupation ou le type de véhicule (taxis ou véhicules particuliers).

3.2.2 - Enquêtes et analyse de comportement des usagers

Le recueil des données individuelles permet également, outre la mise en place de mesures spécifiques, de mesurer le comportement des usagers et son évolution. Les types d'enquêtes les plus connus sont les enquêtes Origine-Destination qui permettent d'alimenter les modèles macroscopiques évaluant les impacts d'aménagement sur le long terme. Il peut être également opportun d'effectuer une étude sur l'acceptabilité par l'utilisateur lors de la mise en place d'un nouvel aménagement, mesure de gestion de trafic, un équipement ou autre.

Tous les projets ou études basés sur le concept « Naturalistic driving » ou conduite naturelle, qui s'intéressent à l'observation et à l'étude des comportements routiers en situation de conduite normale ou naturelle utilisent les technologies du type « véhicules traceurs ». Les véhicules appartenant à une flotte sont équipés de capteurs embarqués qui transmettent leurs données en temps réel ou en temps différé à un frontal d'acquisition. Les mesures issues de quelques véhicules traceurs donnent une image de l'ensemble des véhicules circulant sur le même itinéraire. Ces méthodes de mesures sont largement utilisées pour les applications de suivi de flotte ou par les assurances automobiles. En outre, ces données sont aussi utilisées pour étudier les émissions polluantes des véhicules, les impacts environnementaux, les temps de parcours, la sécurité de l'infrastructure routière (projet SVRAI « Sauver des vies par le retour d'analyse sur incidents » de la DSCR). Les besoins temps de parcours en temps réel peuvent être couverts par des données issues de véhicules traceurs grâce à la téléphonie mobile (« Floating Mobile Data » (FMD)) ou aux réseaux embarqués à faible portée (bluetooth) (voir chapitre V).

Exemple d'analyse de comportement des usagers : extinction de l'éclairage public

Afin d'évaluer le comportement des usagers suite à l'extinction de l'éclairage public sur les voies rapides urbaines (VRU) d'Ile de France, des données individuelles ont été recueillies sur les différents sites concernés, bien avant la date d'extinction, et durant une période suffisamment importante pour couvrir différents types de trafic (congestion, trafic dense, fluide et faible). Une fois la base de données constituée, les indicateurs suivants ont été calculés et seront évalués par comparaison avec la nouvelle base de données établie a posteriori (les grandeurs évaluées sont calculées pour chaque type de trafic) :

- débit du trafic par voie de circulation en séquençement 6 minutes et horaire, des poids lourds par voie et en 6 minutes.
- vitesses moyennes 6 minutes, vitesses moyennes des poids-lourds 6 minutes, des véhicules légers 6 minutes,
- temps inter-véhiculaire,
- distance inter-véhiculaire.

Le recueil de ces données vise à répondre à analyser les indicateurs suivants : évolution de la vitesse des véhicules légers ou lourds, de leurs inter-distances, changement d'affectation de voie, nombre de véhicules circulant dans la voie lente, etc...

Une fois tous les indicateurs calculés, avant et après l'extinction, des tests statistiques peuvent, en fonction du nombre de données examinées, être utilisés. Ces résultats statistiques sont à considérer avec précaution, mais permettent de confirmer la réelle variation d'un indicateur.

3.3 - Recherche

Les données individuelles de trafic sont la matière première pour les équipes de chercheurs afin d'élaborer de nouveaux indicateurs, modèles statistiques ou encore afin de valider des approches théoriques.

La recherche en transports est très diverse et chacune de ses branches génère des demandes de données différentes. A titre de liste non exhaustive, on pourrait faire le tableau général suivant (tableau 3) qui recense non seulement le type de données dont les chercheurs se sont classiquement nourris ces trente dernières années, mais également les données individuelles (quel que soit le mode de recueil) qu'il pourrait être intéressant d'obtenir selon les domaines.

Nature de la recherche	Données classiquement utilisées	Nature des données individuelles potentiellement nécessaires
Analyse de la demande de déplacements de personnes et de marchandises	Enquêtes ménages déplacements, enquêtes écho, construction de matrices OD statiques, débits horaires sur les grands arcs du réseau	Suivi GPS d'une partie des déplacements (quelque soit le mode) pour déterminer les OD, la répartition modale
Analyse de la sécurité routière	Taux d'accidents pour une infra donnée pendant une durée de quelques années, temps inter-véhiculaires (TIV), temps avant collision (TTC), détection de quasi accidents V85, %PL,...	Suivi longitudinal des TIV, des TTC, analyse de leurs distributions et des distributions des vitesses, en lien avec le TIV, ...
Validation de modèles de trafic	Données agrégées (Débit, Vitesses, TO) ou désagrégées (TIV, vitesses individuelles, distances inter véhiculaires) issues des boucles ; répartition des débit sur les différentes voies	Trajectoires individuelles exhaustives sur des portions de quelques centaines de mètres, permettant l'analyse du comportement de poursuite et/ou de changement de voie
Optimisation des régulations mises en place	Mesures de temps totaux perdus, de nuisances, de débit	Analyse de la réponse individuelle à la consigne

Tableau 3: Données individuelles pour la recherche

A noter que, la plupart du temps, les recueils de données individuelles pour les besoins de la recherche sont réalisées soit par les exploitants qui configurent spécialement des capteurs habituellement collectifs (exemple : interrogation des SIREDO pilotées par les centres d'information et de gestion du trafic (CIGT) pour recueillir des données individuelles) soit dans le cadre de projets coordonnés et définis par les chercheurs eux-mêmes.

Pour améliorer la disponibilité des données individuelles pour les chercheurs, il n'est pas forcément nécessaire de reconfigurer complètement un réseau de capteurs, il peut être suffisant que les chercheurs aient des rapports de bonne intelligence avec des gestionnaires capables de configurer leur recueil (à la fois en termes de compétences disponibles et en termes d'espace de stockage et de bande passante de transmission) pour répondre à des demandes spécifiques. De ce point de vue, il n'est probablement pas nécessaire de remplacer tous les capteurs, mais d'assurer une plus grande souplesse dans l'interrogation ainsi qu'une plus grande disponibilité des données.

4 - Les besoins spécifiques

Le recueil de données trafic nécessite de répondre à de nombreux besoins, aussi bien en temps réel qu'en temps différé. Des besoins émergents sont néanmoins apparus ces dernières années, besoins auxquels ne répondent pas encore nécessairement les systèmes courants commercialisés aujourd'hui par les principaux fabricants de systèmes de recueil de données de trafic. Ces dispositifs spécifiques sont généralement développés de façon à répondre aux caractéristiques très particulières de ces systèmes.

4.1 - Les besoins de détection de types de véhicules particuliers

La connaissance des différents types de trafic est un besoin aussi bien des gestionnaires, que des chercheurs, que des modélisateurs etc. Néanmoins, même si le trafic des véhicules légers est généralement assez bien connu, le trafic des 2RM, cyclistes, piétons, PL, TMD ou autres semble plus difficile à évaluer. A moyen terme, les véhicules particuliers à fort enjeu de sécurité tels les TC, les PL, les transports de matières dangereuses ou exceptionnels (TE), devraient être équipés d'une plaque active permettant de renseigner sur la catégorie du véhicule, ainsi que sa charge (nombre de passagers), voire le dernier changement de chauffeur... toutes choses qui peuvent intéresser la sécurité ou le niveau de service.

4.1.1 - Les Deux-Roues Motorisées (2RM)

Les 2RM constituent une population d'usagers à risque élevé. Les données de l'accidentologie 2010, publiées par l'Observatoire national interministériel de sécurité routière, montrent que les usagers des 2RM représentent 19% des tués alors qu'ils ne représenteraient qu'1% du trafic. Cette catégorie est ainsi sur-représentée en termes de tués. En revanche, en termes de trafic, le chiffre de 1% est très approximatif et probablement sous-estimé. En effet, ce chiffre est issu d'un calcul qui tient compte notamment du parc d'immatriculation en circulation grâce aux cartes grises et d'un kilométrage moyen annuel.

Le trafic 2RM est un trafic difficile à mesurer principalement à cause de son petit gabarit et de son mode de circulation interfile. Les boucles électromagnétiques sont inappropriées en raison de la formation de files de 2RM entre les voies de circulation, précisément en dehors de la zone de détection des boucles. Ces dernières sont donc dans l'impossibilité de compter les 2RM avec exactitude.

Une étude récente (2009) publiée par le CERTU [A7] fait l'inventaire des différentes technologies disponibles et utilisables pour la détection des 2RM. Elle confirme que le domaine de la détection, le suivi et de la classification des 2RM est très peu développé. La faible offre commerciale peut s'expliquer par le coût important du développement de capteurs innovants en regard du marché potentiel. La combinaison de plusieurs systèmes différents apparaît comme une des solutions pour détecter correctement les 2RM. Le fait d'utiliser des systèmes multi-capteurs permet de tirer parti des avantages inhérents à chaque technologie.

4.1.2 - Les Deux-Roues non motorisées et les piétons

Les vélos

La pratique du vélo s'est développée de façon exponentielle en ville ces dernières années, notamment grâce au développement des vélos en libre-service. Par conséquent, les gestionnaires aménagent leur voirie et ont besoin de comptage pour connaître la fréquentation d'un itinéraire ou d'un site spécifiquement aménagé pour ce type d'utilisateur (pistes cyclables, voies vertes).

La détection des 2R non motorisées : la boucle ZELT



Illustration 2: la boucle Zelt de comptage de vélos

La ZELT a conçu avec le soutien financier du CERTU, un détecteur sélectif de vélo capable de détecter les vélos (et uniquement les vélos) dans un flux général de circulation.

Ce dispositif utilise un capteur à boucle électromagnétique (encastrée ou collée) de géométrie particulière (losange) et son électronique a été mise à un format standard de façon à pouvoir s'insérer directement dans un compteur routier usuel.

Les tests et évaluation réalisés sous circulation se sont montrés probants (de l'ordre de 5% de non détection).

Le détecteur a été présenté au congrès mondial « Vélo-city 2003 ». Il a suscité un grand intérêt de la part des auditeurs de divers pays (Danemark, Suisse, Suède, Québec, ville de San Francisco), ainsi que de nombreuses villes françaises. Il a en outre été primé (deuxième prix) au concours « VELO D'OR » organisé par l'Association des villes cyclables de France, le 25 septembre 2003.

Ce type de détecteur n'existant pas à cette époque sur le marché, une société exploite ce brevet et notamment le principe de la boucle en losange sur laquelle elle a ajouté son propre détecteur.

Ce détecteur est distribué selon deux versions, l'une permettant d'isoler le trafic vélo dans un flux de véhicules différents et la seconde optimisée pour le comptage des deux roues sur les voies vertes ou pistes cyclables. Il est possible d'associer diverses technologies de transmission et notamment GSM et Bluetooth.

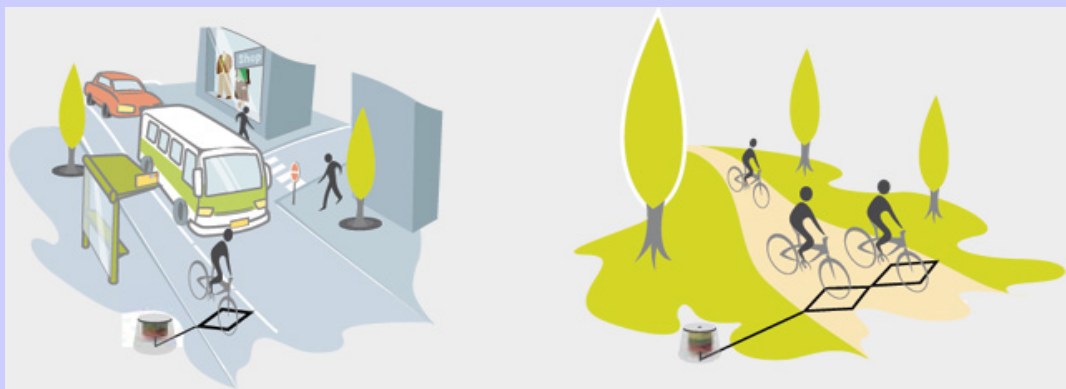


Illustration 3: Fonctionnement de la boucle Zelt

Les piétons

La détection des piétons en temps réel est intéressante au titre de la gestion des carrefours à feux afin d'optimiser les temps de feux en ville. Il existe des détecteurs qui ont pour vocation de sécuriser la traversée des piétons lorsque ceux-ci traversent les voies de circulation (à proximité des écoles, par exemple). En détectant les piétons qui traversent, ces détecteurs permettent de gérer les feux de signalisation de manière plus dynamique et, par conséquent, de limiter l'attente des automobilistes.

Les Passages Piétons Spécifiques à Toulouse (PPS)

Depuis 1986, la Ville de Toulouse a procédé à la mise en place de dispositifs originaux, destinés à sécuriser la traversée des piétons en section courante : les Passages Piétons Spécifiques (PPS). 104 sites sont aujourd'hui en fonctionnement.

Les PPS sont des passages piétons spécifiques pour les principales raisons suivantes :

- le PPS équipe des traversées piétonnes en section courante et non en carrefour ;
- en l'absence de détection de piétons, les feux sont éteints ;
- les piétons sont détectés automatiquement par un système infrarouge ;
- plusieurs types de cycles de feux sont applicables selon le temps d'attente réel du piéton.

Différentes technologies de capteurs sont employées. Sur Toulouse, il s'agit d'une détection de mobile par technologie infra-rouge. Cette solution nécessite la mise en place de chaque côté de la voie, d'une bande blanche dans l'axe du capteur, sur laquelle viendra se positionner le piéton avant d'entamer sa traversée.

Il existe cependant d'autres détecteurs qui utilisent une technologie de reconnaissance vidéo :

- des capteurs monovision basés sur la détection de mouvements dans des zones prédéfinies : ils surveillent l'ensemble des objets mobiles dans une zone correspondant au passage piéton et se focalise alors uniquement sur ceux correspondant à la signature d'un piéton. Le piéton doit donc être mobile.
- des capteurs stéréo-vision utilisés pour la détection et la surveillance des piétons qui attendent avant de traverser la chaussée dans une zone pouvant être prédéfinie.

4.1.3 - Les Poids Lourds (PL), les Transports de Matières Dangereuses (TMD) et les Transports Exceptionnels (TE)

Dans le cadre de la mise en place de taxes spécifiques aux PL (voir 4.3.2.Taxe Poids Lourds Nationale (TPLN)), pour un contrôle du respect des vitesses pratiquées et des charges de cette catégorie de véhicules, là où la présence de PL est importante dans les tunnels (qui présentent un facteur de risque fort, voir 4.5.Besoins spécifiques aux tunnels), une détection et une identification des PL dans le trafic est nécessaire.

Le Système de Pesage en Marche (SPM)

Les taux de PL présentant une surcharge de poids à l'essieu ou au poids total sont relativement élevés, notamment dans les départements frontaliers. Ces surcharges induisent des fragilisations et des dégâts systématiques importants de nos infrastructures routières qu'il convient de surveiller et de quantifier.

En supplément des 80 stations « charges » et des 170 stations « silhouettes » du réseau de recueil national, un système de pesage en marche national a été développé par la Direction des Services de Transport (DST) de la DGITM et est actuellement composé de 29 sites. Il s'agit de la présélection des véhicules en surcharge à l'essieu simple ou au groupe d'essieux ou au poids total, de mesure des vitesses moyennes et instantanées. Ces stations permettent également d'améliorer la connaissance du trafic lourd en France et pourront permettre de disposer de données fines de trafic et charges par des recueils microscopiques systématiques déjà embarqués dans les stations existantes. Ce système, embarquant un système de lecture et de reconnaissance de plaques d'immatriculation et un flash infrarouge non visible, permet également potentiellement de réaliser un contrôle de la réglementation sociale (par exemple le contrôle des itinéraires assortis au respect des temps de repos). Une démarche d'étude de l'homologation de ces systèmes dans l'objectif de mettre en place un contrôle automatisé des surcharges et des vitesses de PL est en cours.

Les Transports de Matières Dangereuses (TMD)

Le Transport des Matières Dangereuses comprend l'ensemble des véhicules transportant des produits à risque pour l'homme ou l'environnement : inflammables, explosifs, toxiques, polluants, corrosifs, réactifs, radioactifs. La réglementation en termes de transport routier impose une signalisation spécifique de ces véhicules selon les différentes classes de produits.

Un besoin émergeant est exprimé concernant l'exposition aux risques liés au transport de matières dangereuses aux abords de sites particuliers comme les tunnels, les zones portuaires, les bords de rivières soumis à des règles antipollution, les passages à niveau, etc. Certains systèmes proposés par les industriels sont aujourd'hui capables d'identifier les véhicules transportant des matières dangereuses à partir de systèmes d'analyses vidéo de trafic ou de systèmes embarqués de positionnement GPS (et communication opérée de type GSM/3G).

La connaissance de ce type de trafic permettrait de renforcer l'application de la réglementation mais aussi d'agir plus rapidement en cas d'incident impliquant ce type de véhicule.

Exemple du tunnel de Toulon

Afin d'améliorer la sécurité dans le tube Nord du tunnel de Toulon, la DIR Méditerranée a mis en place des systèmes basés sur la lecture automatique, pour la détection des véhicules en contre-sens et des transports de matières dangereuses (totalement interdits en tunnel) :

- en amont du tunnel : lecture (avant) de plaques TMD, avec envoi d'une alerte et en cas de bouchon, la fermeture du tunnel ;
- en sortie du tunnel : lecture (arrière) de plaques d'immatriculation et la détection des contre-sens.

Les données obtenues sont mises à disposition de la Police, et peuvent être utilisées par la justice en cas d'infraction.

Le système permet également au gestionnaire routier d'améliorer le dispositif DAI déjà existant, en vérifiant et corroborant les données issues du réseau des caméras de vidéosurveillance placées dans le tunnel.

Depuis son installation en 2011, l'ensemble fonctionne correctement eu regard le faible nombre d'infractions constatées ou d'incidents survenus.

Les Transports Exceptionnels (TE)

Afin de circuler sur le réseau français, les TE doivent obtenir auprès des préfetures de département des autorisations de circuler. Ces autorisations peuvent être de deux types : sur carte ou sur itinéraire précis. Elles sont en général délivrées pour un nombre illimité de voyages pour une certaine durée (au maximum cinq ans). Ainsi, le nombre de TE circulant sur un réseau n'est pas connu.

Néanmoins, les TE sont une catégorie de véhicule assez particulière. Des problématiques liées à la sécurité routière (ils circulent à une vitesse plus lente que le reste du trafic), à l'entretien des chaussées et des ouvrages d'art (ils sont plus lourds et certains, comme les grues, plus agressifs), aux caractéristiques géométriques de l'infrastructure, aux modalités d'exploitation etc. sont à prendre en compte pour gérer ce type de trafic. Une connaissance plus précise sur la circulation sur les différents types de réseau de cette catégorie de véhicule est nécessaire.

A ce jour, aucun système « packagé » de détection et de comptage de TE n'existe. Des expérimentations seront réalisées dans les années à venir avec les industriels proposant des systèmes connexes concernant la détection, le suivi et/ou le comptage de véhicules transportant des matières dangereuses.

4.1.4 - Les Transports Collectifs

Dans le domaine de la gestion dynamique des voies, la détection automatique des transports en commun (TC) est un besoin récurrent.

L'utilisation d'une part, des capteurs embarqués dans des flottes de véhicules (bus, taxis) permet de réguler le trafic en ville et sur les axes encombrés en heure de pointe. Ces techniques, connues à l'étranger, sont testées pour déploiement en France, afin de limiter la progression des niveaux de congestion et la pollution dans les agglomérations.

La détection des TC par des moyens extérieurs d'autre part, permettrait d'améliorer la sécurité routière et de prévenir les accidents corporels graves. Il est néanmoins difficile de différencier en particulier des petits TC : des mini-bus, des fourgons ou des camping-cars. En effet, ces véhicules ne sont identifiables qu'au niveau de leur carte grise. Seules les forces de police sont habilitées à l'interrogation du fichier des cartes grises, à partir du numéro de la plaque minéralogique. Certaines routes et certains parkings leur sont soit interdits soit obligatoires et donc une discrimination fiable peut s'avérer nécessaire. Des systèmes de détection automatique sont en cours d'expérimentation sur les routes nationales pour le contrôle d'accès des véhicules de plus de 9 places assises, en évaluant des caractéristiques physiques du véhicule (longueur, hauteur, empattement, longueur des vitrages...).

4.2 - Analyse comportementale des véhicules

4.2.1 -Données de type trajectoire

Les gestionnaires de réseaux routiers se préoccupent, entre autres, du niveau de sécurité offert aux usagers. Pour cela, des méthodes qui consistent à élaborer un profil de vitesse (V85) avec un véhicule instrumenté et quelques points de mesure en bord de voies permettent d'élaborer des indicateurs d'exposition aux risques pour les différents usagers de l'itinéraire. Dans ce cas, les capteurs de trafic (embarqués ou fixes) sont utilisés, non plus pour la gestion du trafic, mais pour quantifier des niveaux de risques associés par exemple à la géométrie de la chaussée.

La position d'un véhicule dans l'espace routier est caractérisée par des données de type « trajectoire ». Elles peuvent être sous la forme d'une série de points de coordonnées X, Y et Z fournie par des capteurs embarqués ou bord de voie (Observatoire Des Trajectoires - IFSTTAR). Elles peuvent être aussi mesurées ponctuellement en bord de voie pour fournir des mesures de position latérale dans la voie de circulation et de vitesse (piézo obliques, boucles décalées).

Ces données de trajectoires sont actuellement utilisées par les chercheurs afin de déterminer les trajectoires défaillantes qui mènent l'usager de la route à l'accident. L'objectif étant à terme de fournir aux gestionnaires des outils d'aide au diagnostic des infrastructures routières tels que les marquages horizontaux, les dispositifs de retenue ou la géométrie de la route. Un second objectif serait d'alerter l'usager par anticipation dans le cas où il s'inscrirait dans une mauvaise trajectoire (position et/ou vitesse inadaptées).

4.2.2 -Stationnement

La connaissance des places de stationnement disponibles, aussi bien pour le trafic VL que PL, dans des aires réservées ou en ville, permet d'orienter les usagers afin d'éviter les congestions dues à la recherche de place, les surcharges de zones de stationnement ou les problèmes de sécurité liés à des stationnements gênants.

Information sur la disponibilité des places dans des aires de stationnement PL

La connaissance du taux de remplissage des aires de stationnement PL permettrait, par son affichage, de mieux gérer la répartition des arrêts des PL (immobilisés pour le respect du temps de repos), sur un itinéraire. La connaissance de l'offre de stationnement le long du trajet permet au conducteur de planifier ses arrêts, et lui permet d'être plus performant dans sa tâche de conduite. En effet, de nombreux problèmes de sécurité se posent lorsque les conducteurs de PL sont contraints de s'arrêter pour respecter les limites légales des temps de conduite. Il leur est en effet souvent difficile de trouver une aire de stationnement avec des places disponibles (en raison d'un manque important de places de stationnement pour les PL en France et en Europe), et ils stationnent alors illégalement sur des bretelles d'entrée ou de sortie de ces aires. Différentes technologies d'instrumentation d'aires de services ont été expérimentées (vidéo, boucles, magnétomètres, infrarouge, etc.) mais leurs performances restent à améliorer.

Comptage PL dans des aires de stationnement : premiers éléments sur les expérimentations réalisées

Selon les évaluations actuelles, la détection du taux d'occupation des aires de stationnement n'est pas encore possible de manière satisfaisante. Deux principales méthodes de comptage des PL sur des aires de stationnement sont possibles, toutes deux coûteuses en raison du nombre de systèmes nécessaires à leur bon fonctionnement :

- un système entrée-sortie consistant, comme dans une aire sécurisée ou dans un parking en ville, à compter le nombre de véhicules à l'entrée et le nombre à la sortie : le problème de ce type de méthode est qu'il faut un taux d'erreur très faible de détection sinon le taux d'occupation de l'aire risque de dériver assez rapidement ; par ailleurs, le nombre de PL qui stationnent dans une aire est souvent bien supérieur au nombre théorique, et ne permet pas une organisation optimisée du stationnement.

- un système de comptage à la place : des détecteurs de type magnétomètre sont positionnés sur chacune des places théoriques de stationnement ; néanmoins, les premiers résultats d'évaluation de ce type de systèmes montrent qu'ils nécessitent un ré-étalonnage manuel périodique conséquent.

Le projet Easyway traite de ce sujet au niveau européen afin de déployer des systèmes de transport intelligent harmonisés à l'échelle européenne sur l'information sur le stationnement PL et la réservation de places [A8].

Information sur la disponibilité des places de stationnement VL

En ville, de la même manière, une connaissance de la localisation des places de stationnement VL disponibles, aussi bien dans les parkings qu'en surface pourrait permettre d'éviter la congestion due aux véhicules à la recherche de places de stationnement.

Comptage VL sur le réseau de surface : exemples d'expérimentations

A l'étranger

Une expérimentation sur la mesure de régulation « smart parking » a démarré en avril 2011 à San Francisco aux Etats-Unis (projet « SFpark »), consistant à mesurer les places de stationnement disponibles et évaluer le nombre de demandeurs de places disponibles afin d'ajuster le prix des parc-mètres et de fournir de l'information sur la disponibilité des places. Des magnétomètres sans fil ont été installés sur 8200 places et transmettent l'information sur le serveur toutes les minutes [B1].

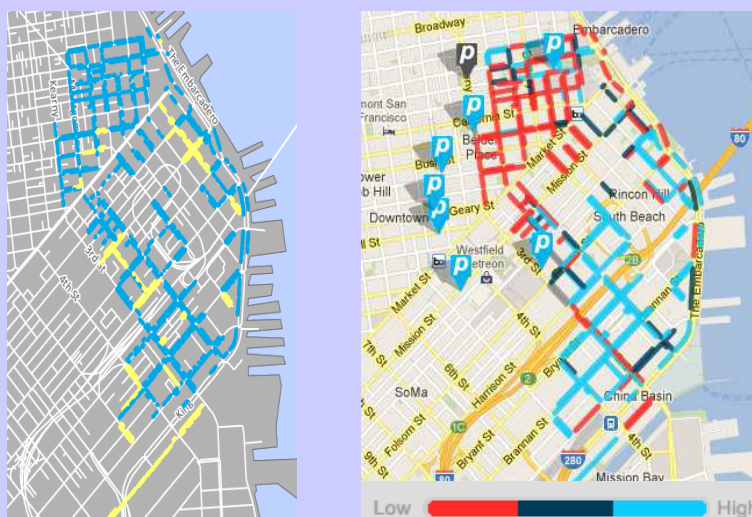


Illustration 4: Magnétomètres installés dans un quartier de San Francisco et information fournie (source : [B1])

En France

A Toulouse, a été testé, sur 4 places de stationnement à durée limitée, un système de géolocalisation sans satellite, capable de délivrer aux automobilistes l'information en temps réel concernant la disponibilité des places de stationnement, sur leur téléphone mobile.

Ce procédé s'inspire des techniques développées et brevetées dans le cadre de la recherche spatiale au Centre National d'Études Spatiales (CNES) partenaire scientifique et financeur de l'opération. Des capteurs placés sous le bitume détectent si une voiture est garée ou non et communiquent l'information à un central de gestion.

Ce système permet une optimisation de l'occupation des emplacements de stationnement sur voirie ainsi qu'un gain de temps de recherche d'une place. Il est envisagé de prolonger cette expérience à une plus large échelle (65 places), en associant notamment les habitants du secteur titulaires du statut «stationnement résident» et en les dotant d'un badge pour recevoir à leur demande, les informations en temps réel.

Le Grand Toulouse a été chargé d'évaluer prochainement le système sur «le stationnement résident» d'un quartier de Toulouse : 125 personnes seront contactées pour participer à l'opération. Le test consistera à tester la détection d'un stationnement mais aussi la pertinence de l'information (la place de parking affichée par le site web est-elle une vraie place ?).

4.3 - Taxation de véhicules

4.3.1 - Péages sans arrêt

La détection systématique de la catégorie de véhicule permettrait de le taxer en fonction de sa silhouette et de son heure de passage sur le réseau ce qui pourrait généraliser le péage sans arrêt.

4.3.2 - Taxe Poids Lourds Nationale (TPLN)

La TPLN, redevance d'usage du réseau routier national non concédé (qui exclut les autoroutes à péage), s'appliquera aux poids lourds à partir de 3,5 tonnes. Le prix par kilomètre varie en fonction du nombre d'essieux, du poids total autorisé en charge et de la classe d'émission EURO du véhicule. Afin de favoriser une meilleure répartition du trafic sur le réseau, certains itinéraires départementaux ou communaux seront également concernés par la redevance, alors que d'autres itinéraires du réseau national, dont le niveau de trafic est bas, n'y seront pas soumis.

La mise en place de la TPLN sur les PL nécessite ainsi un recueil de données en temps réel sur la localisation des PL et une connaissance précise du type de véhicule. Ce type de recueil est réalisé en utilisant un équipement embarqué disposant d'un système de localisation par GPS et d'un module de communication GPRS.

Par ailleurs, la mise en place de la Taxe Poids Lourds Nationale (TPLN), perçue sur la base d'un taux kilométrique sur une partie du réseau routier français, implique la nécessité pour l'État et les Collectivités Locales à concevoir un dispositif de suivi du trafic de Poids Lourds (PL) des routes initialement hors du périmètre du réseau taxable afin de vérifier que celles-ci ne subissent pas, du fait de cette taxe, un report de PL significatif. Une note du Sétra « Suivre le trafic PL - Méthodologie pour estimer les impacts de la Taxe Poids Lourds Nationale » [A9] précise la méthodologie pour suivre ce trafic PL, dont le comptage à réaliser :

Trafic avant TPLN (2 sens)	Méthode de comptage à retenir	
	Fonction moyenne	Fonction touristique saisonnière
Inférieur à 400 PL/jour	Sondage manuel de 4h	Temporaire automatique 1 semaine
Compris entre 400 et 1000 PL/jour	Temporaire automatique 1 semaine	Temporaire automatique 4 X 1 semaine
Supérieur à 1000 PL/jour	Temporaire automatique 4 X 1 semaine	Temporaire automatique 4 X 1 semaine

Tableau 4: Comptage pour le suivi du trafic PL après mise en place de la TPLN (source : [A9])

Enfin, le dispositif de contrôle automatisé (caméras, lecture de plaque, balises DSRC) de cette taxe prévoit des systèmes de détection des PL sur plus de 600 sites en France et sera une nouvelle source de données qui pourra alimenter les bases des utilisateurs.

4.3.3 - High Occupancy Traffic lanes (HOT)

Aux États-Unis, afin d'optimiser l'utilisation des HOV et de ne pas perdre en capacité, un système de voies HOT (High Occupancy Traffic lanes) est mis en place. Cela consiste à taxer les véhicules utilisant cette voie « rapide » s'il n'y a qu'un passager dans le véhicule. De la même façon que pour les HOV, le contrôle automatisé de ce type de mesure nécessite une connaissance du nombre de passagers dans le véhicule (voir 2.3.2. Mesures de contrôle et leurs applications potentielles).

4.4 - Mesure des vitesses basses

Ce besoin résulte plus d'un défaut des capteurs classiquement utilisés qu'un réel besoin spécifique mais la connaissance des vitesses basses demeure un des principaux besoins non satisfaits.

4.4.1 - Mesures de basses vitesses pour le calcul des temps de parcours

Comme il a été vu dans le chapitre 2.2. Informer pour inciter l'utilisateur à modifier son comportement, de nombreuses méthodes existent pour le calcul de temps de parcours. La méthode la plus couramment utilisée consiste à mesurer la vitesse sur différentes sections et sommer les temps de parcours instantanés pour le calculer sur un itinéraire. Les erreurs dans la détermination de la vitesse en période de congestion peut entraîner des grandes dérives dans la détermination du temps de parcours sur un itinéraire. Or, c'est en période de congestion que l'information temps de parcours est la plus appréciable et sa fiabilité est attendue par l'utilisateur. Ainsi, une amélioration de la mesure des basses vitesses est nécessaire pour fournir une telle information.

4.4.2 - Mesures des vitesses basses pour la modélisation

Pour les besoins de la recherche et de la modélisation, la mesure des basses vitesses est également très importante afin de reproduire au mieux les phénomènes observés en milieu urbain ou phase de congestion par exemple.

4.4.3 - Mesures de basses vitesses pour l'homologation de systèmes

Certains systèmes de mesure fonctionnent à basse vitesse et le contrôle de celle-ci est essentielle pour assurer la bonne validité de la mesure.

Nous citons par exemple les systèmes de mesure de pesage en marche homologués pour peser les essieux de poids lourds. Le poids lourd doit circuler sur le système à une vitesse initialement limitée à 8km/h et les accélérations ne doivent pas dépasser certaines limites pour ne pas fausser la mesure de la pesée d'essieux¹.

Or à ces niveaux de vitesse, il y a peu de références et le réseau scientifique et technique a dû concevoir un prototype qui se compose d'une roue moto, tractée par un véhicule léger. La roue de moto comporte une roue dentée, un capteur optique et une horloge. La vitesse instantanée se déduit avec le comptage du nombre de dents détectées par le capteur optique et le temps de détection des dents.

Ce prototype pourrait aussi être utilisé pour évaluer les mesures de vitesse issues de boucles électromagnétiques et en traitant directement le signal issu de celle-ci.

4.5 - Besoins spécifiques aux tunnels

Les tunnels constituent une partie du réseau parfois problématique pour la mise en place d'équipements mais à la fois très demandeuse en termes d'équipements, pour des questions de sécurité notamment.

4.5.1 - Caractéristiques physiques des capteurs

Dans la mesure du possible, le capteur doit avoir un encombrement minimal dans l'espace circulé. Il convient d'éviter de le fixer sur un piédroit (risque d'arrachement) et son encombrement doit être suffisamment faible pour ne pas empiéter sur le gabarit du tunnel. Le mode de transmission des données collectées par le capteur peut difficilement être sans fil en raison des perturbations électromagnétiques (câbles rayonnants, accélérateurs en route, ...). Les capteurs ou les centrales d'acquisition du capteur doivent idéalement pouvoir être raccordés

¹Pour le pesage de Poids Lourds à basse vitesse, la limitation de vitesse imposée par l'OIML a été supprimée dans sa dernière révision R134, les mesures devant être réalisées aujourd'hui sur des aires « hors sections courantes » où la vitesse et les essais peuvent être contrôlés. Deux systèmes de pesage de PL à basse vitesse sont recensés et certifiés en France sur le réseau routier national dans l'Est de la France.

sur des réseaux de topologies spécifiques (automates ou supervisions par exemple) via des modules d'entrées/sorties « Tout Ou Rien » ou « analogiques » déportés. Ces technologies et protocoles de communication sont souvent de type propriétaire. Elles sont rarement compatibles LCR (Langage de Commande Routier) et pas toujours encapsulables dans des trames Ethernet. Dans la mesure du possible, les capteurs non intrusifs sur le génie civil (chaussées, piédroits) sont souhaitables. Les capteurs bénéficiant d'un support (suspentes, fixation sur barre de support), sont préférables à ceux nécessitant une niche dans la maçonnerie. Les centrales ou frontaux d'acquisition de ces capteurs pourront être par contre déportés dans les coffrets des niches de sécurité existantes (sous réserves d'encombrement et de Compatibilité Electromagnétique (CEM) avec les autres équipements). La sûreté de fonctionnement de classe SIL2 est souhaitable.

4.5.2 - Nature des mesures attendues

En tunnel

Les mesures élaborées par le capteur concernent autant les états de trafic habituellement relevés par une station de type SIREDO pour l'analyse temps différé que les données temps réel. Les données de type « silhouettes » et poids par essieu, poids total et longueur ont également leur utilité. Les distances et les temps inter-véhiculaires sont également requis, la notion de respect des distances de sécurité étant indispensable pour améliorer la sécurité dans les tunnels.

En ce qui concerne les valeurs temps réel, les données de débit, de taux d'occupation et de vitesse doivent pouvoir être individuelles, ou agrégées sur des séquences inférieures ou égales à la minute. L'anticipation de la congestion dans certains cas de configuration des tunnels est nécessaire pour déclencher soit des fermetures d'ouvrages soit des régulations de trafic particulières.

La mesure des basses vitesses (la vitesse moyenne recherchée est une vitesse moyenne spatiale d'un flux de véhicules estimée sur une longueur de 100 ou 200 mètres) en tunnel est essentielle, car sa connaissance permet de prendre les décisions préventives de mise en sécurité de l'usager ou d'exploitation en cas d'incident. En effet, la vitesse de déplacement des fumées en tunnel étant de l'ordre de 2m/s (7 km/h environ), il convient que le système puisse mesurer des vitesses de cet ordre de grandeur. Si la vitesse du trafic est située entre 10 et 15 km/h, la fumée ne rattrapera pas les conducteurs et donc le risque d'asphyxie est limité. Il n'y a pas, dans ce cas, de mesures d'exploitation et de sécurité à prendre. Si cette vitesse est inférieure à 7 km/h, il faut indiquer au conducteur d'évacuer son véhicule et d'emprunter les sorties de secours.

Les scénarios de ventilation peuvent également être variables selon la présence de congestion dans un tunnel. Ces contraintes impliquent une fiabilité de la mesure élevée.

La possibilité de connaître en temps réel et avec certitude le nombre et le type de véhicules dans un tunnel lorsque survient un incident est également utile (nombre de PL et type de chargement, nombre de bus et nombre de passager, et quantité de VL lors d'un incendie).

La détection et l'identification des transports de matières dangereuses est également un besoin fort, tant pour le respect de la réglementation concernant l'accès aux ouvrages que le point cité précédemment : connaître en temps réel sur la déclaration d'un incendie dans l'ouvrage à quel type de matière dangereuse les secours devront faire face. A ces informations s'ajoute la localisation du TMD à l'intérieur du tunnel (idée de connaître en temps réel le positionnement longitudinal d'une source potentielle d'incendie, afin de pouvoir traiter l'incendie efficacement le cas échéant, notamment par la ventilation).

Hors tunnel

Un besoin important en terme d'exploitation et de protection des ouvrages est de pouvoir détecter avec fiabilité les hauteurs de véhicule, notamment ceux hors gabarit par rapport aux ouvrages. La fiabilité de la mesure d'un tel système doit éviter les fausses détections : oiseaux, neige etc.

La valeur du dépassement de gabarit en tant que telle importe peu mais le fait que le capteur informe que la hauteur limite a été dépassée est nécessaire.

4.6 - Besoins liés à la supervision des équipements

Les mesures de trafic recueillies par les stations de comptages SIREDO, comme celles de tous les équipements de comptage doivent être analysées régulièrement, pour s'assurer que les données produites sont cohérentes. Un système dont le fonctionnement peut être supervisé est un atout pour l'exploitation et en particulier dans le domaine de la maintenance.

Pour cela, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. L'une d'entre elles est de s'assurer pendant une campagne de contrôle spécifique (visite de maintenance préventive par exemple) que tous les véhicules qui franchissent les capteurs inductifs ou autres, sont en effet comptabilisés par l'équipement de comptage. Cette méthode présente l'avantage d'être réalisée directement par la station et ne nécessite pas de matériel complémentaire comme les radars.

Il est en effet possible de recueillir, en mode distant (si le frontal le permet), les données individuelles de trafic d'une station, pendant une période d'agrégation courante : 6mn par exemple. Le recueil de ces données, qui caractérisent « chaque passage d'un véhicule », permettent de reconstituer la donnée agrégée fournie directement par la station, et, d'en déduire, en comparant de façon fine les deux résultats :

- le fonctionnement de chaque capteur par voie circulée : identification des capteurs défectueux ;
- le fonctionnement des agrégations de mesures par sens ;
- le fonctionnement de l'agrégation des mesures de débits, vitesses et de mesures classifiées ;

Des méthodes automatiques existent également, notamment à la DiRIF, et permettent une connaissance quasi-instantanée des pannes des capteurs. En effet, on trouve des cartes électroniques sur le marché connectées à des boucles électromagnétiques. Ces cartes peuvent être interrogées et sont capables de renvoyer des informations telles que la résistance à l'isolement ou la self inductance.

Une autre supervision peut être effectuée en étudiant de manière statistique les échantillons de mesure : une moyenne de la vitesse mesurée très supérieure à la vitesse réglementaire ou des vitesses négatives peuvent renseigner sur le caractère défectueux du capteur.

Dans tous les cas, une visite de maintenance préventive annuelle sur site est souhaitable. Elle permet d'analyser plus finement les dysfonctionnements et également de contrôler l'étalonnage des stations de mesure quelle que soit la technologie mise en œuvre.

5 - Synthèse

De nombreux besoins ont été évoqués dans ce chapitre, concernant de nombreux acteurs, qu'il est évidemment difficile de tous satisfaire. Le tableau suivant récapitule les besoins évoqués et commente sur le degré de satisfaction du besoin cité. On remarque que les besoins dits « traditionnels » sont globalement satisfaits quand les besoins spécifiques et nouveaux nécessitent encore des améliorations techniques aussi bien sur les performances que sur les fonctionnalités.

Besoin	Précision besoin	Satisfait ou non satisfait
Temps différé		
Statistiques	Données de trafics nationales ou internationales (voir §I.1.1)	OUI même si il y a quelques manques (2RM, autocars sur autoroutes concédées ou données statistiques sur les RD)
Politique des transports	Indice national de circulation, connaissance du trafic PL ou touristiques (voir §I.1.2)	OUI —Nota : la remontée des données est parfois difficile
Sécurité routière	Taux d'accidents, indices d'accidentalité locale ou observatoire des vitesses (voir §I.1.3)	OUI sur le RRN les données sur RD sont plus difficilement obtenues
Études de projets, modélisation, études économiques	Données de trafics VL/PL par section homogène (voir §I.1.4)	OUI sur le RRN les données sur RD sont plus difficilement obtenues
Dimensionnement ouvrages, politique d'entretien de la route	Données de trafic VL/PL détaillées si possible avec une connaissance des charges transportées (voir §I.1.5)	OUI mais la recherche de l'exhaustivité des informations sur le réseau est constante
Environnement, nuisances	Données de trafic distinguant VL/PL pour en déduire le bruit et l'émission de polluants atmosphériques (voir §I.1.6)	Partiellement (pour évaluer le bruit par exemple, les données de trafic sur 3 périodes de temps distinctes sont moins disponibles)
Exploitation	Prévision de type bison futé ou planification de l'organisation de l'exploitation (voir §I.1.7)	OUI
Temps réel		
Surveillance et quantification du trafic	Calcul d'indicateurs tels que : vitesse moyenne, longueur des bouchons, indicateur de congestion... Gestion du trafic en chantier (voir §I.2.1)	OUI
Information usager	Information sur la présence de bouchons, temps de parcours, reroutage du trafic ... (voir §I.2.2)	OUI (les technologies sont néanmoins en constante évolution)
Régulation des flux	Mise en œuvre de mesures de gestion dynamique du trafic et contrôle, DAI (voir §I.2.3)	OUI partiellement : la densification sur le réseau n'est pas souvent suffisante pour mettre en place ces mesures de régulation sans avoir besoin de déployer des équipements spécifiques
Données individuelles		
Besoins permanents	De type alerte contresens, contrôle/sanction, observatoires de trafic, temps de parcours (voir §I.3.1)	Partiellement Il est toujours délicat d'utiliser des données individuelles pour des usages permanents. Généralement, le traitement des données dites « microscopiques » se fait dans le cadre de missions de recherche
Besoins temporaires	Choix et évaluation de mesures de régulation, enquêtes OD et de comportement des usagers, recherche (voir §I.3.2)	Partiellement les données disponibles pour réaliser les évaluations sont en général insuffisantes et nécessitent des recueils complémentaires selon la nature de l'évaluation à réaliser
Besoins spécifiques		
Détection de types de véhicules particuliers	2RM, vélos, piétons, PL, TMD, TE, TC (voir §I.4.1)	NON globalement les technologies permettant de distinguer les véhicules sont en général plutôt balbutiantes (sauf pour les PL), en cours de recherche
Analyse comportementale	Trajectoires, stationnement VL/PL (voir §I.4.2)	NON Les technologies existent mais ne sont pas encore suffisamment fiables, en cours de recherche néanmoins
Taxation de véhicules	Péage sans arrêt, TPLN, HOT	NON globalement la classification généralisée n'est pas encore fiable, ainsi que le comptage du nombre de passagers dans un véhicule
Vitesses basses	Pour l'homologation des systèmes, pour la modélisation, et l'exploitation (surtout les tunnels)	NON les systèmes mesurant les vitesses ne sont pour l'instant que très peu fiables en congestion
Tunnels	Distances et temps intervéhiculaires, vitesses basses, identification TMD, nombre de PL et type de chargement, de TC et nombre de passagers (voir §I.4.5)	NON (voir autres items)
Supervision des équipements	Connaissance du fonctionnement de chaque capteur par voie, des agrégations de mesures par sens des mesures de débits, vitesses classifiés (voir §I.4.6)	OUI

Tableau 5: Récapitulatif des besoins

Chapitre II

Présentation du système de recueil de données national actuel

Ce chapitre présente de façon introductive le système de recueil de données national du ministère chargé des transports afin de mettre en lumière l'environnement d'utilisation des différents capteurs présentés dans le chapitre III. En effet, ce rapport ne consiste pas à étudier tous les aspects du recueil de données, qui ont fait l'objet de nombreux guides, rapports et documents, mais se concentre sur le capteur et le premier traitement de l'information fournie par celui-ci, la station de recueil. Certaines technologies de capteurs intègrent d'ailleurs ces deux aspects.

Le raccordement aux centres de gestions de trafic n'est ainsi pas traité dans ce rapport (simple mention).

Le système de recueil de données trafic décrit ci-après, est le Système d'Information Trafic (SIT) du Ministère en charge des Transports, ce système étant le plus ancien historiquement, et celui dont se sont inspirés les différents gestionnaires de réseaux routiers (aussi bien les sociétés concessionnaires d'autoroutes que les collectivités locales).

A noter que les sociétés concessionnaires d'autoroutes utilisent en complément les données issues des péages. En effet, les véhicules roulant à allure plus réduite au niveau des péages, cela permet d'avoir une meilleure précision de mesure, notamment pour les débits (calculés sur le nombre de transactions effectuées) ou pour les classes de véhicules (prismes et laser pour le nombre d'essieux, vidéo etc.).

1 - Le Système d'Information Trafic du Ministère chargé des transports

Le SIT est le Système d'Information Trafic du Ministère chargé des transports. Ce système d'information intègre une base de données agrégeant les données de trafic routier tous véhicules issues des recueils des 11 DIR pour les routes nationales de leur compétence.

1.1 - Présentation

Au cœur du Système d'Information Trafic du Ministère chargé des transports, deux types d'usage des données trafic se dégagent des missions des exploitants :

- Le recueil et l'exploitation « temps réel » ;
- Le recueil et l'exploitation « temps différé ».

Ces deux types d'utilisation des données de trafic mettent en œuvre actuellement deux chaînes d'acquisition, de traitement et d'exploitation des résultats indépendantes. Ces deux organisations et leurs objectifs sont présentés dans les paragraphes suivants.

1.2 - Acteurs

1.2.1 - Maître d'ouvrage

La Direction des Infrastructures de Transports (DIT) de la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) est responsable du Système d'Information Trafic (SIT) et en assure le financement, notamment pour ce qui concerne la maintenance des équipements de comptage d'une part, des logiciels de recueil et de gestion d'autre part.

1.2.2 - Maître d'ouvrage délégué

Le Sétra administre le Système d'Information Trafic, assure pour le compte de la maîtrise d'ouvrage le pilotage technique des DIR et le suivi de la réalisation de leurs missions. Il est responsable de la qualité de la remontée et de la cohérence des données. Enfin, il rend compte à la maîtrise d'ouvrage des problèmes rencontrés et propose des orientations et pistes d'amélioration.

1.2.3 - Maître d'œuvre temps différé

La maîtrise d'ouvrage s'appuie sur le Pôle de Compétence et d'Innovation « : outils et systèmes de Connaissance des Trafics ; Applications pour l'Accidentologie » (PCI CTAA) qui récupère l'effectif et les missions du point d'appui national du système d'information trafic (PAN-SIT) au CETE Méditerranée. Celui-ci assure la maîtrise d'œuvre technique et l'accompagnement. Il est l'interlocuteur technique des DIR et leur assure une assistance sur l'ensemble des missions de maintenance des équipements de comptage et du recueil des mesures de trafic de leur réseau routier. Le PCI CTAA tient à jour l'inventaire national des équipements de recueil, assure la maintenance des logiciels, la diffusion des nouvelles versions, ainsi que les formations aux personnels des DIR sur les logiciels et les matériels. Il diffuse aussi la doctrine en matière de recueil de données et de gestion des équipements. Enfin, en tant qu'intermédiaire entre les DIR et les services centraux, il informe ces derniers des problèmes rencontrés sur le terrain.

1.2.4 - Gestionnaires

Les Directions Interdépartementales des Routes (DIR) assurent les opérations de recueil et de constitution des bases de données ainsi que la gestion et la maintenance des matériels.

Pour le temps différé, les DIR signalent au PAN les problèmes qu'elles rencontrent sur les logiciels et les matériels qu'elles exploitent, le sollicitent pour toute intervention de maintenance ou de formation, et proposent des améliorations. Elles sont informées des corrections et des évolutions en cours et du planning de la diffusion des nouvelles versions logicielles.

Pour le temps réel, les besoins des DIR sont remplis par les Centres d'Ingénierie et de Gestion du Trafic (CIGT) dont les plus importants sont munis de Systèmes d'Aide à la Gestion du Trafic (SAGT).

1.3 - Organisation des recueils

1.3.1- Organisation des recueils temps réel

La fonction de comptage « temps réel » présente dans la plupart des CIGT des DIR et des sociétés concessionnaires d'autoroutes (SCA) peut être découpée en quatre sous-fonctions :

1. Le recueil des points de comptage « temps réel » que l'on observe dans les DIR est organisé principalement comme suit :

- Remontées automatiques et séquencées des données temps réel depuis les stations de comptage fixes vers les frontaux de recueil ou directement dans une base de données d'un SAGT via une liaison de télécommunication opérée (RTC, 3G, IP etc.) ou privée (fibres optiques, cuivre RAU, Radio RTN2000, etc.) ;
- Si les recueils sont réalisés à partir de frontaux : traitements et propagation de ces données trafic vers les serveurs temps réel des SAGT ;

2. L'intégration et le traitement des données trafic se décompose en général de la façon suivante :

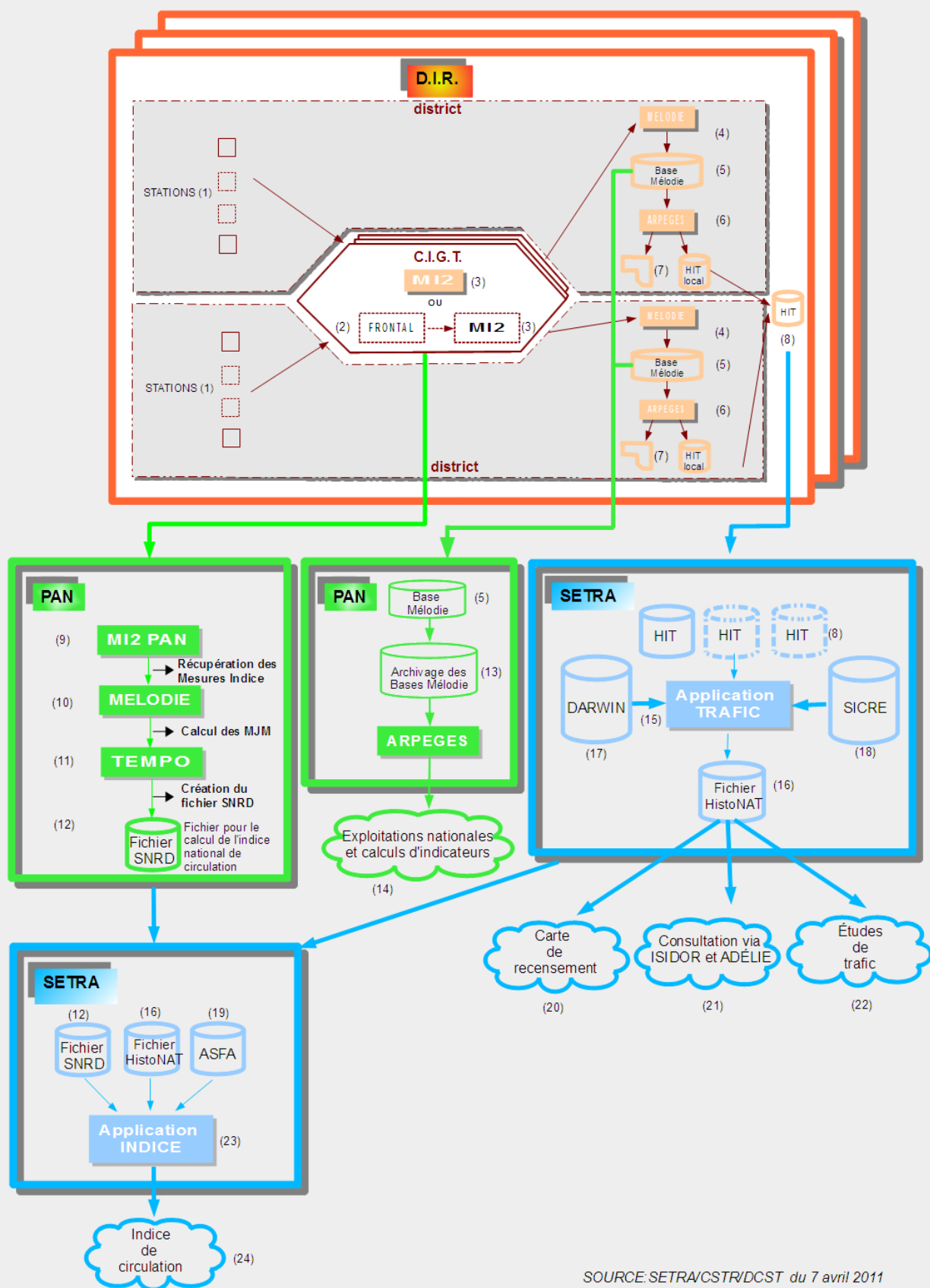
- Intégration des données trafic dans les serveurs temps réel des SAGT ;
- Élimination des données aberrantes, mise en forme des données (format horaire, journalier, etc.) ;

3. L'exploitation « temps réel » des données est réalisée en général par les SAGT et consiste notamment :

- au calcul et à l'affichage des messages PMV liés aux stratégies de temps de parcours,
- à l'animation d'un synoptique doté d'un Traficolor,
- à la réalisation de la détection automatique de bouchons, en produisant des rapports temps réel caractérisant le trafic de la journée échue par exemple.
- À la surveillance « temps réel » des différents paramètres du trafic (principalement débits, vitesses moyennes et taux d'occupation de voies) ;

4. La mise à disposition des données à des applications tierces via des protocoles banalisés et notamment Dtex2. Ces applications concernent notamment :

- L'information aux usagers pendant le voyage (ex. : PMV, système de diffusion de messages par radio RDS-TMC) ou avant le voyage (sites Internet locaux ou nationaux comme Bison Futé).
- La mise en base des données trafics pour le calcul d'indicateurs nationaux et la réalisation de bilans journaliers ;(ex. : le futur Système d'Information Trafic Tipi)



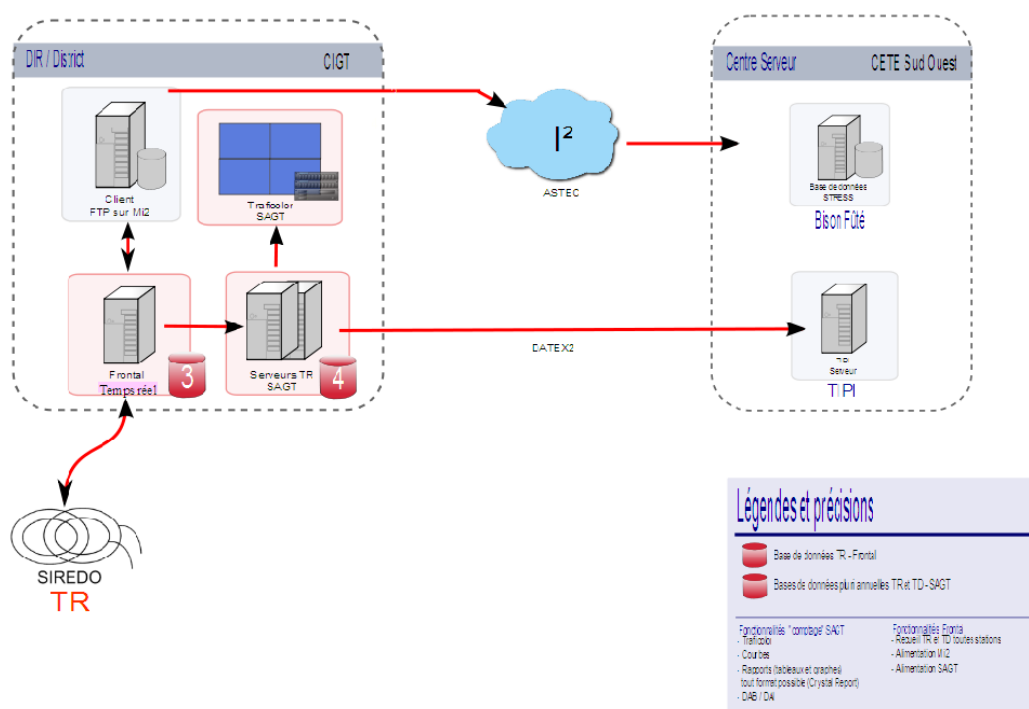


Illustration 5: Schéma type d'un recueil de données trafic en mode « temps réel » dans un CIGT

1.3.2 - Organisation des recueils et des remontées « temps différé »

La fonction « Temps différé » du comptage routier quant à elle, est utilisée dans les CIGT mais aussi dans les services du siège des DIR (Direction, services de politiques routières, etc.). Elle comprend notamment :

- la réalisation de campagnes de mesures de comptage temporaire (4 x 1 semaine) ;
- l'analyse et la production de bilans de trafic périodiques ;
- la production d'indicateurs de trafic périodique dont l'indicateur HKM (heures kilomètres);
- l'analyse contextuelle du trafic lors d'événements particuliers (lors de débriefing par exemple) ;
- la réponse aux sollicitations externes de demande de données trafic ;
- etc.

Le recueil temps différé suit au sein du Ministère une procédure précise adaptée localement selon les besoins des DIR. Cette procédure, réalisée suite à la décentralisation de 2007, se veut transitoire en attendant que le système d'information Tipi soit opérationnel.

Illustration 6: Architecture du recueil de données trafic

Recueil en DIR :

1) Les données de trafic sont mesurées sur le terrain par les stations de comptage de type SIREDO SOL2 et SOL2+ **(1)** (voir illustration 6) **pour la plupart** . Les mesures de trafic sont recueillies de trois manières possibles :

- soit par un frontal spécifique **(2)** qui transmet ses informations au MI2 (Module d'Intercommunication) **(3)** de la DIR via une interface standard avec le MI2.
- soit directement par le MI2 qui interroge à fréquence régulière les stations.

- soit par un dispositif de comptage temporaire (à tubes, à boucles, Radar, etc.) puis directement intégré dans Mélodie à l'aide de la fonction ad-hoc.

Suivant l'organisation de la DIR, le recueil des mesures peut être effectué sur un ou plusieurs MI2 (généralement un MI2 par CIGT de la DIR).

2) A l'aide de la fonction "connexion au MI2" du logiciel Mélodie (4), les mesures sont ensuite transférées du MI2 dans les bases de données Mélodie (5). Elles sont alors contrôlées, qualifiées, validées et reconstituées si nécessaire à l'aide de ce logiciel.

Toujours en fonction de l'organisation de la DIR, le transfert peut s'effectuer sur plusieurs postes Mélodie. L'organisation la plus courante est un poste Mélodie par district, entité géographique qui gère une partie du réseau routier et des stations de la DIR.

La connexion entre le MI2 et Mélodie est réalisée à l'aide de boîtiers de communication qui permettent aux deux logiciels de dialoguer à travers le réseau I2 du Ministère ou par câble RS232 crisé si les postes sont à proximité.

3) Le logiciel Arpèges (6), installé sur le même poste de travail que Mélodie, permet d'effectuer des traitements (7) à partir des données de la base Mélodie (calcul des MJM, MJA ...) et de produire annuellement le fichier HIT (8) qui sera ensuite envoyé au SETRA (cf. C).

La DIR n'envoie au SETRA qu'un seul fichier "Histo" pour toute la DIR. Dans le cas d'une organisation par districts, le service central de la DIR ou le CIGT d'armature fusionne tous les fichiers "Histo" de la DIR avant de l'envoyer au SETRA.

Recueil au CETE Méditerranée

1) Constitution des données relatives à l'Indice de circulation

Le PAN possède un MI2, appelé MI2 central (9), avec lequel il récupère les mesures des stations de l'Indice sur tous les MI2 des DIR. Le MI2 Central transfère ensuite les données des stations Indice sur un poste Mélodie spécifique (10) au calcul de l'indice national. Celui-ci calcule les MJM des stations de l'Indice et les exporte vers le logiciel TEMPO (11) qui produit le fichier SNRD (12) envoyé au SETRA pour le calcul de l'indice national de circulation.

L'indice national est calculé à partir de données brutes, non reconstituées par Mélodie car provenant directement du MI2 local des DIR. C'est le logiciel TEMPO qui calcule les MJM suivant son propre algorithme de traitement et de reconstitution.

2) Traitements sur les bases Mélodie

Chaque trimestre, les DIR envoient leurs bases Mélodie au PAN qui les archive (13). Ces archives permettent de réaliser des exploitations à l'échelle nationale (14).

Traitements au SETRA

1) Constitution du fichier HistoNAT

Le Sétra reçoit les fichiers HIT envoyés par les DIR avant le 15 mars et les importe dans son application "Trafic" (15). Cette application constitue alors le fichier Histo National (16) ou HistoNAT par fusion des fichiers HIT des DIR ainsi que des données de trafic des sociétés concessionnaires d'autoroute venant de l'application DARWIN (17). Cette fusion nécessite de nombreux contrôles réalisés à l'aide de SICRE (18).

Le fichier HistoNAT est notamment utilisé pour l'édition de la carte de trafic du Réseau Routier National (19), la diffusion de données trafic à l'ensemble du Ministère (via Isidor et Adélie) (20) et la réalisation d'études de trafic (21).

SICRE étant voué à disparaître en 2011, l'application Trafic est en cours de refonte. La nouvelle application TraficWeb, opérationnelle courant 2012, simplifiera la procédure et réalisera ces contrôles à partir de l'application Isidor v2.

2) Calcul de l'Indice de circulation.

A partir des données trafic du fichier SNRD (Système National de Recueil de Données) envoyé mensuellement par le PAN, mais aussi de données métier présentes dans le fichier HistoNAT et dans la base SICRE, le Sétra calcule, avec le logiciel Indice **(22)** l'indice mensuel de circulation publié tous les trimestres sur le site Internet du Sétra (voir 1.2.1. Évolution de la circulation routière : indice mensuel de circulation sur le RRN).

2 - Présentation des stations SIREDO du SIT du Ministère

2.1 - Les stations SOL2

SOL2 est le modèle de station de recueil de données de trafic à base de boucles inductives préconisée par le ministère depuis 1990. Plusieurs constructeurs peuvent fournir des SOL2 certifiées conformes aux spécifications, et qui sont totalement interchangeables.

2.1.1 - Conformité des Stations de Recueil de Données de Trafic (SRDT)

Une procédure de déclaration de conformité des SRDT est en place depuis le mois de juin 2005. Cette procédure définit les modalités de sélection des stations pour les besoins du ministère chargé des transports, afin de s'assurer de l'interchangeabilité des matériels.

Les essais et contrôles sont essentiellement basés sur les normes françaises homologuées NF-P-99-332 et NF-P-99-334, et sur le projet de cahier de charges d'homologation mentionné ci-dessous.

L'interface externe des SOL2 est le LCR conforme à l'UMT (Unité de Mesure et de Traitement) de classe 2 de la norme NF-P-99-344 (voir 2.1.4 - Architecture des SOL2).

Fabricants ayant procédé à une déclaration de conformité

La liste des fabricants ayant procédé à une déclaration de conformité est consultable sur le site internet Equidyn [B2].

2.1.2 - Mesures fournies par SOL2

La station SOL2 génère de nombreuses mesures de trafic routier : selon les types de capteurs/détecteurs utilisés, la station SOL2 est capable d'élaborer et de fournir différentes mesures du trafic ou de son environnement, ainsi que des alertes sur des situations particulières recherchées ou attendues.

La station SOL2 supporte au choix actuellement 1, 2 ou 3 capteurs de trafic par voie de circulation (8 capteurs maximum par station SOL2), selon les besoins en mesures, et jusqu'à 32 capteurs peuvent être contenus dans une seule SOL2+ (4 unités centrales (UC) de 8 capteurs).

Une SOL2 effectue *simultanément* et stocke, pour chaque voie de circulation, jusqu'à 11 mesures microscopiques individuelles par véhicule, et jusqu'à 10 mesures moyennes par voie de circulation pour chaque période de calcul.

Les 4 périodicités de calcul et de stockage sont : Journalier, Horaire, 6 minutes, et Variable qui peut être choisi avec n'importe quelle valeur comprise entre 0 et 3600 secondes (Norme NFP99-340 Page 135).

Les 11 Mesures Individuelles (microscopiques)

Ce sont les mesures individuelles relevées pour chaque véhicule au passage sur la zone de détection.

L'excellente qualité et la précision des mesures élaborées, provient du standard SOL2 qui réalise des recueils de tous ses capteurs chaque 50 ou 100 μ s, et sans aucune dégradation des mesures lors de la transmission vers un poste central déporté.

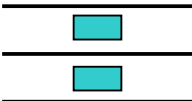
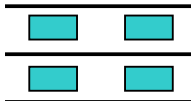
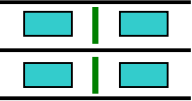
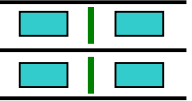
Nature des mesures	 1 capteur de présence	 2 capteurs de présence	 2 capteurs de présence et un capteur d'essieux	 2 capteurs de présence et un capteur d'essieux et sensibilité aux charges
L'heure de passage	X	X	X	X
La voie de circulation	X	X	X	X
Le temps inter-véhiculaire	X	X	X	X
Le temps de présence (qui permet de calculer le taux d'occupation TO)	X	X	X	X
La vitesse		X	X	X
La longueur		X	X	X
La distance inter-véhiculaire		X	X	X
La catégorie en silhouette			X	X
Le nombre d'essieux			X	X
Le poids total roulant				X
Le poids de chaque essieu				X

Tableau 6: Natures de données recueillies en « mode individuel »

Mesures moyennes par voie de circulation

Ce sont des mesures moyennes (tous véhicules ou classifiées), agrégées selon le séquençement choisi (variable 1 - 3600 s, de base 6 min, h, j). Les mesures (moyennes) classifiées correspondent au nombre de véhicules dans une classe de mesure.

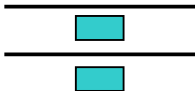
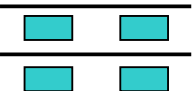
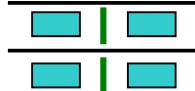
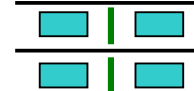
Nature des mesures	 1 capteur de présence	 2 capteurs de présence	 2 capteurs de présence et un capteur d'essieux	 2 capteurs de présence et un capteur d'essieux et sensibilité aux charges
Les débits tous véhicules	X	X	X	X
Les taux d'occupation tous véhicules	X	X	X	X
Les débits PL (uniquement LCR classe 3)		X	X	X
Les vitesses moyenne tous véhicules		X	X	X
Les débits (ou le nombre de véhicules) dans 6 catégories de longueurs		X	X	X
Les débits (ou le nombre de véhicules) dans 12 catégories de vitesses		X	X	X
Les débits (ou le nombre de véhicules) dans 14 catégories de silhouettes			X	X
Les débits (ou le nombre de véhicules) dans 6 catégories de poids total roulant (PTR)				X
Les débits (ou le nombre de véhicules) dans 12 catégories de poids d'essieux				X

Tableau 7: Natures de données moyennes recueillies

2.1.3 - Applications

La station SOL2 dispose de très nombreuses fonctionnalités et elle permet de multiples recueils simultanés à des séquencements et pour des modes différents. Ces fonctionnalités, déjà évoquées dans le chapitre I, sont balayées à nouveau dans ce paragraphe afin d'analyser comment le système actuel répond aux besoins.

On peut l'utiliser autant en rase campagne qu'en milieu urbain. La qualité des résultats y est comparable.

Son domaine d'application couvre au sens large le recueil routier et autoroutier de données de trafic :

- Exploitation autoroute et temps réel rapide,
- Surveillance de l'état du trafic,
- Auto-surveillance (modes alarmes par seuil et alertes techniques de fonctionnement),
- Exploitation en temps différé pour des études statistiques et la gestion des réseaux et voiries
- Études et recherches, par mode de recueil de données individuelles, exploitation de données agrégées ou encore modélisation.

SOL2 et l'exploitation sur autoroute en temps réel rapide (Utilisation des mesures individuelles)

Sur les autoroutes de liaison ou les corridors autoroutiers urbains, les mesures individuelles ou microscopiques de chaque véhicule sont élaborées par les détecteurs, puis mises en forme et relayées par la station SOL2.

Chaque véhicule sans exception est mesuré finement : voie de circulation, heure de passage au 1/100s, vitesse en km/h, TIV (temps intervéhiculaire) en 1/10s, longueur en dm, temps de passage sur les capteurs, DIV (distance intervéhiculaire) en m, catégorie, poids total roulant en 1/10T, nombre d'essieux, poids de chaque essieu en 1/10T.

Ces mesures permettent la surveillance fine du trafic grâce au recueil permanent à périodicité rapide : de 6s, ou 10s, 20s, etc. et jusqu'à plusieurs minutes, puis l'action éventuelle immédiate en retour sur les équipements dynamiques de gestion du trafic.

Les mesures de SOL2 alimentent donc directement les automatismes rapides d'exploitation et de régulation du PC de circulation d'un CIGT car elles permettent tous les types d'algorithmes de Détection Automatique d'Incidents (DAI) ou de Bouchon (DAB).

Des mesures moyennes ou statistiques d'une périodicité pouvant être choisie entre 1 seconde et 3600 secondes (soit 1 heure), sont également élaborées par la station SOL2 pour un usage central complémentaire.

Exemples : CIGT Marius à Marseille, Gutenberg à Strasbourg, etc.

Surveillance de l'état du Trafic (Utilisation des mesures moyennes 6 minutes)

SOL2 élabore toutes les 6 minutes des débits, vitesses moyennes et taux d'occupation de la chaussée, voie par voie, sens par sens, suivant sa programmation.

Ces mesures 6 minutes sont acquises chaque 6 minutes par un CIGT.

Leur visualisation immédiate sur des synoptiques ou leur utilisation par des outils d'analyse informe les responsables des CIGT et des CRICR, sur l'évolution du trafic et peut permettre sa prévision à court terme, de quelques heures, dans les zones sensibles aux perturbations, et aux approches des périodes "chargées".

L'indicateur "Taux d'occupation 6min" indique l'existence d'une perturbation sur les capteurs de SOL2, son sens et même son intensité.

Exemples : SIRIUS2 en Région Île de France, le CRICR de Marseille, la société AREA, etc.

Auto-surveillance du trafic par SOL2 (Utilisation du générateur intégré d'alertes)

L'auto-surveillance du trafic autorise un fonctionnement économique et intelligent : la station SOL2 génère elle-même et transmet une alerte ou un message conventionnel vers un PC de Contrôle ou d'information, mais seulement en cas d'anomalie détectée.

Ces anomalies peuvent être l'évolution de tout paramètre mesuré du trafic, ou une combinaison de plusieurs paramètres.

Ce type de fonctionnement évite la nécessité d'un recueil cyclique permanent et économise donc les ressources de transmission partout où l'utilisation du téléphone serait trop coûteuse, et où un réseau dédié de transmission serait trop onéreux.

Exemples : SAGA à Toulon, le CRICR de Rennes, le CIGT Allegro de Lille, etc.

De plus, les agents du Ministère chargé des transports doivent vérifier chaque année le bon fonctionnement des stations SOL2 et SOL2+. Cette vérification périodique recalibre la station (vérification que les données envoyées ne sont pas biaisées par la dérive de l'électronique de mesure ou par des éléments extérieurs). De plus, des préconisations d'entretien sont effectuées durant cette visite (débroussaillage, étanchéité, changement de matériel, vétusté, etc.).

Une formation sur la maintenance des stations est dispensée chaque année par les CETE Méditerranée et Ile-de-France aux agents du ministère et territoriaux.

Statistiques (Utilisation des mesures moyennes 1 heure et 1 jour)

Ces utilisations sont principalement liées aux prévisions de circulation, de construction et à d'entretien des chaussées : SOL2 permet le remplacement direct des compteurs anciens de type "SETRA", à relevé périodique par valise d'enregistrement, grâce à son autonomie possible, avec des panneaux solaires, et un modem GSM et sa compatibilité directe.

Un recueil automatique horaire ou journalier est effectué que ce soit pour des besoins locaux, départementaux, ou centralisés en réseaux régionaux et réseau national, ou pour un recensement statistique permanent.

La station SOL2 est source directe des fichiers de mesures pour les progiciels nationaux XTEDI, MELODIE, ARPEGES et des logiciels commerciaux ou indirecte via le réseau et les modules d'intercommunication MI2.

La station SOL2 génère directement certains éléments statistiques simples : classification du trafic selon les vitesses, selon les longueurs, les silhouettes, et même selon les poids totaux ou par essieux.

Études et Recherche sur le Trafic

Les mesures de trafic générées par SOL2 permettent d'alimenter en temps différé des bases de données supportant des applicatifs spécialisés dans l'analyse, les recherches, et la modélisation du trafic ou sa prévision :

- Tracé direct des courbes classiques d'analyse, par exemple les histogrammes de débit, ou les courbes taux/débit/vitesse,
- Prévisions de trafic à 1 heure, à 1 jour, à 1 an,
- Prévisions de saturation.

Toutes les mesures de trafic ainsi générées sont stockées jusqu'à 40 jours (modifiable) par SOL2 et peuvent être relues plus tard sur place ou même à distance, pour alimenter les applicatifs spécialisés d'études et de recherche.

2.1.4 - Architecture des SOL2

UMT

Unités de Mesure et de traitement du trafic routier, autrement appelées SRDT : Stations de Recueil Du Trafic.

Il existe 3 classes d'UMT. La classe 2 correspond aux fonctionnalités et langage des stations SOL2/SIREDO actuelles. La spécification complète du LCR applicable aux UMT est décrite dans la norme NF-P-99-344. Un projet de norme NF P 99-334 définit les essais et contrôles à réaliser sur les UMT pour garantir leur conformité à la norme NF P 99-344. Un document décrivant les tableaux d'élaboration des mesures agrégées à partir des mesures individuelles est disponible.

UD

Les Unités de détection sont des équipements périphériques de l'UMT qui assurent les fonctions principales suivantes :

- Acquisition et gestion de capteurs,
- Génération et Stockage provisoire de mesures instantanées,
- Distribution de ces mesures vers un client UMT (ou autre).

Les UD peuvent être déclinées selon les technologies, en domaines différents :

- UD de trafic liées au passage d'un véhicule (capteurs à boucles, piézo, etc.),
- UD de trafic liées à une zone large (mesures spatiales radar ou vidéo, temps parcours par ex.),
- UD de matériel ou d'environnement du trafic (Gestion Technique Centralisée (GTC), météo, pollution, etc.).

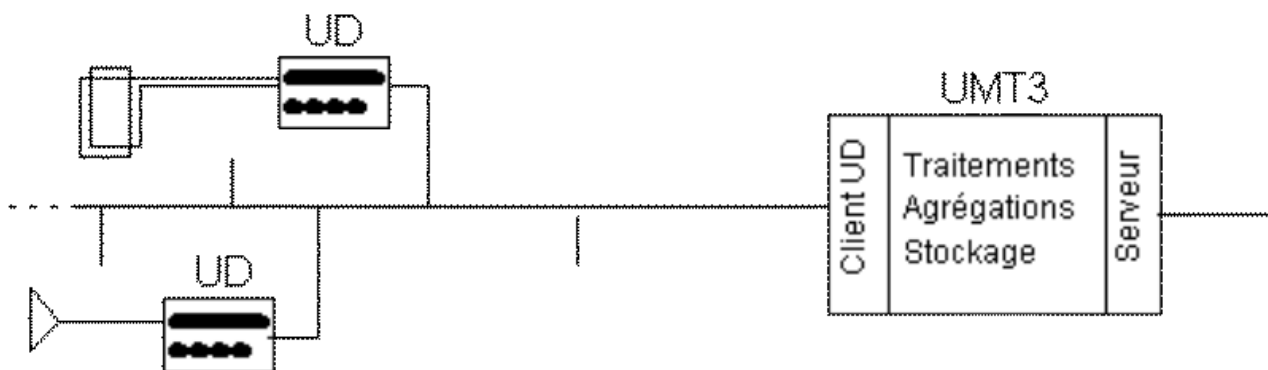


Illustration 7: Architecture des SOL2

L'UD fournit des mesures instantanées à un ou des clients de type UMT. L'UMT acquiert des mesures instantanées chez des serveurs UD. L'UMT fournit des mesures statistiques ou/et instantanées à un ou des clients externes, PC par exemple. L'interface entre UD et UMT3 est numérique et sérieuse, RS485, en mode Client-Serveur. Le protocole et le langage sont TEDI/LCR.

2.2 - Les stations SOL 2+ et futures

Le système actuel de recueil de données de trafic est confronté au vieillissement du parc des stations SOL2, certifiées en 1996 et dont la production est désormais arrêtée. Le système doit également prendre en compte le développement des besoins en gestion de trafic et les avancées technologiques en matière de capacités de stockage des données, de transmissions sans fil, de capteurs autres que les boucles, etc.

En attendant le renouvellement du réseau national de recueil de données de trafic, une nouvelle génération de stations appelées "SOL2+" est vendue par des industriels. Pour l'instant, ces versions transitoires n'ont été certifiées qu'à minima (sur la partie langage LCR) et n'ont pas encore fait l'objet d'une procédure de qualification au niveau national, en particulier sur l'interopérabilité entre les différents dispositifs et sur la qualité des mesures.

En effet, le cadre normatif ayant été assoupli pour limiter les contraintes techniques et pour ouvrir vers les nouvelles technologies, l'interopérabilité reste à vérifier, afin de garantir un niveau de service au moins équivalent à celui des anciens équipements. Le tableau ci-après permet de visualiser les principales différences SOL2+ / SOL2 constatées sur le terrain, ainsi que les évolutions envisagées.

Il est prévu à terme, une évolution fonctionnelle du système de recueil vers des stations de mesure mieux adaptées et plus modernes. L'objectif est de :

- disposer d'une station qui satisfaisant (au mieux) les besoins temps réel et temps différé ;
- assurer la compatibilité fonctionnelle (ascendante) avec les dispositifs et les logiciels existants ;
- faciliter et réduire les coûts pour l'installation, le dépannage et la maintenance des équipements ;
- concevoir des équipements selon des technologies nouvelles (capteurs ou transmissions) ;
- disposer de performances (fonctionnelles et techniques) supérieures aux SOL2.

	Caractéristiques SOL2	Évolutions de la SOL2+	Problèmes liés à l'évolution vers SOL2+	Évolutions envisagées
Nombre de capteurs	- 8 à 12 capteurs par UC (1- 2 UC par station, voire plus pour certains modèles)	- augmentation du nombre de capteurs par station : 64 capteurs / voire plus (grâce aux capteurs déportés)	- les logiciels (ex. : Mélodie) ne peuvent pas gérer autant de capteurs	- adressage virtuel stations mère/fille (comme pour les SOL2)
Type capteurs	- boucles électromagnétiques présence/silhouette - piézoélectriques - radars	- boucles électromagnétiques présence, (certains constructeurs : vidéo, radars)	- pour l'instant, pas des mesures de silhouette, ni de charge (qualifiées)	- qualification en cours des futures SOL2+
Détecteurs	- interchangeables entre les différents modèles	- spécifiques à chaque constructeur - utilisation d'anciens modèles de détecteurs (pour 1 constructeur)	- problème pour vérifier la fiabilité des mesures - certains détecteurs fonctionnent en mode dégradé (perte des véhicules à cheval sur 2 capteurs) - besoin de carte d'interface supplémentaire	- modification d'algorithmes en cours chez le/les constructeurs...
Communications	- 2 types de cordons	- câbles spécifiques à chaque constructeur	- problèmes de communication pour les interventions sur terrain (paramétrages, maintenance)	- limiter la connectique - développer les communications sans fil
Interfaces	- normes pour tous les modèles	- RS485 nécessaire pour les détecteurs déportés, mais pas disponible sur tous les modèles	- interfaces non uniformisées	- interfaces minimales (RS232, RS485, ...) à normaliser
Matériel	- matériel "solide", ayant été soumis à des essais mécaniques, d'environnement... - éléments "simples" (pas chers) - électronique "simple", facilement échangeable pour la maintenance (fusibles)	- matériel plus fragile en général (détecteurs instables, raccordements face-avant exposés aux mouvements...) - éléments plus complexes et chers - besoin d'envoyer chez le constructeur la carte détecteur	- la fiabilité du matériel n'est plus assurée à long terme - coût supérieur de la maintenance, lot de rechange plus important (par constructeur)	- intégrer les nouvelles fonctionnalités, tout en s'assurant du maintien des fonctions de base et de leur durabilité dans le temps
Consommation	- faible, intéressant pour les modèles solaires	- importante pour certains modèles (pour un constructeur : jusqu'à une batterie par détecteur)		- limiter la consommation, pour développer des équipements autonomes et optimiser les coûts d'installation

Tableau 8: Evolutions SOL2/SOL2+

3 - Standardisation et normes

Afin d'assurer la pérennité des investissements réalisés par les directions centrales ainsi qu'une interopérabilité et interchangeabilité des équipements, le Langage de Commande Routier (LCR) a été créé dans les années 1980 et s'est inscrit dans une démarche normative depuis 1994 (actuellement il existe plusieurs normes AFNOR).

Le LCR est un langage de communication spécialisé et dédié aux équipements dynamiques liés à l'exploitation de la route ainsi qu'à leurs frontaux de commande. Il permet principalement à un centre de gestion de configurer, piloter et contrôler ces équipements.

C'est dans le cadre du Schéma Directeur SIREDO (Système Informatisé de Recueil de Données – SIT aujourd'hui) qu'a eu lieu la première application du LCR aux équipements dynamiques routiers, en l'occurrence les stations SOL2 et les Modules d'Intercommunication (MI2).

D'une manière générale, le LCR est utilisé pour les échanges de données de trafic ainsi que pour la configuration, le contrôle et le pilotage des équipements dynamiques (PMV, caméras, station météo, etc.) à travers des frontaux de commande.

Le LCR se place sur les couches supérieures du modèle OSI (Open Systems Interconnection) et peut donc être porté par n'importe quel protocole de couches basses de transmission. Le modèle OSI est un modèle de communication proposé par l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) pour l'interconnexion des systèmes ouverts.

Le LCR permet une modélisation fonctionnelle des équipements, qui prend en compte les besoins exprimés par les utilisateurs et les contraintes technico-économiques formulées par les industriels. De ce fait, chaque norme d'application du LCR à un équipement particulier constitue une spécification fonctionnelle complète de l'équipement.

Les principaux avantages lors de la mise en place de la normalisation LCR ont été :

- l'unicité des produits "sur étagère", facilitant la mise en concurrence des prestataires et l'interopérabilité entre des équipements de technologie et d'origine différentes ;
- la facilité de prescription, par référence seulement à des normes ;
- la diminution des coûts d'investissement due aux économies d'échelle ;
- la diminution des coûts de maintenance, due à l'unicité des produits, à leur fiabilité accrue, et aux économies d'échelle ;
- l'unicité des contrôles de réception, de certification ou de qualification ;
- l'interopérabilité d'équipements de types différents, facilitant la conception des systèmes.

Domaines d'application :

Le LCR est appliqué à différents niveaux des transmissions ou échanges de données, qui peuvent avoir lieu dans le contexte de l'exploitation routière : entre applications informatiques d'un même centre, entre différents centres d'exploitation d'un même gestionnaire de réseau et entre différents gestionnaires.

- *Au niveau des échanges entre un centre de gestion et les équipements de terrain (niveau V)* : les normes d'application du LCR aux équipements dynamiques concernent la transmission de données recueillies sur le terrain et la vidéosurveillance ou la détection automatique d'incidents, mais également la télécommande des équipements "d'action", tels que les panneaux à messages variables ;

- *Au niveau des échanges entre différentes applications dans un même centre de gestion (niveau IV)* : le LCR s'applique essentiellement aux échanges de données de trafic, entre frontaux d'acquisition et applications

informatiques (exemple : concentrateur MI2 et application synoptique), mais d'autres équipements peuvent être concernés (les matrices vidéo, par exemple). En outre, certains gestionnaires ont fait le choix de généraliser le LCR à toutes les applications gérées par leur centre (MARIUS à Marseille) ;

- *Au niveau des échanges entre différents centres de gestion d'un même réseau (niveau III) et entre différents gestionnaires de réseaux (niveau II) :* le LCR est utilisé exclusivement pour les échanges de données de trafic ;

- *Au niveau des échanges entre différents gestionnaires de réseaux nationaux (niveau I) :* des spécifications européennes DATEX II ont été définies, tant pour les échanges de données événementiels que ceux de données mesurées (comptage, météorologie) ou calculées (niveau de service, temps de parcours). Elles ont vocation à devenir des normes européennes. Ces spécifications sont destinées à l'échange d'information, mais ne couvrent pas le champ de la commande des équipements.

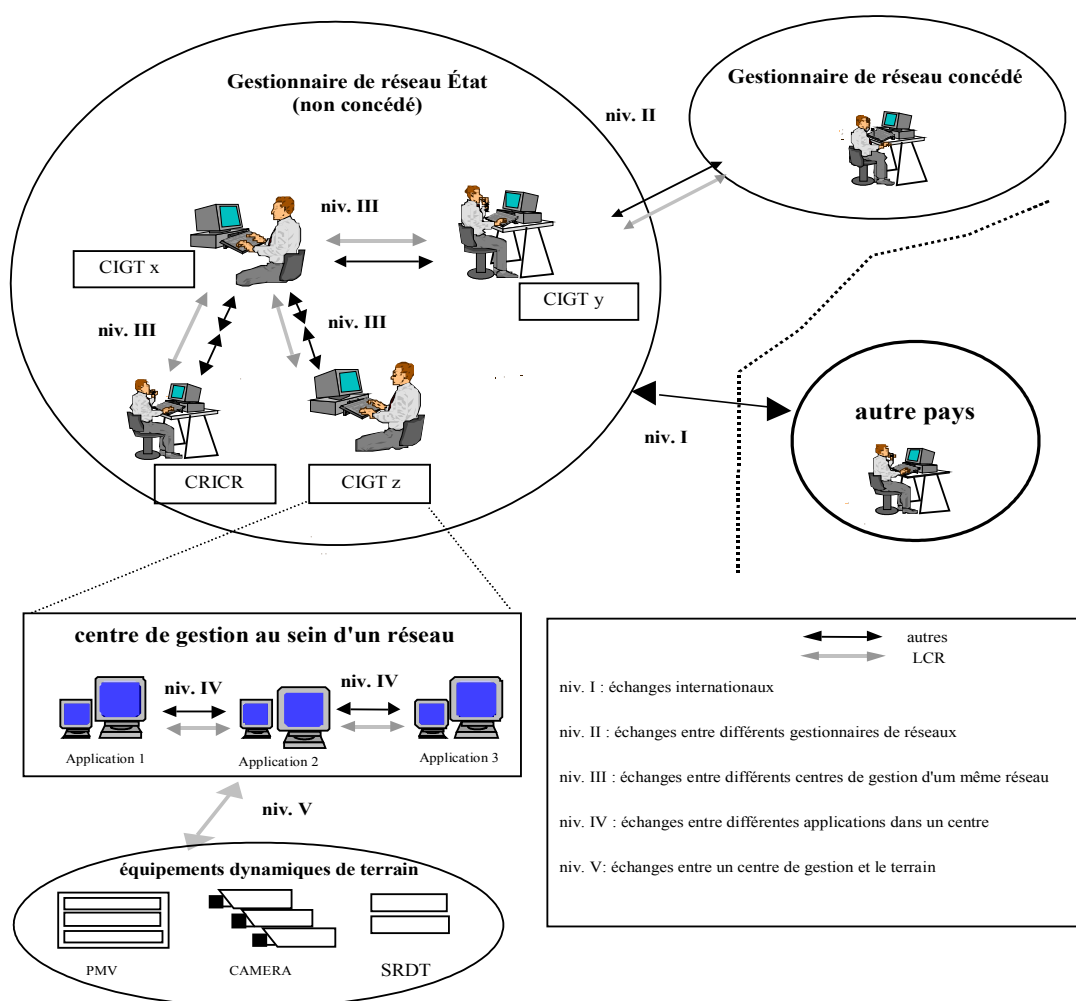


Illustration 8: Niveaux d'échanges de données

Actuellement le LCR est exclusivement utilisé pour les échanges de données de trafic au niveau national.

En outre, dans un contexte urbain ou péri-urbain où la régulation par feux de carrefour est prédominante, d'autres normes sont applicables. Il s'agit de la norme NF P 99-071 et de ses compléments, regroupées sous la terminologie DIASER.

Dans un contexte d'interconnexion croissante des applications et des centres de gestion du trafic, la standardisation des langages et protocoles de communication doit se poursuivre à tous les niveaux.

La démarche de standardisation LCR présente l'inconvénient d'être purement française. Cependant, elle peut être considérée comme bien avancée dans son domaine.

La normalisation européenne devrait de son côté se développer pour couvrir l'ensemble des besoins d'échange des niveaux internationaux. Une concertation a été lancée par les allemands et les hollandais pour savoir si un langage de commande européen pouvait être mis en place. Cette démarche n'en est qu'à ses débuts (juin 2012) mais une réelle volonté d'échange paneuropéen se développe, afin d'arriver à un format d'échange commun, comme cela a pu se faire dans d'autres domaines scientifiques.

La liste de normes LCR réalisées durant les quinze dernières années et les travaux en cours se trouve sur le site Equidyn [B2].

Les classes de performances des capteurs

Les classes de performances des capteurs de recueil de données trafic sont issues d'une norme française parue en 1997 de référence NF P 99-300, du COST323 et de l'OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale). Ces normes définissent et présentent les classes d'exactitude par nature de mesures.

Les mesures sont codifiées par une notation usuelle, un code et sont assorties de domaines d'application. Elles s'appliquent à tous les capteurs en faisant abstraction de la technologie ou du type d'usage.

Voici trois tableaux récapitulatifs des principales classes d'exactitude pour les trois grandes catégories de recueil de données : le recueils de données individuelles, le recueil de données agrégées temporellement et le recueil de poids.

Mesures individuelles

Notation usuelle	Nature de la mesure	Code	Unité	Domaines d'application	Classes d'exactitude			
					A	B	C	D
H	Horodatage (entrée, sortie)	GI, HI	h,min,s,cs		≤ 3cs	≤ 10cs	≤ 20cs	> 20cs
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
PE	Poids d'un essieu (simple)	PE	dt	PTTR > 3,5 t et PE > 2 t	≤ 8%	≤ 15%	≤ 20%	≤ 30%...
PTRR	Poids total roulant réel	PI	dt	PTTR > 3,5 t	≤ 5%	≤ 10%	≤ 15%	≤ 25%...

Tableau 9: Classes de performances des capteurs (mesures individuelles)

Mesures agrégées temporellement

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	TT	%		≤ 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%
TC	Taux d'occupation classifié	TC	séq/séq		≤ 5%	≤ 10%	≤ 20%	> 20%
PT	Poids total roulant moyen	PT	dt	V > 30 km/h et PTTR > 3,5 t PE > 2 t	≤ 2%	≤ 5%	≤ 10%	> 10%
QL	Débit du trafic lourd	QL	véh/séq	voir norme	≤ 3%	≤ 10%	≤ 15%	> 15%

Tableau 10: Classes de performances des capteurs (mesures agrégées)

Pour toutes les mesures classifiées, les exactitudes s'appliquent à chacune des catégories de classification.

Mesures de poids

Critères (types de mesures)	Domaine d'utilisation	Classes de précision :						
		Largeur de l'intervalle de confiance δ (%)						
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
1. Poids total	Poids total > 35kN	5	7	10	15	20	25	> 25
Poids de l'essieu	Poids d'essieux > 20kN							
2. Groupe d'essieux		7	10	13	18	23	28	> 28
3. Essieu simple		8	11	15	20	25	30	> 30
4. Essieu de groupe		10	14	20	25	30	35	> 35

Tableau 11: Classes de performances des capteurs (mesures de poids)

Ces classes d'exactitude sont utilisées lors des expérimentations de capteurs. Elles se retrouvent donc dans les fiches d'expérimentation évoquées dans le chapitre IV. La détermination des classes et des intervalles de confiance lors des expérimentations est décrite au chapitre IV.1.3.2. Classes d'exactitude et intervalles de confiance.

Il est à noter pour les exploitants et concessionnaires de réseaux routiers, que ces classes d'exactitude ont été créées dans l'objectif de proposer des solutions techniques de recueil de données présentant des précisions adaptées aux différents domaines d'utilisation.

Ainsi, on admet, que dans le cadre de l'utilisation d'un système de recueil de données en mode statistiques (données agrégées temporellement) les classes d'exactitude de A à C sont admissibles, l'utilisation de matériels en classe D étant laissée à l'appréciation des gestionnaires en fonction de leurs besoins.

Concernant les modes de recueil de données « individuelles » et « temps réel » à partir de séquences inférieures à une période de 6mn, il est préférable de choisir des systèmes de recueil proposant une précision située dans les classes d'exactitude A ou B.

Pour les mesures de poids, une classe supplémentaire notée E a été introduite par le COST323, qui propose une approche probabiliste des prescriptions de précisions. Cette nouvelle classe permet de qualifier des systèmes qui réalise des recueils à des fins de statistiques et qui ne requièrent pas une grande précision.

Des tableaux de précisions complémentaires prescrits par l'OIML définissent les règles d'installation et de mise en service pour les systèmes de pesage à basse vitesse (à fonctionnement automatique) sur des aires dont les opérations de pesée ainsi que la vitesse des véhicules sont contrôlées. Le tableau prescrivant les précisions attendues pour les six classes d'exactitude est le suivant (OIML R134-1) :

Classe d'exactitude	Pourcentage de la masse de véhicule total	
	Vérification primitive	Inspection en service
0,2	± 0,10 %	± 0,20 %
0,5	± 0,25 %	± 0,50 %
1	± 0,50 %	± 1,00 %
2	± 1,00 %	± 2,00 %
5	± 2,50 %	± 5,00 %
10	± 5,00 %	± 10,00 %

Tableau 12: Précisions pesage à basse vitesse

Contrairement au tableau du COST323, les prescriptions du tableau ci-dessus s'appliquent à 100% des mesures et non à une partie seulement des observations situées dans un intervalle pour lequel la probabilité d'appartenance est fixée en amont (c'est-à-dire Niveau de confiance : 95% par exemple).

Chapitre III

Les capteurs de recueil de données de trafic routier

Les variables caractérisant le trafic routier sont nombreuses. Les configurations et les géométries de chaussées sont également déterminantes dans le choix d'un système de recueil de données de trafic. Ce chapitre se propose de présenter de manière synthétique les différentes grandes technologies de recueil de données de trafic.

Une attention particulière est portée sur les principes de fonctionnement, sur l'intrusivité des capteurs et sur la description des mesures disponibles, associées aux limites de fonctionnement pour chaque technologie.

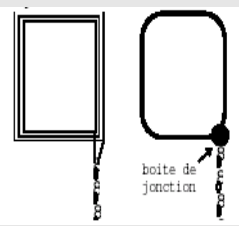
1 - Les différentes technologies

Ce chapitre présente les principales technologies de recueil de données de trafic. On recense trois catégories de capteurs :

- les capteurs intrusifs : lorsqu'ils sont posés en chaussée
- les capteurs intrusifs : lorsqu'ils ne nécessitent pas un travail sur la chaussée
- les capteurs embarqués : capteurs à l'intérieur du véhicule (à noter qu'il s'agit là de capteurs spécifiques et non d'équipements dont la donnée pourrait être utilisée pour du recueil de données trafic, comme les téléphones mobiles par exemple, voir chapitre V).

1.1 - Les capteurs intrusifs

1.1.1 - Les capteurs à boucles inductives



Principe de fonctionnement

Ce capteur intrusif est composé d'une ou de plusieurs boucles inductives dont la forme la plus répandue en Europe est le rectangle ainsi que d'une queue de boucle. Chaque boucle est constituée de plusieurs spires (3 pour le standard SIREDO) de fil de cuivre multibrins étamé d'une section de l'ordre de 1 à 2 mm² (1,34mm² pour le standard SIREDO). Le fil utilisé présente un revêtement PVC hautement isolant. 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. La queue de boucle est la portion de la paire de fils située entre l'extrémité de la boucle et l'unité de détection. Cette paire de fils est torsadée et blindée à raison de 10 spires aux mètres pour éviter les champs magnétiques perturbant. La boucle est placée en chaussée à 7cm (standard SIREDO) en dessous de l'enrobé ou du rez de la dalle béton. 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 champ magnétique rayonnant autour la boucle et au dessus de la chaussée (circuit résonnant).

A chaque passage d'un véhicule au dessus de la boucle, la masse métallique en mouvement du véhicule perturbe le champ magnétique rayonnant, ce qui a pour effet de modifier le courant induit de la boucle et donc la fréquence du signal électrique émis. Ce décalage de fréquences est converti en tension à l'aide d'une boucle à verrouillage de phase. Cette dernière est seuillée pour fournir un signal « tout ou rien » directement lié à la présence du véhicule. A l'aide de deux boucles inductives, il est possible de déduire la vitesse du véhicule ainsi que sa longueur. Des boucles plus étroites permettent de déduire la silhouette de chaque véhicule en détectant leurs essieux.

Mesures disponibles

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

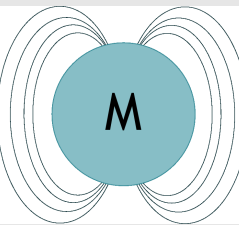
Limites de fonctionnement

Facteurs perturbant les détections : champs magnétiques, véhicules circulant à basse vitesse (inférieure à 5km/h), véhicules très proches les uns des autres et remorques, véhicule présentant une garde au sol importante, très petit gabarit de véhicules.

Technologies connexes

Magnétomètres

1.1.2 - Les capteurs « magnétomètres » en chaussée



Principe de fonctionnement

Ce capteur intrusif intègre de très petites self pouvant être réalisées sur des circuits imprimés de très petite taille. Il fonctionne grâce à une analyse de la variation du champ magnétique terrestre causée par le passage des véhicules (comme une boussole). Le signal délivré par le capteur est un signal électrique proportionnel aux variations du champ magnétique terrestre sur les 3 axes x, y et z. Une de ses particularités réside donc dans sa petite taille (quelques centimètres). De forme cylindrique en général, il est souvent posé en chaussée via un petit 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. Tout comme pour les boucles inductives, plusieurs capteurs posés à plusieurs mètres d'intervalle sur le profil en long de la chaussée permettent de déduire d'autres natures de mesure (vitesses, etc.). Plusieurs capteurs posés suivant le profil en travers de la chaussée permettent de mesurer une « signature magnétique » de chaque véhicule. La liaison de ce type de capteur avec son point de collecte est réalisé en général en mode « sans fil » à l'aide d'une liaison radio très basse consommation. Par ailleurs, les mesures des magnétomètres sont également influencées par la température de chaussée. Cette influence est prise en compte dans le traitement des signaux électromagnétiques.

Mesures disponibles

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

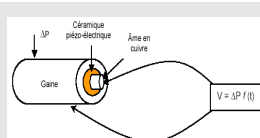
Limites de fonctionnement

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

Technologies connexes

Boucles inductives

1.1.3 -Les capteurs à effet « Piézo-électrique »



Principe de fonctionnement

Ces capteurs intrusifs présentent la propriété physique qu'ont certains matériaux diélectriques de générer une tension sous l'effet d'un déplacement de charges électriques lorsqu'ils sont soumis à une contrainte mécanique. Cette tension électrique U est proportionnelle à la pression exercée sur le capteur (force que nous appellerons pression P par la suite). Trois types de capteurs sont utilisés aujourd'hui pour cette technologie : les capteurs céramiques, les capteurs quartz et les capteurs polymères. Le capteur piézo-électrique à base de céramique est très utilisé aujourd'hui dans le domaine du trafic routier. Ce capteur est conditionné sous la forme d'un câble coaxial comportant une gaine et une âme conductrice en cuivre. Ce câble est inséré de manière transverse dans la chaussée, il est enrobé dans un barreau de résine pour qu'il conserve sa rigidité, la tension électrique créée dans la céramique lorsque la force d'impact des pneus d'un véhicule lui est appliquée est mesurée entre l'âme et la gaine. L'effet piézo-électrique est observable également sur des matériaux autres que la céramique, et notamment sur les polymères à l'aide de films de matière plastique à haute résistivité et le quartz qui possède cette propriété naturelle.

Mesures disponibles

Ce type de capteur permet de mesurer le poids à l'essieu, au groupe d'essieu, le poids total, la silhouette, le débit, la vitesse, la distance inter-essieux et la position du véhicule dans la voie.

Limites de fonctionnement

Facteurs perturbant les mesures : véhicules très proches les uns des autres (et remorques), véhicules mal positionnés dans la voie et très petit gabarit de véhicules présentant de faibles forces d'impact.

Technologies connexes

Capteurs résistifs

1.1.4 -Les capteurs à Tubes pneumatiques



Principe de fonctionnement

Il s'agit de capteurs faiblement intrusifs. Les capteurs à tubes pneumatiques sont utilisés exclusivement dans le cadre de recueils de données de trafic temporaires. Ces capteurs se présentent, pour les plus courants, sous la forme de 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. Les tuyaux sont attachés à l'aide de collier et de tire-fonds sur la chaussée dans l'enrobé. Le principe de fonctionnement est simple, 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 électro-pneumatique 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.

Mesures disponibles

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

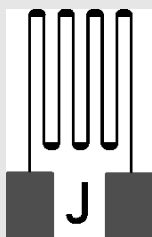
Limites de fonctionnement

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.

Technologies connexes

Capteurs hydro-acoustiques

1.1.5 -Les capteurs à « Jauges de contraintes »



Principe de fonctionnement

Ces capteurs intrusifs présentent la propriété physique qu'ont certains matériaux conducteurs de voir leur résistivité électrique varier lorsque qu'une pression leur est appliquée. Cette résistivité électrique r est proportionnelle à la pression P exercée sur le capteur.

Utilisation des jauges de contraintes pour le pesage en marche des ponts instrumentés:

Les systèmes de pesage en marche par ponts instrumentés ont été développés à la fin des années 70 à l'université Case Western Reserve de Cleveland. Le système développé utilise des jauges de déformation (appelées aussi jauge de contrainte) sur les principaux éléments longitudinaux du pont. Les jauges sont placées à mi-portée sur les semelles inférieures des poutres selon un axe perpendiculaire à celui du pont. Les signaux de chaque jauge sont sommés pour obtenir le signal correspondant au moment fléchissant total du pont. Le principe de pesage en marche porte sur la résolution du problème inverse, c'est à dire que la réponse de la structure (le moment fléchissant) est mesurée et la charge ayant provoqué ce moment est calculée, en considérant que la vitesse du poids lourd reste constante. Le système fournit les mesures des charges aux essieux, la position latérale du poids lourds sur le pont, la silhouette du véhicule, sa vitesse et son accélération.

Cette technique présente de nombreux avantages : il n'y a pas de capteurs installés sur la chaussée, l'installation et maintenance du système est possible sous trafic et en sécurité, le système est non détectable par les chauffeurs de poids lourds, le coût de ces systèmes est avantageux en comparaison aux autres techniques de pesage en marche, la discrétion du système peut limiter le vandalisme.

Mesures disponibles

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

Pour certains systèmes, le poids par essieux

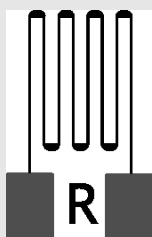
Limites de fonctionnement

Fortes dynamiques de véhicules ou de chaussées.

Technologies connexes

Capteurs résistifs

1.1.6 -Les capteurs Résistifs



Principe de fonctionnement

Ces capteurs intrusifs sont basés sur le principe de la variation d'une mesure de résistivité électrique. Une pression exercée sur deux surfaces conductrices séparées par un composant diélectrique élastique provoque un rapprochement voire un contact faisant varier la résistivité.

L'application la plus connue est le tapis détecteur de piétons utilisé dans de nombreux domaines. Dans le domaine de l'exploitation de trafic, il trouve son usage en milieu urbain :

- Sur les passages piétons implantés en section courante et non équipés de feux ;
- Sur les carrefours équipés de feux, pour l'adaptation du « temps de vert piéton ».

Mesures disponibles

Détection de piétons, temps de présence.

Limites de fonctionnement

Sans objet.

Technologies connexes

Jauges de contraintes

1.1.7 -Les capteurs à « Fibres optiques »



Principe de fonctionnement

Les capteurs à fibre optique sont définis selon la norme NF C 93-800 (1991) : « Un capteur à fibre optique est un dispositif comprenant une ou plusieurs fibres, permettant de recueillir des informations représentatives de grandeurs mesurées sans autre apport d'énergie que celui des phénomènes observés et/ou des ondes lumineuses circulant dans la (ou les) fibre(s) ».

Deux qualifications s'emploient :

- intrinsèque : lorsque la fibre est le transducteur ;
- extrinsèque : lorsque l'élément transducteur n'est pas sur la fibre optique.

Une gaine mécanique est rajoutée à la fibre afin de la protéger. Cela permet de créer le mesurande par contrainte à chaque passage de véhicule.

Afin de récupérer l'information, soit on a une transmission (i.e. La fibre traverse la route et le détecteur est à l'autre bout de la fibre) soit par réflexion (une source émet un signal lumineux dans la fibre optique de transmission. Ce signal traverse le capteur à fibre optique qui réfléchit ou rétrodiffuse ce signal) avec une source et un détecteur côte à côte.

Différentes techniques de modulation permettent de faire varier l'onde lumineuse selon le capteur :

- modulation d'intensité : variation du signal lumineux ou fonctionnement en tout ou rien ;
- modulation de phase : variation de la phase du signal lumineux ;
- modulation de polarisation : polarisation de l'onde ;
- modulation de fréquence, de temps : changement de la fréquence de l'onde

Mesures disponibles

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

Limites de fonctionnement

avantages :

- une insensibilité aux perturbations électromagnétiques ;
- une isolation électrique entraînant une plus grande sécurité dans son fonctionnement et dans son installation ;
- un temps de réponse rapide ;
- un poids faible par rapport au cuivre notamment ;
- une large plage de mesures possibles ;
- une mesure pouvant être sans contact et sur une longue distance ;
- une absence d'alimentation au point de mesure.
- faible perte de signal
- communication bidirectionnelle.

Inconvénients:

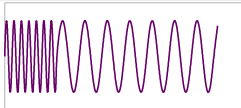
- pertes engendrées par la courbure de la fibre
- fragilité et coût des connecteurs
- mesures par contact.

Technologies connexes

Sans objet

1.2 - Les capteurs non-intrusifs

1.2.1 - Les capteurs hyperfréquences utilisant l'effet Doppler



Principe de fonctionnement

Système non-intrusif installé en accotement de chaussée, sur mât, ou portique. Un train d'ondes électromagnétiques pulsées est émis à une fréquence de l'ordre de 10 et 25GHz par une antenne radar en direction d'un véhicule. Au contact du véhicule, l'onde est réfléchiée et renvoyée modifiée vers le capteur.

L'onde renvoyée par le véhicule permet de calculer la vitesse à partir du décalage de fréquence entre le signal émis et reçu. 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 permet de distinguer la silhouette des véhicules (VL/PL). Le capteur peut aussi estimer la longueur du véhicule. Pour analyser le trafic sur plusieurs voies simultanément, il est nécessaire de choisir un matériel disposant de plusieurs « canaux » radars (à raison d'un canal utile par voie).

La distance de détection d'un véhicule est variable selon le matériel ; des distances comprises entre 50m et 150m sont généralement proposées par les constructeurs.

Mesures disponibles

Débit, vitesse, débit classifiés (VL/PL) la classification est faite à partir de la longueur ou du SER.

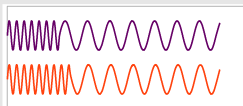
Limites de fonctionnement

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.

Technologies connexes

Sans objet

1.2.2 - Les capteurs hyperfréquences utilisant deux antennes



Principe de fonctionnement

Système non-intrusif installé généralement en hauteur, face ou perpendiculairement aux voies de circulation. Un train d'ondes électromagnétiques pulsées est émis à une fréquence de l'ordre de 3 à 30 GHz (Super High Frequency ou SHF) par deux antennes radar. Au contact du véhicule, l'onde est réfléchiée et renvoyée modifiée vers le capteur.

Dans le cas d'un capteur utilisant deux faisceaux, de la même façon que les boucles électromagnétiques, les mesures se font par l'analyse des temps de présence et des temps de coupure entre des faisceaux. (formant l'équivalent de deux barrières). En mesurant le temps de renvoi d'un train d'ondes pulsées, il est possible de mesurer une distance d'un véhicule coupant les faisceaux du radar pour indiquer sa voie de circulation.

Mesures disponibles

Cinémomètre bi-faisceaux hyperfréquence délivrent des données équivalentes à celles qui sont fournies par des stations à boucles électromagnétiques.

Limites de fonctionnement

Limites semblables aux capteurs n'utilisant qu'une seule antenne. Les essais de ce type de matériel montrent une forte similitude avec les stations à boucles électromagnétiques.

Technologies connexes

Sans objet

1.2.3 - Les capteurs Laser



Principe de fonctionnement

Un Laser est appareil émettant un rayonnement lumineux puissant non visible, amplifié par une « émission stimulée » à l'aide de deux miroirs partiellement et totalement réfléchissant. Une des particularités du Laser est sa pureté spectrale et la possibilité d'obtenir une émission autour d'une seule longueur d'onde. Les Lasers sont classés en six familles pour de nombreux domaines d'application mais les capteurs Laser appliqués à la détection de véhicules peuvent être classés en trois classes : les Lasers à balayage, les Lasers monopoint à faisceau conique ponctuel et 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 installés 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 Classe1/1M.

Mesures disponibles

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

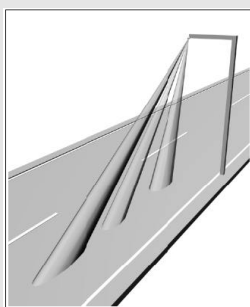
Limites de fonctionnement

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.

Technologies connexes

Capteurs Infra-Rouge

1.2.4 -Les capteurs à Infra-Rouge actifs et passifs



Principe de fonctionnement

L'infrarouge est un rayonnement électromagnétique situé dans une région spectrale invisible à l'œil humain. Dans son application liée au recueil de données de trafic routier, ces capteurs sont à distinguer en deux grandes familles: les capteurs IR passifs dont le principe de fonctionnement est la réception selon une longueur d'onde choisie comprise dans la bande de longueur d'onde IR thermique ($3\mu\text{m} < \lambda < 15\mu\text{m}$), et les capteurs de type IR actifs basés sur le principe de l'émission et de la réception d'un faisceau modulé et dont la longueur d'onde est comprise dans la bande dite IR proche ($0,8\mu\text{m} < \lambda < 3\mu\text{m}$).

1- Les capteurs IR passifs.

Ces capteurs sont composés de trois parties : un capteur pyroélectrique sensible au rayonnement infrarouge, une lentille de Fresnel - parfois associée à un miroir - chargée de faire converger les rayons sur le capteur, et une partie électronique dont le rôle est de traiter le signal issu du capteur. Cette technologie repose sur le fait, que tout corps portée à une température au dessus du zéro degré Kelvin dégage une énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. Ainsi, le véhicule est un objet détectable puisqu'il émet une source de chaleur importante et notamment au niveau de son moteur et de son pot d'échappement. La cible est détectée lorsqu'elle émet une longueur d'onde incluse dans la plage de sensibilité du capteur. Ainsi, ce type de capteur permet la détection de présence de véhicules, et proposent des applications variées telles que le comptage et la régulation du trafic, et la commande de feux tricolores. Ces capteurs sont de type non-intrusif et, en fonction du besoin, sont installés en accotement ou en surplomb des voies de circulation.

2- Les capteurs IR actifs.

Ces capteurs sont constitués d'une partie émettrice et d'une partie réceptrice. L'émetteur est une diode électroluminescente (DEL) qui émet un pinceau lumineux plus ou moins fin selon son application. Cet émetteur peut être un laser dont l'avantage et de pouvoir travailler dans un domaine proche du visible. En effet, le faisceau n'est pas visible pour l'utilisateur puisque sa longueur d'onde cible est dans l'IR, pourtant le phénomène de dispersion de cette longueur permet de distinguer, lors du réglage de l'alignement du capteur, une partie visible du faisceau de couleur rouge. De plus, la directivité du faisceau issu d'une DEL laser garantit une précision de mesure notamment pour la vitesse. Le capteur IR actif est utilisé selon trois modes de détection : le mode vis à vis, le mode réflex et le mode de proximité. L'ensemble émetteur/récepteur est dissocié en deux modules en mode vis à vis, ou combiné dans un même boîtier en mode réflex (utilisation d'une surface réfléchissante) et en mode de proximité (réflexion du faisceau sur le véhicule). Cette technologie a plusieurs applications dans le domaine routier telles que la réalisation de barrières optiques, de télémètres, et de cinémomètres laser de contrôle routier.

Mesures disponibles

Capteur IR passif : débits, vitesses.

Capteur IR actif : débits, vitesses, longueurs, temps de présence, taux d'occupation, temps et distance inter-véhiculaire, distance capteur/véhicule.

Limites de fonctionnement

Les capteurs de type IR passif offrent une faible précision des mesures de vitesse et de débit.

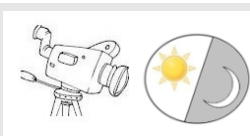
Pour les capteurs de type IR actif, le faisceau étroit du rayon lumineux émis ne permet pas de détecter tous les véhicules notamment les deux roues motorisés. Lorsque le mode de détection utilisé est en mode de proximité certains véhicules très sombres ne sont pas détectés. Le faisceau est également sensible à la pluie et particulièrement aux projections d'eau s'il est placé en bord de voie.

Technologies connexes

Capteurs Laser

1.2.5 -Les capteurs Vidéo

Les capteurs Vidéo visibles et infrarouge



Principe de fonctionnement

Le principe de base est de paramétrer sur l'image de la route des boucles virtuelles dont le comportement sera analogue aux boucles inductives (électromagnétiques) standards. A ceci près que ce n'est plus la masse métallique qui est détectée mais la présence de groupes de pixels. Afin d'améliorer les performances globales du système, d'autres techniques de traitement d'image sont appliquées afin d'éliminer le bruit dans l'image, mais surtout de déterminer les mouvements des groupes de pixels, d'extraire les contours des objets, les reconnaître et les classer via des processus de reconnaissance des formes. D'autres processus de traitement d'image comme l'extraction des ombres ou des halos et faisceau de phare viennent également renforcer la fiabilité de ses systèmes, spécialement pour le recueil de données précis par voie et le calcul de longueur de véhicule.

Les caméras utilisées pour l'acquisition des séquences d'images sont toutes matricielles. Dans le domaine visible, deux types de capteur sont utilisés, les CCD et les CMOS. De par leur nature, les capteurs CCD sont plus sensibles que les CMOS, mais il sont aussi plus coûteux. Toutefois, le développement des applications vidéo et de la demande dans les capteurs rendent, de nos jours les capteurs CCD plus abordables tout en ayant bénéficié d'améliorations effaçant leurs défauts tels que la lecture séquentielle, ainsi, les fonctions de pilotage et de traitement sont plus facilement intégrables sur le support du capteur. De nos jours, les capteurs CCD permettent d'avoir des caméras HD en couleur. Toutefois, ces caméras sont réservées au cas où il y ait un éclairage minimal de la scène.

Dans le cas où les caméras sont utilisées dans un environnement sombre, il est généralement choisi de travailler dans le domaine infrarouge non-visible. Les capteurs utilisés sont également de type CCD (mais sans filtre infra-rouge) et un illuminateur permet d'avoir une source de lumière infrarouge (non visible par l'œil humain) qui est diffusée sur la scène visée. C'est la réflexion des sources infrarouges qui permet de constituer une image en niveau de gris sur la caméra. Cette technique ne permet pas d'obtenir d'image couleur, mais permet de s'affranchir des conditions de luminosité par des réglages auto-adaptatifs.

Une dernière technologie apparue sur le marché est la caméra dite jour/nuit (day & night). Ces caméras ont des capteurs de type CCD, très sensibles, et ont la particularité d'avoir un filtre infrarouge amovible. Ainsi, la caméra peut faire une acquisition couleur lorsque les conditions lumineuses sont suffisantes et passer automatiquement (ou manuellement) en vision de nuit (niveau de gris) pour exploiter le domaine infrarouge et garder une bonne sensibilité. Dans ce dernier cas, le fonctionnement

peut se faire par les sources passives, l'émission naturelle des objets et les faibles sources présentes, ou par une source active (illuminateur) qui leur est couplée. Toutefois, peu de (voire aucun) systèmes intègrent des algorithmes de traitement d'image pouvant fonctionner à la fois dans les deux domaines dans le cadre du recueil de données de trafic.

Mesures disponibles

Selon les matériels : débit tous véhicules, débits VL/PL, taux d'occupation, temps inter-véhiculaire, distance inter-véhiculaire et vitesse, par sens et par voie. Le séquençement des mesures recueillies dépend du module de traitement électronique couplé au compteur. Possibilité, selon les constructeurs, de distinguer les véhicules en quatre classes et de distinguer les 2RM et de donner des niveaux de qualification de trafic. Possibilité également de mesurer les longueurs de queues, de repérer des trajectoires particulières (mouvements tournants) d'intégrer les fonctions de DAI (DAB, véhicule arrêté, contre-sens, ...) et de détecter les piétons.

Limites de fonctionnement

Sensibilité aux conditions météorologiques (pluie, neige), aux illuminations fortes (soleil rasant) ou changeantes, aux masquages et occlusions (végétation, véhicules de grands gabarits), aux flous de bougé (occasionné par le support). Résultats dépendant de l'implantation, en bord de voie, terre plein central ou en surplomb. Nécessité de maintenance : Nettoyage de la vitre du caisson de caméra. Dans le cas des PL, il n'y a pas de distinction entre un camion et un autocar. Il n'est également pas possible, à ce jour, de déterminer la catégorie de PL et/ou de compter le nombre d'essieux.

Technologies connexes

Algorithmes de traitement d'image et vision par ordinateur

Les capteurs spécialisés dans la Lecture Automatique de Plaques d'Immatriculation (LAPI) visible et infrarouge



Principe de fonctionnement

En règle générale, les systèmes de Lecture Automatique de Plaque d'immatriculation (LAPI) utilisent, en cascade, deux techniques de traitements d'image : La détection d'objet pour repérer les plaques d'immatriculation potentielles suivi de la reconnaissance optique de caractère afin d'identifier les caractères alphanumériques de la plaque. Dans quelques cas, la LAPI est couplée à une phase de détection/reconnaissance de véhicule afin de renforcer les performances de la détection de plaques. Afin d'accélérer et d'améliorer les performances de la phase de détection des plaques, une technique courante est d'utiliser un a priori sur les zones potentielles de détection et de réduire la recherche, par l'analyse des localisations des détections précédentes, dans le cadre des caméras ayant une prise de vue large (plusieurs voies).

Les caméras utilisées pour l'acquisition des séquences d'images sont toutes matricielles. Dans le domaine visible, deux types de capteur sont utilisés, les CCD et les CMOS. Dans le cas où les caméras sont utilisées dans un environnement sombre, il est généralement choisi de travailler dans le domaine infrarouge non-visible. Les capteurs utilisés sont également de type CCD (mais sans filtre infra-rouge) et un illuminateur permet d'avoir une source de lumière infrarouge (non visible par l'œil humain) qui est diffusée sur la scène visée. C'est la réflexion des sources infrarouge qui permet de constituer une image en niveau de gris sur la caméra. Cette technique ne permet pas d'obtenir d'image couleur, mais permet de s'affranchir des conditions de luminosité par des réglages auto-adaptatifs. Dans la plupart des cas, ce sont des caméras en niveaux de gris couplées avec un illuminateur infrarouge qui sont utilisées. Toutefois, dans le cas de prises de vue orientées pour l'analyse de trafic, on commence à voir apparaître l'utilisation de caméras HD couleurs (voire jour/nuit) utilisées sans illuminateurs infrarouges.

Dans le cadre des dispositifs de LAPI, plusieurs solutions matérielles sont proposées :

- l'utilisation d'une caméra en champ proche, qui ne filme alors qu'une seule voie de circulation. Ceci permet d'avoir un capteur abordable et un traitement d'image facilité, mais impose d'avoir autant de capteurs que de voies de circulation.
- l'utilisation d'une caméra Haute Définition (HD) qui permet de filmer l'ensemble des voies. Ceci, même si le capteur utilisé est plus coûteux, permet de réduire les coûts globaux de maintenance et de mise en place. Toutefois, les performances de ce type de systèmes sont dépendantes de la puissance du calculateur et de l'optique utilisée en fonction du TMJA de la section équipée.

Dans le cadre du Contrôle Automatisé, il est à noter que les caméras utilisées sont des appareils photos numériques (APN) de type CCD (Charge-Coupled Device, dispositif à transfert de charge) de bonne qualité et prenant l'ensemble des voies. Ceux-ci sont couplés à des flashes et la prise de vue est déclenchée par la mesure du dépassement de la vitesse limite autorisée à l'aide d'un cinémomètre. Le traitement des images peut se faire en temps réel ou en post-traitement.

Les dispositifs LAPI fonctionnent aussi bien en latéral (bord de voie ou terre plein central) qu'en surplomb. Ce dernier positionnement est généralement préféré par les industriels car il limite les effets des déformations de l'image et d'éloignements des voies, tout en évitant les masquages occasionnés par les véhicules de grands gabarits. Ces dispositifs sont conçus pour fonctionner aussi bien en rapprochement qu'en éloignement des véhicules. Certains sont capables de gérer les deux sens sur plusieurs voies en même temps.

Mesures disponibles

Temps de parcours, matrice Origine / Destination et selon les matériels : débit tous véhicules, taux d'occupation, temps inter-véhiculaire, vitesse, par sens et par voie. Le séquençement des mesures recueillies dépend de la logique développée par l'industriel. Vitesse moyenne sur une section de route. Mais également d'autres applications : péages automatiques, contrôle d'accès et gestion des parkings, identification des véhicules volés et d'usurpation de plaques (dispositifs intégrés dans les voitures de police et associés à des algorithmes de reconnaissance des véhicules : marque, modèle, couleur), vérification des temps de pause des PL, suivi du transport des matières dangereuses, etc.

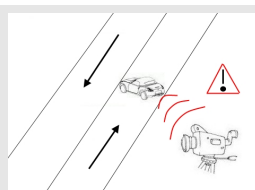
Limites de fonctionnement

Sensibilité aux conditions météorologiques (pluie, neige), aux illuminations fortes (soleil rasant) ou changeantes, aux masquages et occlusions (végétation, véhicules de grand gabarits), aux flous de bougé (occasionné par le support). Résultats dépendant de l'implantation, en bord de voie, terre plein central ou en surplomb. Nécessité de maintenance : Nettoyage de la vitre du caisson de caméra. Les performances sont liées à la qualité du couple capteur/traitements mais aussi aux paramètres physiques du capteur (position de prise de vue, éloignement, ...) et aux paramètres des algorithmes de détection (zone de recherche, ...) et de reconnaissance (seuils de contraste, ...).

Technologies connexes

Algorithmes de traitement d'image et vision par ordinateur

Les capteurs spécialisés dans la Détection Automatique des Incidents (DAI)



Principe de fonctionnement

Certains ouvrages sont équipés d'installations de surveillance télévisées afin d'assurer un contrôle visuel permanent de l'état du trafic. Toutefois, l'opérateur ne peut pas concentrer simultanément son attention sur plusieurs moniteurs. Aussi, dans les années 90, les progrès de l'imagerie numérique ont permis le développement de systèmes de détection automatique d'incidents (DAI) par analyse vidéo. La mise en œuvre de cette fonctionnalité au niveau des postes de surveillance (notamment des tunnels) permet d'assister l'opérateur dans ses missions de contrôle des ouvrages en l'informant de l'apparition d'un événement pouvant être à l'origine d'une situation accidentogène tout en lui donnant l'enregistrement des instants précédant l'incident potentiel. Dans ces conditions, l'opérateur peut déclencher le scénario d'intervention le mieux adapté dans les délais les plus brefs. Le retour d'expérience montre que la DAI par traitement d'image en temps réel est le moyen de détection d'un incident en tunnel le plus performant. Pour les ouvrages disposant d'une surveillance permanente, l'installation de ces systèmes est imposée par la circulaire 2000-63. Sur le reste du réseau, cet investissement est laissé à l'appréciation du gestionnaire.

Une installation de DAI par analyse d'image comporte donc : une ou des caméras, un analyseur traitant les images d'une ou plusieurs caméras, un canal de transmission des signaux, un système d'alerte de l'opérateur avec un ou des moniteurs vidéo et enfin, selon le niveau de complexité et d'intégration, un affichage automatique ou supervisé de l'alerte à destination des usagers via panneaux à messages variables.

Les caméras utilisées pour l'acquisition des séquences d'images sont toutes matricielles. Deux types de capteurs sont utilisés, les CCD et les CMOS, et seul le domaine visible est utilisé. Avec le développement des techniques de capteurs et de processeurs, les performances de traitement augmentant, on commence à voir apparaître l'utilisation de caméras HD couleurs (voire jour/nuit).

Les dispositifs DAI fonctionnent aussi bien en latéral (bord de voie ou terre plein central) qu'en surplomb. Toutefois, les caméras sont généralement installées en bord de voie. Ces dispositifs fonctionnent généralement en éloignement des véhicules. Ainsi, il nécessite l'installation d'une caméra par sens de circulation.

Ces systèmes, qui sont les plus performants, offrent un taux de détection très supérieur à 90% (proche de 98% dans les environnements invariant en luminosité, comme les tunnels) pour un très faible taux de fausses alarmes. L'analyseur détecte directement les incidents et, bien souvent, identifie leur nature, ce qui facilite la décision de l'opérateur. Ainsi un avantage de ce type de système est de repérer rapidement le type de situation à risque, et ce sur toutes les voies de circulation (BAU incluse), tout en identifiant le nombre et le type de véhicules mis en cause. De plus, le temps de détection est de l'ordre de la dizaine de secondes, ce qui en fait le système le plus réactif en comparaison des autres types de systèmes dont les temps de détection sont de l'ordre de la minute. Toutefois, ces systèmes perfectionnés sont sensibles aux conditions d'éclairage (reflets spéculaires, ...), de visibilité et de météorologie. De même, ils sont sensibles au positionnement des caméras et doivent être fixés sur des points assurant une stabilité parfaite de celle-ci, afin d'éviter un flou de bougé. Par exemple, hors tunnel, les caméras étant fixées à des hauteurs d'environ 12 mètres, afin d'avoir un champ large de la route, il convient d'utiliser des poteaux béton afin d'éviter les mouvements.

Deux approches principales sont à distinguer dans le fonctionnement des analyseurs qui effectuent le traitement en temps réel des vidéos :

- l'approche par reconnaissance de forme, après la détection d'objet (véhicule) constitués de zones claires (caisse) et sombres (vitres).
- l'approche par boucle virtuelle qui se fonde sur la présence ou l'absence d'objets (groupe de pixels différents du fond usuel) dans une zone définie et dont le mouvement ou l'absence de mouvements est détecté.

Dans les systèmes modernes, afin d'identifier les principaux événements dont la détection est généralement recherchée, ces deux approches sont combinées afin d'obtenir les meilleures performances. Un suivi des objets en mouvement est également réalisé afin d'identifier les trajectoires

Il est à noter que quelques capteurs de trafic par vidéo ne font pas nécessairement toutes les fonctions des systèmes DAI, mais font souvent de la Détection Automatique de Bouchon (DAB) ou de contre-sens. Toutefois, ceci n'est pas bijectif.

Mesures disponibles

Afin de répondre à la qualification de systèmes de DAI, ce dernier doit pouvoir détecter les types d'incidents suivants :

- Véhicule arrêté : un véhicule sera considéré arrêté s'il roule à une vitesse inférieure à 5 km/h pendant une période définie (de l'ordre de quelques secondes) et ce en tout point de la chaussée.
- Ralentissements brusques.
- Autres arrêts de véhicules (sur BAU par exemple).
- Apparition de fumée : fumée d'une opacité supérieure à 12 km⁻¹ persistante pendant une période de quelques secondes (définie par le gestionnaire).
- Véhicule en contre-sens : véhicule circulant à plus de 5 km/h, en sens inverse de la circulation usuelle sur la voie empruntée, en tout point de la chaussée.
- Objet : objet immobile d'un volume minimum de 0,5 m³ (0,8m x 0,8m x 0,8m), en tout point de la chaussée.
- Piéton : piéton se déplaçant à moins de 5 km/h, en tout point de la chaussée et des trottoirs.
- Cycliste : Deux roues léger se déplaçant à moins de 50 km/h, en tout point de la chaussée et des trottoirs.
- Qualification du trafic : alerte sur bouchons et connaissance en temps réel des conditions de trafic suivant quatre classes (fluide, dense, ralenti, bloqué).
- Trajectoires inhabituelles.

Étant données les prises de vue et la qualité des images, ainsi que les limites en puissance de calcul, ces systèmes sont uniquement orientés DAI et font rarement tourner en parallèle des algorithmes de traitement d'images permettant un recueil précis de données de trafic (Vitesse, Débit, ...). Toutefois, les plus perfectionnés réalisent des mesures de flux de vitesse, de taux d'occupation, de seuil de trafic, de distance Inter-Véhiculaire et de nombre de véhicules dans une zone définie.

Limites de fonctionnement

Sensibilité aux conditions météorologiques (pluie, neige), aux illuminations fortes (soleil rasant) ou changeantes, aux masquages et occlusions (végétation, véhicules de grand gabarits), aux flous de bougé (occasionné par le support). Résultats dépendants de l'implantation, en bord de voie, terre plein central ou en surplomb. Nécessité de maintenance : Nettoyage de la vitre du caisson de caméra. Les performances sont liées à la qualité du couple capteur/traitements mais aussi aux paramétrages physique du capteur (position de prise de vue, éloignement, ...) et aux paramétrages des algorithmes de détection (zone de recherche, ...) et de reconnaissance (seuils de contraste, ...).

Nécessité d'avoir une illumination suffisante (source de lumière visible), donc par éclairage public, pour assurer de bonnes performances. Nécessité de pose en hauteur pour éviter les masquages. Nécessité de pose sur mât fixe lorsque la hauteur est de l'ordre de 12m. Utilisation d'un mât basculant possible pour hauteur inférieure, mais le bouger influence les performances.

Lors des mouvements des caméras PTZ, la DAI devient inactive pendant quelques minutes et retrouve ses performances dès que le système s'est auto-recalibré.

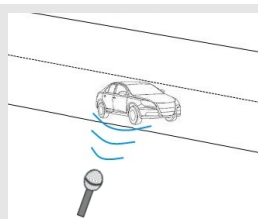
Technologies connexes

Algorithme de traitement d'image et vision par ordinateur

Capteur vidéo visible et infra-rouge

1.2.6 -Les capteurs acoustiques

Les capteurs acoustiques passif (microphone)



Principe de fonctionnement

Ces capteurs détectent les bruits de roulement et / ou de moteur émis par les véhicules. Ces capteurs sont donc peu directifs, et ne peuvent servir que pour détecter la présence ou l'absence de véhicules sur une certaine zone de la chaussée. Il est possible d'avoir une mesure précise, par voie en utilisant un faisceau de capteurs situés à intervalles réguliers en bord de route et associées à un dispositif de traitement de signal relativement complexe. En conséquence, ce type de capteurs est peu utilisé dans l'exploitation courante du trafic. Leur utilisation est préférable en trafic fluide car les congestions créent une pollution sonore trop importante pour permettre une détection précise des véhicules. La classification VL/PL se fait par le volume sonore et l'analyse de la fréquence propre du véhicule.

Certains capteurs de ce type sont utilisés en complément de la vidéo pour palier les baisses de performances de nuit de ces derniers.

Mesures disponibles

Débit tous véhicules, débits VL/PL selon les matériels et vitesse. Le séquençement des mesures recueillies dépend du module de traitement électronique couplé au compteur.

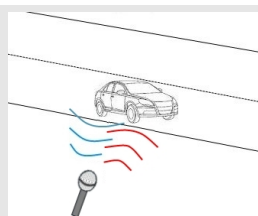
Limites de fonctionnement

Fonctionne en trafic fluide, baisse de performance en congestion. Pas de mesure de vitesse. Uniquement de la présence de véhicule.

Technologies connexes

Capteurs acoustiques actifs

Les capteurs acoustique actifs (à Ultrasons)



Principe de fonctionnement

Ces capteurs sont constitués de couples émetteurs / récepteurs à ultrasons (US) fonctionnant aux environs de 60 kHz, et placés au-dessus de la chaussée. L'émetteur envoie périodiquement un signal impulsif en direction de la chaussée. Ce signal est réfléchi par les véhicules ou par la chaussée vers le récepteur. Ainsi, l'analyse du temps de parcours entre l'émission et la réception permet de détecter la présence ou le passage d'un véhicule. Associé à un analyseur, il est alors possible de représenter la forme du véhicule ou plus exactement le profil en long de ce dernier (par échantillonnage de point) et par le même de déterminer sa longueur. L'avantage de ce capteur est d'être non intrusif et d'avoir de bonnes performances, spécialement en congestion. Ils sont couramment utilisés au Japon.

Mesures disponibles

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

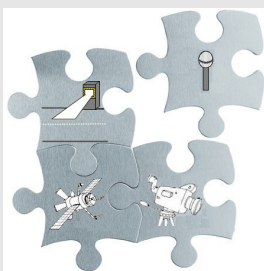
Limites de fonctionnement

Faibles précisions de la vitesse et du taux d'occupation. Non robuste aux conditions météo (brouillard et pluie) qui altèrent le fonctionnement et la précision. Ne fonctionne qu'en surplomb, nécessite un capteur par voie.

Technologies connexes

Capteurs acoustiques passifs

1.2.7 -Les capteurs à « Couplage de technologies »



Principe de fonctionnement

Afin de pallier les imprécisions relatives et les limites des différentes technologies disponibles sur le marché, certains industriels ont décidé de créer des capteurs à couplage de technologie ou « multitechnologies ». Ces capteurs permettent ainsi de combiner les avantages des différentes technologies et de pouvoir annihiler certains inconvénients de chacune d'entre elles. Les précisions et les fonctionnalités de ces capteurs sont ainsi nettement améliorées. On peut citer pour exemple la possibilité de mesurer des véhicules pour toute les classes de vitesses (y compris les basses vitesses 0-50km/h) en croisant des mesures de type *hyperfréquence Doppler* et *acoustiques*.

Les premiers capteurs développés ont utilisés un couplage vidéo et infrarouge afin de pouvoir améliorer les performances de la vidéo de nuit. Désormais on observe jusqu'à quatre ou cinq technologies embarquées dans le même capteur.

Mesures disponibles

Gamme très étendue de natures de mesures possibles en fonction du couplage de technologies réalisé.

Limites de fonctionnement

Avantages

- Meilleures performances et précisions
- Nature de mesures plus étendues
- Nouvelles fonctionnalités

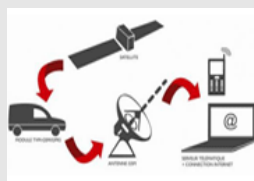
Inconvénients

- Consommation en énergie plus élevée pour certains produits
- La tolérance aux pannes dépend de la technologie la moins fiable
- L'électronique de traitement de signal est plus complexe donc plus sensible et présente une maintenabilité plus faible

Technologies connexes

Sans objet

1.3 - Les capteurs embarqués



Principe de fonctionnement

Ces capteurs mesurent des grandeurs ou des paramètres à bord des véhicules. Ce sont ces capteurs qui instrumentent les « véhicules traceurs ». Ils permettent de fournir des données de position ou de trajectoire et des données de vitesse. Ces données sont issues ; soit de capteurs installés spécifiquement à l'intérieur ou à l'extérieur, soit de données du constructeur automobile qui transitent par le micro réseau du véhicule (Bus CAN). Les mesures peuvent être stockées dans un fichier informatique pour une analyse a posteriori ou bien envoyées en temps réel via un support de communication sans fils (GPRS ou 3G). Ces moyens peuvent être mis en œuvre pour évaluer finement des temps de parcours, estimer des profils de vitesse sur un itinéraire, ou encore renseigner les OD d'une flotte de véhicules...

Mesures disponibles

Les capteurs de position et/ou trajectoire : GPS, centrales inertielles, optiques et vidéo, télémétriques, odomètres.

Les capteurs de vitesse : optiques (Correvit), GPS, Bus CAN du véhicule.

Limites de fonctionnement

Les capteurs embarqués doivent être robustes, ils doivent fonctionner malgré les vibrations, les sollicitation dynamique du véhicule et un environnement avec des brusques variabilités (luminosité, météo, canyon urbain...). La fréquence d'échantillonnage des capteurs est l'élément limitant pour la fourniture de donnée de qualité, le minimum se situant autour des 25 Hz. En dessous de cette valeur, comme en particulier les GPS à 1 Hz, les capteurs donnent des résultats peu précis dès que les variations de vitesse ou de trajectoire sont importantes.

Technologies connexes

Véhicules traceurs, fusion de données

2 - Dispositif de recueil d'information des caractéristiques et fonctionnalités des capteurs

Une enquête auprès des industriels a été réalisée et a permis de rédiger des fiches « capteur », qui permettent de décrire, aux dires des fabricants, les fonctionnalités, les performances liées à ces fonctionnalités, ainsi que les conditions de déploiement et de maintenance des capteurs. Cette enquête sera réalisée de manière régulière mais les fabricants sont invités à transmettre leurs informations dès qu'une mise à jour d'un produit – ou qu'un nouveau produit – est disponible. Cet aperçu des capteurs du marché permet de distinguer différents types de technologies, telles que sont numérotées les fiches « capteur » :

1. Stations de type SIREDO
2. Magnétomètres
3. Radars
4. Infra-rouge
5. Vidéos
6. Multi-technologies
7. Autres

Il n'est pas l'objet de ce rapport de présenter le contenu de ces fiches, qui fera l'objet d'un dispositif spécifique de mise à jour et de communication aux gestionnaires, à mettre en place, en lien avec des fiches présentant le résultat de certaines expérimentations. Cependant, le modèle de fiche « capteur » est présenté en annexe.

Chapitre IV

Évaluation des nouveaux capteurs de trafic routier

Les industriels proposent aujourd'hui une gamme très large de nouveaux capteurs et de systèmes de recueil de données trafic. Ces nouveaux capteurs et systèmes, souvent non-intrusifs, mettent en œuvre de nouvelles technologies de recueil (chapitre III) et fournissent des natures de mesures et des fonctionnalités très diverses d'un produit à l'autre.

Ce chapitre présente dans ses grandes lignes, la méthode mise en œuvre par le Réseau Scientifique et Technique du Ministère en charge des Transports pour réaliser l'évaluation, entre autres, de ces nouveaux capteurs de trafic.

1 - Méthodologie d'évaluation des nouveaux capteurs de trafic

Le CERTU a publié en 2002, un guide méthodologique [A10] ayant pour objectif d'homogénéiser les méthodes et les pratiques de l'évaluation de nouveaux capteurs de trafic routier. Des métrologues et des experts dans le domaine du recueil de données de trafic ont participé à la rédaction de ce guide, qui aborde la conduite des expérimentations sous l'angle de l'évaluation de la performance des capteurs et des systèmes associés.

Ce document, qui fait autorité aujourd'hui dans la conduite des expérimentations au sein du réseau technique, aborde chronologiquement les différentes étapes jalonnant l'évaluation d'un nouveau capteur routier, à savoir :

- les règles de l'élaboration d'un plan d'expérience,
- la conduite d'une expérience,
- l'analyse, la présentation et la restitution des résultats.

Chaque évaluation de capteurs et de systèmes est finalisée par la production d'un rapport d'expérimentation, dont la trame peut être celle décrite dans ce guide méthodologique.

1.1 - L'élaboration du plan d'expérience

Le guide propose de présenter dans un premier temps le matériel à tester, la description de son mode d'installation ainsi que son domaine d'utilisation.

La seconde partie du plan d'expérience consiste en la présentation du site d'essai. Le site est présenté avec les différents objectifs de mesures en fonction du contexte de l'évaluation, des caractéristiques du site et des conditions de trafic. Ainsi, les différentes grandeurs mesurées seront présentées, associées aux systèmes de référence mise en œuvre. Il est à noter que les systèmes de référence choisis devront présenter à minima une précision quatre fois inférieure au système étudié. Des scénarios de tests seront définis avec la définition du nombre de mesures à réaliser. Le nombre de mesures est proportionnel à la classe de précision visée et à la précision de la référence utilisée. Pour exemple, pour qualifier un système de mesures agrégées de débit tous véhicules en classe A ($\pm 1\%$), 30 séries de 400 mesures devront être réalisées. Pour cette même nature de mesure, 30 séries de 40 recueils suffiront à l'étude de la qualification d'un système en classe C ($\pm 10\%$). Le nombre de mesures exigées par série de recueil, pour le calcul de précision en mode « individuel » (longueur par exemple) est de 100. Les scénarios pourront prendre en compte les notions d'états de trafic et de conditions météorologiques par exemple. Pour chaque scénario évalué, 30 séries de mesures devront être réalisées en mode de recueil agrégé et 100 mesures en mode de recueil individuel. Le dernier aspect étudié sera le volet logistique avec l'organisation de l'intervention sur le site d'essai.

1.2 - La conduite de l'expérimentation

Cette phase consiste à dérouler les séries de mesures lors de campagnes menées sur le site d'essai. La conduite de l'expérimentation présentée dans le guide propose de préparer un cahier de consignes ainsi qu'un journal de bord de l'expérimentation. Ces deux outils, dont le premier est issu du plan d'expérience, permettent à la fois de conduire l'évaluation en ayant à l'esprit la démarche à suivre, et, de tracer au fil de l'eau les événements survenus lors des campagnes de mesures. Les modifications éventuelles liées au contexte immédiat sont également prises en notes dans ce journal. Le guide précise également les aspects logistiques pour lesquels les évaluateurs se doivent d'être particulièrement vigilants.

1.3 - L'analyse et la présentation des résultats

1.3.1 - Natures des mesures

Cette étape très importante est abordée de façon très détaillée dans le document du CERTU. Deux grandes natures de grandeurs mesurées sont abordées ici : les variables discrètes binomiales et les variables continues. La première catégorie de mesures correspond à la réponse binaire à une question posée comme par exemple : la détection d'un véhicule par le capteur ou encore l'appartenance d'un véhicule à une classification présente dans une liste. La deuxième catégorie correspond aux variables qui sont susceptibles de prendre toutes les valeurs d'un intervalle fini ou infini. Autrement dit, les mesurages des grandeurs comme le débit, la vitesse individuelle, la longueur, etc.

1.3.2 - Classes d'exactitude et intervalles de confiance

Avant de pouvoir analyser les données, il est impératif de vérifier qu'elles suivent une distribution de loi normale. En effet, les calculs de moyennes et d'écart-types n'ont pas de sens mathématique pour des populations de données qui ne sont pas homogènes.

Pour calculer l'intervalle de confiance ainsi que la classe d'exactitude associée, il convient donc de réaliser un test de normalité des séries de mesures à l'aide par exemple du test W de Shapiro-Wilk. Le test W de Shapiro-Wilk consiste tout d'abord à estimer un paramètre W, calculé à l'aide de la série de données et de coefficients a_i . Ces coefficients sont donnés dans la table B.4b de la norme NF X 06-050.

Pour toutes les séries de mesures il est possible d'en extraire les valeurs aberrantes, mais uniquement si une justification peut être apportée. Le test de Dixon est notamment cité dans le guide pour confirmer la présence de valeurs aberrantes mais ce dernier présente l'inconvénient de ne s'appliquer avec précision qu'à des échantillons de données dont le nombre est faible et de ne pouvoir éliminer qu'une ou deux valeurs aberrantes. Des méthodes de détection plus récentes telles que celles de Grubs ou de Rosner pallient ce problème. Il est important de mémoriser le taux de ces valeurs aberrantes par rapport au nombre total de mesures car un système peut être très précis et afficher toutefois un taux de valeurs aberrantes élevé qui par conséquent dégrade le niveau de performance du capteur.

Le calcul des intervalles de confiance préconisé par le guide est réalisé avec un niveau de confiance p de 95% ($p = 1 - \alpha$) ce qui signifie que 95% des valeurs de la population étudiées et de celles à venir (toute mesure réalisée avec le système) sont situées dans cet intervalle de confiance.

Le coefficient k' qui représente l'intervalle statistique de dispersion bilatéral est choisi en fonction du niveau de confiance p et du nombre de mesures (cf. NF P99-330 et NF X06-032 Table 4). Pour un nombre infini de valeurs, $k' = 1,96$ (cf. illustration 9 – répartition suivant une loi normale).

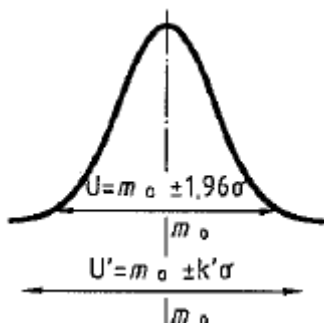


Illustration 9: Répartition suivant une loi normale

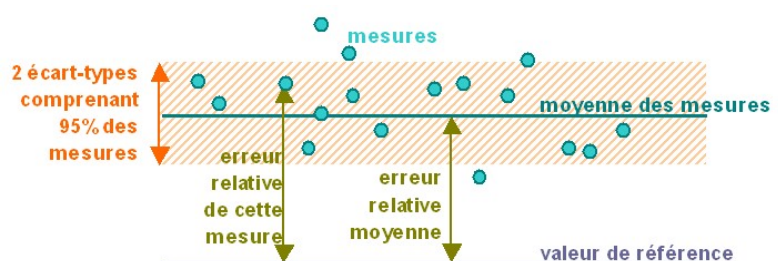


Illustration 10: Erreur relative et écart type

L'intervalle de confiance est donné par la relation suivante :

$U =] m_0 - k'\sigma ; m_0 + k'\sigma [$ avec m_0 : Moyenne des erreurs relatives et σ : écart type.

Les classes d'exactitude sont déduites des calculs des différents intervalles de confiance. La borne dont la valeur absolue est la plus élevée est retenue pour être comparée aux références des classes d'exactitude de la norme NF P 99-300. Une classe de A à D est ainsi déduite pour chaque intervalle d'incertitude (classe de A à E pour les charges).

Il est à noter que la classe de précision ne peut être dissociée de la taille de l'échantillon donc du nombre de mesures réalisées lors de la série de recueils.

La méthodologie détaillée dans le document CERTU trace le chemin à suivre pour évaluer un système mais une grande liberté est laissée quand au plan d'expérience (nombre de mesures à réaliser, nombre de mesures par échantillon, conditions d'essais). Un travail d'homogénéisation est en cours de réalisation pour standardiser les futures évaluations qui seront produites.

2 - Evaluations réalisées par le RST

Ce chapitre présente le processus organisationnel de réalisation des différentes expérimentations réalisées par le RST, classées par type de technologie et par constructeur. Il renvoie aux fiches d'expérimentation, numérotées par date d'expérimentation. Trois modèles de fiches « expérimentation » (voir annexe 2) sont disponibles :

- les fiches de capteurs intrusifs
- les fiches de capteurs non intrusifs
- les fiches pour des technologies DAI.

Le chapitre 2.2. Analyse des fonctionnalités et performances des capteurs présente la méthode d'analyse des principaux résultats en termes de performances et fonctionnalités des différentes expérimentations.

Il n'est pas l'objet de ce rapport de présenter le contenu de ces fiches, qui fera l'objet d'un dispositif spécifique de mise à jour et de communication aux gestionnaires.

2.1 - Groupe « capteurs »

Le groupe dit « groupe capteurs » est un groupe d'échanges et de travail sur le recueil de données trafic. Il s'est réuni pour la première fois en fin d'année 2010 et a notamment pour but d'harmoniser les pratiques d'expérimentation au niveau du RST afin d'appuyer les exploitants routiers de manière optimale.

A cette fin, les compétences présentes dans les différents Cétés ont été identifiées et des Cétés ont été désignés comme référents selon un type de technologie. Cette répartition peut être amenée à évoluer, au fur et à mesure des montées en compétence.

Les Cétés référents sont chargés de faire de la veille sur leur technologie, en termes d'expérimentations en particulier sur le territoire français et de proposer aux services techniques centraux une harmonisation des expérimentations au niveau national afin d'éviter des expérimentations redondantes dans divers Cétés. Ils sont aussi chargés de l'appui aux gestionnaires ou autres utilisateurs. Des Cétés associés ont également été identifiés et seront en appui des Cétés référents pour le suivi des expérimentations.

La présentation des rôles de différents Cétés par type de technologie fera l'objet d'un document réactualisé périodiquement, en lien avec les fiches « capteur » et les fiches « expérimentation ».

Pour l'élaboration du présent rapport, les compétences ci-dessous ont été mobilisées :

Technologie	CETE référent	CETEs associés
Vidéo	Cété IdF	Cété Lyon, Cété Med
Boucles	Cété Med	Cété Ouest, Cété Est, Cété IdF
Magnétomètre	Cété Ouest	Cété Est, Cété IdF
Radar	Cété NP	Cété Est
Laser, IR, Ultrasons, Acoustique	Cété NC	Cété Est, Cété Med
À « effet piézo »	Cété Est	Cété IdF
Capteurs embarqués	Cété SO	Cété NC, Cété IdF
Traceurs continus	Cété Est	Cété SO, Cété Med, Cété IdF
Traceurs point à point	Cété NC	Cété Est, Cété NP, Cété SO

Tableau 13: Répartition des Cétés référents par type de technologie

Le groupe capteurs a également défini des sites d'expérimentation sur lesquels seront réalisées les expérimentations à venir, dont les caractéristiques (trafic, nombre de voies, éclairage, etc.) seront connues afin d'optimiser le choix des expérimentations selon le type de trafic, climat, de technologie... Des fiches recensant ces sites d'expérimentation seront rendues disponibles, en dehors de ce rapport et selon des modalités à définir. Une fiche modèle décrivant un site d'expérimentation est présentée en annexe de ce rapport.

2.2 - Analyse des fonctionnalités et performances des capteurs

Le tableau suivant présente les principaux indicateurs utilisés pour l'analyse des fonctionnalités et des performances des capteurs, par les référents du groupe à partir des différentes expérimentation réalisées.

Ce tableau accompagnera la diffusion des fiches « expérimentation ».

Fonctionnalité	Capteur X
+ Qui - Année	<i>Cété Expérimentateur et année de l'expérimentation</i>
+Nature de capteur	Technologie du Capteur
+ Séquences : v s l 6 m H J M	v =variable ; s = nombre de secondes ; l = 1 minute ; 6 = 6 minutes ; m = nombre de minutes ; H = horaire ; J = journalier ; M = mensuel
+ Agrégation spatiale voie/sens	Agrégation par voie ou par sens
+ Débit	
- TV	Classe par type de trafic (X si non testé mais fonctionnalité disponible)
- %PL	Classe par type de trafic (X si non testé mais fonctionnalité disponible)
- Classifiée : S L V Pt E	S =Silhouette ; L = Longueur ; V = Vitesse ; Pt = Poids total ; E = Poids à l'essieu
+ Vitesse	
- TV	Classe par type de trafic (X si non testé mais fonctionnalité disponible)
- Classifiée : S L V Pt E	L = Longueur ; V = Vitesse ; Pt = Poids total ; E = Poids à l'essieu
+ Taux Occupation	Classe par type de trafic (X si non testé mais fonctionnalité disponible)
+ TIV / DIV	Temps intervéhiculaire/Distance intervéhiculaire
+ Poids	
- Poids total	Classe par type de trafic (X si non testé mais fonctionnalité disponible)
- Essieu	Classe par type de trafic (X si non testé mais fonctionnalité disponible)
+ Données individuelles	
+ Fonctionnalités avancées	
- Temps de parcours	
- DAI / DAB	Détection automatique d'incidents ou de bouchons
- Alertes sur seuils	
- Détect. véh. particulier	Type de véhicule (TC, TMD, 2RM etc.)
- IMG / VID	Image ou Vidéo disponibles
- Position latérale	Détection de la position sur la voie
- LAPI	Lecture automatique de plaques d'immatriculation

Tableau 14: Répartition des Cétés référents par type de technologie

3 - Synthèse sur les retours d'expérience des expérimentations

Ce chapitre présente la synthèse des retours d'expériences sur la méthodologie d'expérimentation et propose des pistes d'amélioration (notamment dans la perspective d'une mise à jour du guide CERTU de 2002 [A10], dans le cadre du groupe capteurs).

Comme indiqué précédemment, il n'est pas dans l'objectif de ce rapport d'études de publier les résultats des expérimentations, qui feront l'objet d'un dispositif de mise à jour et de communication spécifique.

3.1 - Retour d'expérience des expérimentations

3.1.1 - Définition des types de trafic

Lors de chaque nouvelle expérimentation, il faut définir le trafic à étudier. Cependant cette tâche est assez difficile compte tenu des différences de points de vue entre CIGT. En effet les limites de définition des régimes de circulation (congestion, fluide, ralenti, ...) sont différentes selon les Centres de Gestion du trafic.

La note complémentaire au guide « Méthodologie d'évaluation des nouveaux *capteurs* pour le trafic routier » du CERTU, apporte des précisions quant aux limites retenues par le groupe capteur.

Les évaluations passées montrent quand même une certaine homogénéité entre les différentes catégorisation du trafic par les CETE, ce qui permet d'avoir une base de comparaison des performances suivant le trafic assez juste. De plus, les trafics journaliers moyens sont notés devant chaque mesure afin de bien connaître les conditions de mesures.

3.1.2 - Références utilisées

Lors des différentes expérimentations, et même avant les compléments apporter par le groupe méthodologie au guide « Méthodologie d'évaluation des nouveaux *capteurs* pour le trafic routier » du CERTU, les CETE utilisaient les mêmes bases de références quand c'était possible.

Dans tous les cas, le guide préconise l'utilisation d'une référence « 4 fois plus précise que le capteur expérimenté ». Cependant, cette précision n'existe quasiment jamais sur le marché, donc les références utilisées sont celles qui s'en approchent le plus.

Pour les longues périodes, les stations SIREDO, préalablement étalonnées au droit des capteurs, doivent être utilisées car ce sont des références relativement fiables pour les gestionnaires du réseau.

Pour les mesures individuelles et les mesures 6 minutes de précision, les références utilisées ont quasiment toujours été : l'œil humain pour les débits, un radar pour les vitesses, l'œil humain ainsi que des abaques pour les longueurs individuelles. Ces références permettent aux relevés métrologiques d'être appréciés par les gestionnaires du RRN.

3.1.3 - Déroulement des expérimentations

La rédaction de ce panorama a permis de généraliser certaines pratiques à tous les expérimentateurs. En effet, désormais, chaque expérimentation est accompagnée d'une fiche « expérimentation » qui synthétise les principaux résultats. Elle décrit notamment : le site d'expérimentation, les résultats métrologiques, les conditions d'expérimentation, les conditions d'installation, la maintenance éventuelle, les difficultés rencontrées, ainsi que les avantages et inconvénients du capteur, les coûts des capteurs sont aussi mentionnés.

Ces fiches permettent ainsi de pouvoir comparer les différents capteurs avec le plus d'impartialité possible et aussi avec le plus de clarté possible.

De plus, les expérimentations se sont déroulées dans un bon climat d'entente entre les industriels et les CETE, même si quelques distensions ont pu apparaître à certains moments, en général minimales et sans conséquence pour la qualité et la valeur des résultats.

3.2 - Retour d'expérience des gestionnaires

Ce rapport met en évidence qu'il existe une multitude de technologies pour réaliser le recueil de données de trafic. Le gestionnaire a toujours pour problématique de concilier les performances métrologiques avec les aspects financiers, maintenabilité et exploitation.

Afin d'éviter de réaliser des évaluations « internes » de matériels, il recherchera, dans les expérimentations menées par le RST, des conditions d'essais représentatives des conditions de trafic inhérentes à son réseau.

Le coût du capteur est évidemment important mais il faut aussi tenir compte du prix des conditions et de la pose de ce dernier (nécessité de balisage ou non, travail de nuit ou non), mais aussi de la durée de vie du capteur.

Les coûts liés aux opérations de maintenance et aux fluides nécessaires aux fonctionnements de ces derniers (abonnement énergie et télécommunication : GPRS, etc.) sont également des critères qui sont importants dans le choix de la mise en place d'une instrumentation de chaussée.

Il faut également prendre en compte les équipements accessoires que peut nécessiter la mise en place d'un type de capteur :

- équipements nécessaires pour assurer la sécurité routière (mise en place de glissières de sécurité pour protéger des équipements sur mâts par exemple),
- création d'aires de stationnement pour assurer les phases de maintenance.

Le gestionnaire devra, avant de choisir la technologie à déployer sur une partie significative de son réseau, rechercher un compromis à partir de tous les éléments évoqués ci dessus.

Enfin, lors des phases d'évaluation, les cahiers des charges d'expérimentation devront être établis en lien fort avec les exploitants routiers afin d'intégrer le plus précisément possible les contraintes issues de l'exploitation quotidienne d'une route.

Chapitre V

Les nouvelles technologies de recueil de données de trafic routier

Les nouveaux besoins d'informations trafic pour les gestionnaires et pour les utilisateurs de la route ne sont plus des besoins ponctuels en différents points d'un itinéraire, mais plutôt des besoins en temps réel en tous points de l'itinéraire. Pour répondre à ces demandes, plusieurs pistes peuvent être développées.

Les nouvelles technologies de l'information ouvrent des perspectives de recueil de données de trafic grâce aux réseaux sociaux ou les applications logiciels de type Smartphone ou encore les GPS interactifs. Ces sources d'information temps réel ne sont actuellement pas exploitées par les gestionnaires routiers.

Les performances accrues des transmissions de données ouvrent aussi des perspectives intéressantes pour acheminer à moindre coût des quantités importantes de données de type vidéo par exemple. Grâce aux services des fournisseurs d'accès et aux réseaux de téléphonie mobile, il est possible de transmettre des données de trafic d'un site non équipé en systèmes de recueil quasiment en permanence.

Enfin il existe de nouvelles applications utilisant des véhicules traceurs, ceux-ci fournissent des renseignements sur les conditions de trafic (ex: vitesse) et les paramètres de conduite (ex: sollicitation du véhicule ou pollution) en temps réels sur toute la durée des déplacements. Ce système convient à des flottes de véhicules (ex : patrouilleurs).

Ce type de données fait l'objet de travaux en cours sur leur domaine de pertinence, au sein du PCI RDRT.

1 - Les Traceurs continus

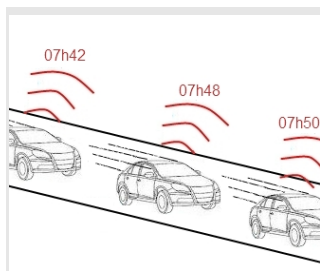
Les véhicules traceurs sont des véhicules instrumentés stockant et/ou transférant à un opérateur des données de trafic. L'instrumentation peut être légère, un simple GPS, un téléphone portable ou encore un système de navigation peuvent suffire lorsque les données de vitesse et de positionnement permettent d'élaborer l'information souhaitée.

Pour acquérir des informations sur le trafic à partir des véhicules traceurs (VT), il faut interpréter la position, la vitesse, et le sens de déplacement de ces véhicules. Ces données sont des « Floating Car Data » (FCD, Données Flottantes Automobiles). Les traceurs continus permettent d'acquérir à intervalles réguliers ces données tout au long du parcours du traceur, sans relais sur le terrain. C'est un mode de recueil dit actif.

Il est important de noter également que ces données FCD couplées avec l'utilisation de « véhicules intelligents » apportent de nouvelles informations, les données xFCD (« Extended FCD »), comprenant la météo, l'état de la route, la pollution, le comportement du véhicule (accélération, freinage, etc.) ainsi que le comportement du véhicule par rapport au conducteur.

Ce chapitre présente ainsi les différentes technologies permettant ce type de recueil de données.

1.1 - Localisation GNSS



Principe de fonctionnement

La puce ou récepteur GPS utilise le système de positionnement par satellites pour calculer sa position. La précision de la mesure de positionnement n'est pas suffisante pour localiser le véhicule au niveau de la voie de circulation. Pour localiser le véhicule sur le réseau, un algorithme est généralement utilisé. Pour améliorer la précision du positionnement, d'autres sources de données peuvent être utilisées par exemple l'odomètre et le gyromètre.

Les véhicules traceurs sont localisés, toutes les secondes en général, grâce au GNSS (GPS, GALILEO, GLONASS, BEIDOU) et les données sont récupérées, depuis un récepteur GPS et ce à intervalles réguliers, par l'intermédiaire d'un moyen de communication mobile (GSM, GPRS, UMTS, Wi-Fi etc.). Ces données sont ensuite filtrées et projetées sur le réseau routier (Map-Matching).

Après le passage dans une plate-forme d'analyse, on peut avoir accès à des temps de parcours et vitesses moyennes des VT sur une section donnée. Le suivi de véhicules traceurs offre aussi la possibilité d'établir des Matrices O/D.

Mesures disponibles

Vitesses moyennes, sens de déplacement, temps de parcours, détection de congestions, matrices O/D.

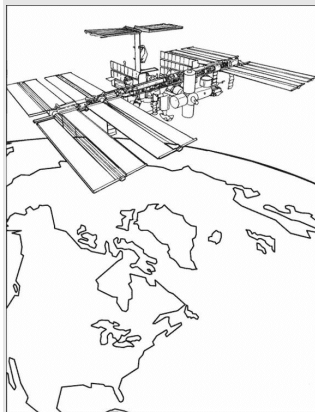
Limites de fonctionnement

Pas de distinction des voies (mais distinction de la chaussée empruntée), intégration d'un moyen de communication mobile (notion de coût et de fréquence d'envoi des données).

Technologies connexes

Satellites, communautés d'utilisateurs, FMD

1.2 - Satellites



Principe de fonctionnement

Des véhicules possédant un moyen de communication par satellite sont suivis sur le réseau routier par un ou plusieurs satellites. A la différence de la localisation GNSS, les données de positionnement sont renvoyées au(x) satellite(s). Les données trafic, transitant par le centre de contrôle des satellites, sont ensuite envoyées au serveur FCD central.

Les positions horodatées obtenues par le suivi des véhicules permettent d'obtenir des temps de parcours et des vitesses moyennes.

Mesures disponibles

Vitesses moyennes, temps de parcours, sens de déplacement, détection de congestions.

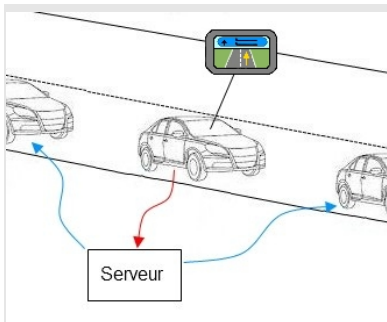
Limites de fonctionnement

Taux d'équipement en moyen de communication par satellites.

Technologies connexes

Localisation GNSS, Communautés d'utilisateurs, FMD

1.3 - Les communautés d'utilisateurs



Principe de fonctionnement

Produire des informations sur le trafic à partir des communautés d'utilisateurs d'un service d'information trafic consiste à utiliser l'utilisateur lui-même comme source d'information trafic. Le terme anglais pour ce principe de fonctionnement est « crowdsourcing » littéralement « approvisionnement par la foule ». Il existe déjà en France et à l'étranger des offres se basant sur ce procédé pour fournir de l'information trafic.

L'instrumentation est simple (équipement de navigation personnel (PND, « Personal Navigation Device»), Smartphone) et permet de recueillir des données de positionnement, de vitesse et de sens de déplacement.

Mesures disponibles

Vitesses moyennes, temps de parcours.

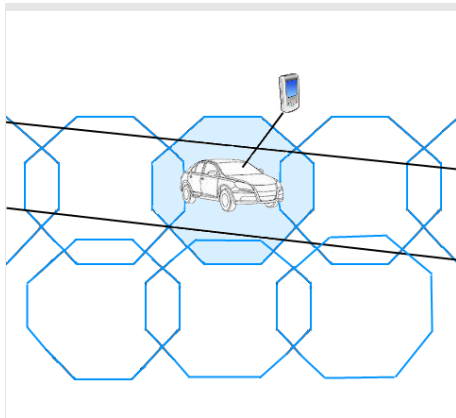
Limites de fonctionnement

Taux de véhicules instrumentés, qualité de la donnée fournie.

Technologies connexes

Localisation GNSS, FMD, Satellites

1.4 - Les « Floating Mobile Data »



Principe de fonctionnement

Le Floating Mobile Data ou plus exactement les données FMD, sont des données issues des réseaux des opérateurs de téléphonie mobile et permettant de recueillir des informations utiles pour la connaissance et la gestion du trafic comme par exemple la localisation, la vitesse et le sens de déplacement.

Après exploitation, des données FMD peuvent donner des informations sur la localisation, le sens de déplacement du véhicule traceur, les temps de parcours. Chaque opérateur a sa façon de recueillir des données FMD dont le recueil par événements de handover (positions, sens de déplacement).

En effet, chaque mobile communiquant en permanence avec sa station de base, elle-même associée à une cellule du réseau GSM, on peut localiser le mobile dans cette cellule (« cell-id », identification de la cellule). Les antennes relais étant généralement trisectorisées (3 fois 120 degrés), on peut restreindre la localisation à une zone de la cellule.

Aussi, l'information sur la valeur du Timing Advance du mobile permet de déterminer sa distance approximative par rapport à la station de base.

Lorsque le mobile se déplace dans la cellule, il communique avec sa station de base mais également avec d'autres stations de base (associées à d'autres cellules) et ceci afin de faciliter le transfert-intercellulaire, sans interrompre une communication téléphonique en cours. Ces transferts inter-cellulaires sont appelés événements de handover. Lorsque le handover survient, l'opérateur mobile peut localiser le mobile à la frontière de 2 cellules.

Après le passage par des algorithmes de traitement et de filtrage, les données de localisation des VT peuvent être projetées sur le réseau routier (Map-Matching).

Mesures disponibles

Vitesses instantanées/moyennes, Temps de parcours, détection de congestions.

Limites de fonctionnement

Précision (faible), disponibilité des mobiles (mobiles en communication et sur la route), risque de saturation du réseau mobile à certaines périodes de l'année, pas de distinction des voies de circulation.

Technologies connexes

FCD

2 - Traceurs points à points

Contrairement aux Traceurs continus, les Traceurs points à points permettent d'acquérir des données FCD seulement au niveau de relais sur le terrain. C'est un mode de recueil dit passif.

2.1 - Captures d'adresses Bluetooth



Principe de fonctionnement

Les données FCD sont récupérées via la capture d'adresses IP Bluetooth émanant d'appareils mobiles équipés Bluetooth qui sont embarqués dans les véhicules (téléphone, GPS, autoradio, etc.).

Des stations "bord de voie" équipées d'une antenne détectent les adresses IP Bluetooth dans les véhicules passant à proximité. Ces adresses sont géolocalisées (position des balises le long de la route) et horodatées (heure de détection). Les données sont transmises en temps réel à l'exploitant via un moyen de communication mobile, ou transférées sur un support de stockage numérique. Les adresses identiques repérées le long d'un itinéraire permettent de calculer des OD, des temps de parcours ou des vitesses moyennes. Le débit peut être approximé mais il reste peu précis et dépend du taux d'équipement Bluetooth à bord des véhicules.

Mesures disponibles

Vitesses moyennes, temps de parcours, sens de déplacement, matrice O/D.

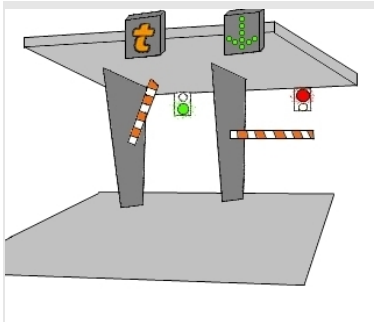
Limites de fonctionnement

Les limites de fonctionnement sont essentiellement liées au taux d'équipement en appareils Bluetooth à bord des véhicules. Certaines configurations environnementales peuvent impacter la précision des mesures comme par exemple la présence de lignes de transport en commun à proximité de l'antenne.

Technologies connexes

Néant

2.2 - Le RFID : infrastructures de péage



Principe de fonctionnement

Dans le but d'atténuer les congestions à l'entrée des péages, les sociétés d'autoroute ont équipé leurs péages de bornes RFID ou DSRC capables de communiquer avec un appareil RFID/DSRC (badge, téléphone) à l'intérieur du véhicule. C'est le principe du télépéage (Electronic Toll Collection).

Aussi, des portiques RFID/DSRC peuvent être installés le long des voies. Ainsi il devient possible d'associer un véhicule à un identifiant RFID/DSRC anonymisé et chaque véhicule équipé devient alors une sonde de trafic sur le réseau emprunté.

Les transactions de péage étant datées et localisées à l'entrée, le long et à la sortie de l'autoroute, on peut avoir accès à des temps de parcours et, donc, des vitesses moyennes, et aux débits en se basant sur le pourcentage d'utilisateur du télépéage.

Le télépéage permet aussi d'avoir une idée plus précise des plans de gestion du trafic à associer à chaque situation grâce aux classifications possibles par badge (nombre de voyages, type de voyages, heures de voyages...)

Mesures disponibles

Vitesses moyennes, temps de parcours.

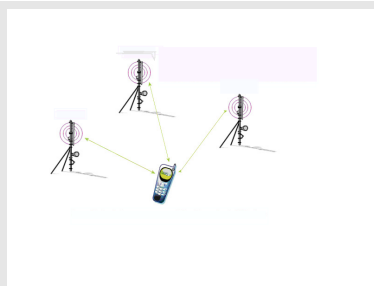
Limites de fonctionnement

Taux d'équipement des usagers en badges, téléphones RFID/DSRC, coût d'installation et d'exploitation, continuité de la mesure (arrêts sur l'autoroute, interférences), qualité de lecture à haute vitesse, certains badges étrangers émettant à une puissance plus élevée peuvent endommager les lecteurs Français (notamment les badges Espagnols).

Technologies connexes

Captures d'adresses bluetooth, GSM, positionnement par bornes WiFi

2.3 - La localisation GSM



Principe de fonctionnement

Le GSM, Global System for Mobile Communications, est la norme numérique pour la téléphonie mobile. Cette norme utilise la gamme de fréquences des 900 MHz. Un dérivé du GSM, le DCS, Digital Communication System, utilise la gamme des 1800 MHz.

Le GSM 900 utilise la bande 890-915 MHz pour l'envoi des données et la bande 935-960 MHz pour la réception des informations. Quand au GSM 1800, il utilise la bande 1710-1785 MHz pour l'envoi des données et la bande 1805-1880 MHz pour la réception des informations.

C'est la carte SIM qui contient le numéro de l'abonné, ainsi que diverses informations lui appartenant (SMS, carnet d'adresse). L'IMEI (International Mobile Equipment Identity) est un code unique composé de 15 chiffres qui identifie le portable. Ce numéro peut être obtenu en tapant *#06# sur le portable. Il peut servir pour bloquer le téléphone dans le cas d'un vol par exemple. Lorsque le portable se connecte à un relais, il envoie son IMEI, puis la carte SIM s'identifie auprès de ce même relais. Ainsi, on peut suivre à la trace un GSM lors de son trajet, que ce soit en ville ou en interurbain.

Les différentes technologies de géolocalisation utilisant le GSM sont :

- Cell ID (Identification de cellule) :

C'est la technologie la moins coûteuse car il n'y a pas de matériel à mettre en place. Du moment que le portable est dans une zone couverte par le réseau, il se connecte à une antenne relais GSM. C'est à partir de l'identification de cette antenne que l'on peut localiser le portable. Cette localisation est très rapide (moins de 5 secondes) mais elle est peu précise car elle dépend du nombre d'antennes relais et de leur rapprochement (plus l'antenne est isolée, plus la zone de couverture est vaste et moins la localisation est précise). En zone urbaine, la précision varie entre 100 et 700 mètres alors qu'en zone rurale, cela peut aller jusqu'à 10 kilomètres.

- EOTD (Enhanced Observed Time Difference) - Le différentiel de temps :

Le portable envoie un signal aux stations des environs. La plus proche lui renvoie le signal. C'est le temps écoulé entre l'émission et la réception du signal qui permettra à un calculateur externe de déterminer la localisation du portable. Une autre technique nommée Uplink Time of Arrival utilise le même principe.

- La triangulation :

On va faire un croisement des données obtenues à partir de trois antennes relais utilisées lorsque le portable se déplace. Cette technique nécessite l'installation préalable d'un programme sur la carte SIM du portable. La localisation s'effectue en environ cinq secondes et est plus précise que le Cell-ID : de l'ordre de 150 mètres en zone urbaine et 5 kilomètres en zone rurale.

Mesures disponibles

Localisation précise (150 mètres avec un nombre d'antennes suffisant), temps de parcours, suivi des déplacements urbains et interurbains.

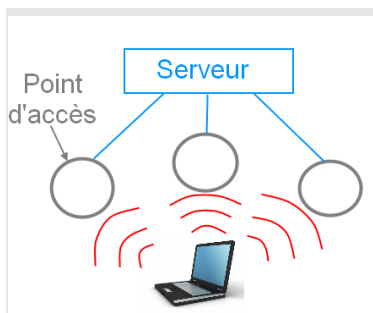
Limites de fonctionnement

En interurbain, le nombre d'antennes ne permet pas la triangulation précise.

Technologies connexes

Localisation par bluetooth, RFID, wifi.

2.4 - Positionnement par bornes WiFi (WPS)



Principe de fonctionnement

Le WPS (WiFi positioning System) permet de se positionner grâce aux bornes d'accès WiFi (hotspots) de plus en plus répandues en milieu urbain et notamment dans tous les lieux publics. Cette technique permet de palier les défauts de positionnement relatifs au GPS en milieu urbain, d'avoir une couverture intéressante au niveau des villes et d'être complètement gratuit.

Après identification par ces bornes d'accès WiFi, il est donc possible de localiser ces terminaux Wi-Fi avec une précision inférieure à 50 mètres. A partir de ces positions horodatées, il est possible d'estimer la vitesse moyenne et le temps de parcours d'un véhicule équipé.

Avec cette technologie et une base de données contenant les localisations exactes des bornes Wi-Fi, le programme est capable de localiser l'endroit où chacun se trouve.

Mesures disponibles

Localisation (précision < 50m), vitesses moyennes, temps de parcours, suivi des déplacements urbains

Limites de fonctionnement

Utilisation en milieu urbain, zone couverte par les bornes WiFi

Technologies connexes

Captures d'adresses bluetooth, GSM, RFID

3 - Les systèmes coopératifs

Les technologies de recueil de données de trafic présentées précédemment et se fondant sur les communautés d'utilisateurs, les satellites et véhicules traceurs ou encore les Floating Mobile Data, font partie intégrante des systèmes coopératifs. Ils constituent la partie mûre des systèmes coopératifs, et font partie des solutions proposées et développées. Sans nul doute, ils feront partie de l'architecture globale des systèmes coopératifs qui tend à se mettre en place afin d'assurer une interopérabilité des systèmes. Cette architecture est portée par le Mandat M453 de la Commission Européenne.

Par le terme de systèmes autonomes, on désigne les véhicules équipés de leurs assistances à la conduite. On peut également assimiler comme système autonome la chaîne composée de l'infrastructure routière, ses capteurs, le CIGT et les dispositifs d'information.

Par le terme de systèmes coopératifs, on désigne, au sens des définitions utilisées dans les comités de normalisation et projets européens (ainsi qu'internationaux), l'interopérabilité des systèmes autonomes précédents afin de pouvoir réaliser, en temps réel des échanges d'informations via cinq types de communications :

- Véhicules – Véhicules (V2V)
- Véhicules – Infrastructure (V2I) et Infrastructure – Véhicules (I2V)
- Infrastructure – Infrastructure (I2I)
- Véhicules-Dispositif Nomade Personnel (V2PND) et inversement (PND2V)
- Infrastructure-Dispositif Nomade Personnel (I2PND) et inversement (PND2V)

De part le Mandat M453 portant la directive ITS, le déploiement des Systèmes de Transports Intelligents, donc en sous partie, des systèmes coopératifs est en plein essor. Outre les projets de R&D, portés par le consortium Car2Car, qui ont permis de développer des systèmes coopératifs reposant sur des communications Véhicules – Véhicules, notamment dans le cadre de la réalisation d'assistance à la conduite (alerte anti-collision, ...), les nouveaux projets impliquant l'industrie automobile prennent en compte l'utilisation d'unités de bord de route (UBR) ou Road Side Unit qui représentent un des nouveaux type d'ITS stations. Ces unités bord de route sont prévues pour permettre d'établir une communication de l'infrastructure vers les véhicules (I2V) ainsi que son pendant des véhicules vers l'infrastructure (V2I). Ainsi, le système coopératif résultant est voulu pour être capable d'assurer la continuité du passage de l'information de véhicules à véhicules en passant par les unités bord de route.

Les communications Véhicules-Véhicules s'effectuent pour l'instant par l'utilisation d'ITS station sous la forme d'unités intégrées dans les véhicules intelligents ou On Board Unit. Le développement des dispositifs nomades, tels que les systèmes de localisation GNSS (GPS, ...) et les smartphones ont permis de concevoir ceux-ci comme une troisième ITS station qui est capable de communiquer aussi bien avec le véhicule lui-même, pour récupérer ses données proprioceptives telles que la vitesse, mais aussi avec les UBR pour renvoyer ces informations en intégrant les supports de communication longue distance. Ces unités nomades ont l'avantage d'être interactives avec le conducteur, et permettent de récupérer des données événementielles (situations accidentogènes, ...) de la part des communautés d'utilisateurs. Elles ont également l'avantage d'être utilisées pour un autre mode de transport que pour la voiture.

Les projets européens, tels qu'EasyWay, et les commissions de normalisation ont mis l'accent sur l'utilisation de cette architecture à des fins de gestion de l'infrastructure et des transports. Ainsi l'application principale est de pouvoir recevoir les informations concernant l'état des véhicules (allumage des essuies-glaces, détection de glissement, ...) mais aussi de vitesse pratiquée et de comptage via les unités de bord de route. Ceci afin d'utiliser le véhicule comme une série de capteur dont les informations permettent au gestionnaire de gérer son réseau. Pour ce faire, il est défini comme quatrième ITS station le pendant de l'unité de bord de route qui est intégrée dans le CIGT. Ce dernier type d'unité vient compléter la chaîne d'acquisition des données des véhicules pour les transférer, via les unités bord de route, ou directement, vers l'unité intégrée dans le CIGT.

Elle aura également la faculté futur de pouvoir diffuser de l'information à destination des conducteurs (vitesse contextuel, PMV virtuel, ...), soit directement via broadcast, soit via les trois autres ITS stations.

Selon le niveau d'intégration atteint, les communications entre les quatre types d'ITS station peuvent être de différentes natures, comme par exemples : satellite, cellulaire, GSM, 3G, câbles, fibres, sans fils, DSRC, WLAN, ...

Les projets en cours pourront fournir une vision de la maturité des systèmes et de la faisabilité des applications à partir d'un ou plusieurs types de communications. Ces retours d'expérience et la vision du déploiement des systèmes coopératifs s'effectuent au sein d'instances comme par exemple le groupe d'expert sur l'infrastructure (ESG6-ICT) et un groupe dédié sur les système coopératifs du projet européen EasyWay. En parallèle, par la contribution de toutes les parties prenantes, en réponse au Mandat M453, sept projets de normes ont été proposés en instance du CEN et de l'ISO. Trois de ces normes sont sous responsabilité française et d'importance pour les gestionnaires :

- La NP 17425, définissant les modalités de la signalisation embarquée dans le véhicule ;
- La NP 17426, définissant les modalités spécifique à l'affichage de vitesse contextuelle ;
- La NP17429, définissant les « Profils pour le traitement et le transfert d'informations entre stations STI pour les applications liées à l'exploitation de l'infrastructure routière, la gestion du trafic et la navigation ».

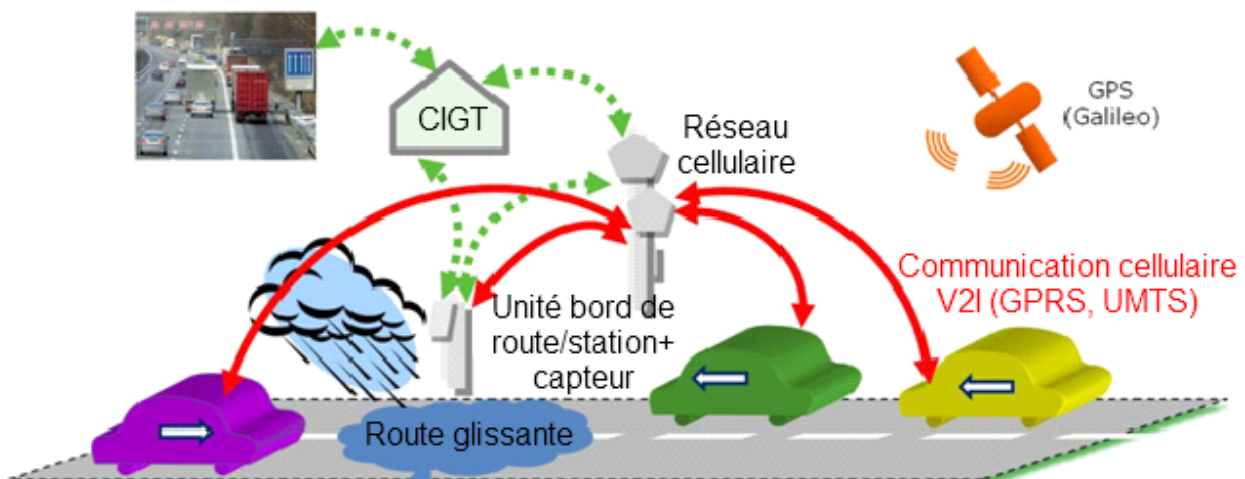


Illustration 11: Exemple d'architecture du système coopératif utilisant des communications V2I et I2I via réseau cellulaire et filaire (source : [A11])

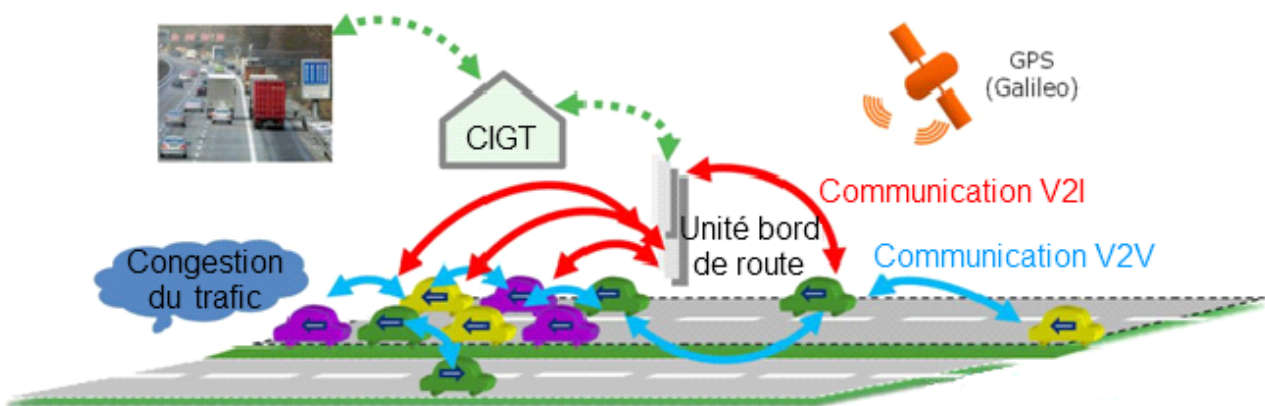


Illustration 12: Exemple d'architecture du système coopératif utilisant des communications V2V et I2I via WLAN et filaire (source : [A11])

Bilan et perspectives

Ce rapport a tenté de recenser les différents besoins en termes de données trafic au sein des différents utilisateurs, aussi bien les gestionnaires pour le temps réel que les chercheurs, statisticiens, modélisateurs etc. pour le temps différé, et d'analyser les possibilités qu'offrent les différentes technologies pour y répondre.

Au cours de cette analyse, diverses problématiques ont émergé quant aux différentes catégories de capteurs trafic étudiés et à leur utilisation, qu'il convient de ne pas omettre lors de la mise en place ou de la modernisation d'un système de recueil de données.

1 - Les capteurs intrusifs

L'utilisation historique de ce type de capteur dans le domaine routier en fait une valeur sûre du point de vue du retour d'expérience et de la formation du personnel en charge du recueil de données de trafic. Malgré les coûts importants et les problèmes liés à l'exploitation de la route, les capteurs intrusifs restent des dispositifs discrets de référence en termes de fiabilité et de précision de mesure.

Ce type de capteur cible le marché de la mesure de trafic de haute qualité en particulier pour le trafic lourd, au niveau de la mesure des catégories de véhicule et des poids dynamiques.

L'évolution des technologies se développe aussi dans le domaine des capteurs intrusifs avec des capteurs bas coût comme les magnétomètres. Des performances accrues en matière de traitement du signal permettent l'optimisation des capteurs comme l'analyse de signature électromagnétique pour des applications de calculs « origine-destination » en complément des données de trafic de base.

De nouvelles techniques de pose ou de géométrie des capteurs intrusifs améliorent la détection de véhicules jusqu'ici mal détectés comme les vélos. Grâce à ces techniques, des données sont désormais plus accessibles, c'est le cas pour les mesures de trajectoire et de positionnement des véhicules.

Des progrès sont tout de même attendus dans la maîtrise des coûts d'installation et de maintenance en proposant des solutions d'auto-étalonnage et d'auto-diagnostic des capteurs. Des évolutions sont en cours pour la détection des 2RM ou pour la détection de l'occupation des places de parking mais elles sont encore au stade de la recherche et du développement et ne sont pas commercialisés dans l'immédiat.

La stratégie de déploiement et de densification de points de mesure bas coût doit être complétée par un large maillage de quelques points références à capteurs intrusifs. Dans ce cas, une approche multi-technologies permet de bénéficier des avantages et de minimiser les inconvénients des différents systèmes.

2 - Les capteurs non-intrusifs

Des évaluations ont été menées sur des capteurs non-intrusifs, offrant une alternative aux boucles électromagnétiques ou utilisés pour des besoins spécifiques. Concernant les données usuelles de trafic, il ressort des évaluations que de nouveaux matériels permettent de collecter les principales mesures de trafic attendues par les gestionnaires de réseau routier ou autoroutiers et par la plupart des autres utilisateurs de données de trafic.

Pour les données les plus importantes que sont le débit tous-véhicules, la vitesse moyenne pratiquée en un point voire le débit PL, les résultats apparaissent comme globalement intéressants et souvent conformes aux niveaux de précision spécifiés dans les normes ou les guides. Toutefois, si on compare les matériels testés aux stations à boucles électromagnétiques, on note que ces matériels ne sont pas capables de fournir un niveau de précision équivalent sur toute la gamme de mesures générées par les stations à boucles.

Les capteurs non-intrusifs sont généralement conçus et réglés pour fournir prioritairement une mesure : dans la plupart des cas le débit tous-véhicules (mesuré avec une bonne précision dans la majorité des cas). Selon la technologie utilisée, le capteur peut aussi fournir avec une précision acceptable d'autres grandeurs de trafic telles que la vitesse moyenne ou le débit PL.

Par nature, aucun capteur testé n'est capable de reproduire exactement les signaux générés par la détection électromécanique d'un véhicule passant sur une boucle d'induction. Chaque matériel présente des limites que le « groupe capteurs » a pour mission de souligner lors des expérimentations. Pour l'exploitation de la route, on note que tous les matériels testés montrent des difficultés pour différencier les véhicules et qu'il y a peu de solutions techniques permettant de compter et classer les véhicules par catégorie.

La pose de capteurs non-intrusifs présente des avantages évidents pour un gestionnaire de voirie confrontés à des difficultés d'interventions sur son réseau. Ces capteurs sont généralement conçus pour répondre aux attentes des gestionnaires, attentifs à la disponibilité des équipements et à leur remise en service rapide en cas de panne.

Par contre, au regard des limites des capteurs, le choix d'une solution technique doit être fait en prenant en compte l'ensemble des données attendues sur un point de mesure. En effet, contrairement aux stations à boucles, la pose de capteurs non-intrusifs risque de restreindre leur utilisation aux besoins qui ont conduit à leur mise en place.

De même, les matériels permettant de collecter des données agrégées « spécifiques » présentent des limites mais bénéficient du fait qu'ils peuvent être mis en place temporairement ou sur des supports existants. A titre d'exemple, on peut citer les matériels utilisant l'analyse vidéo du trafic qui sont de plus en plus utilisés mais qui nécessitent des conditions strictes d'installations et de réglage.

Par ailleurs, en plus des aspects métrologiques, les évaluations menées sur les capteurs non-intrusifs mettent en avant la nécessité pour un gestionnaire de prendre en compte le fonctionnement de ces matériels tel que la structure du recueil et du stockage des données (interne au capteur), les possibilités d'auto-diagnostic et les modes d'interrogation.

3 - Les données embarquées et la fusion de données

Les différents systèmes présentés au chapitre V, communément appelés « systèmes embarqués » semblent des solutions efficaces pour satisfaire certains besoins spécifiques, particulièrement le temps de parcours, la détection de bouchons ou d'incidents. Ils permettent également d'apporter de l'information là où l'équipement terrain est difficile ou peu « rentable » d'un point de vue problèmes de trafic ou d'accidentologie.

Il s'agit néanmoins de rester prudent quant à l'utilisation exclusive de ce type de technologies, qui, d'abord, ne fournissent pas tout l'éventail des données possibles par les différents systèmes dits « terrain » et qui, ensuite, nécessitent un taux d'équipementation des véhicules important ou une circulation conséquente sur le réseau pour donner une information fiable.

Par ailleurs, alors que l'on commence à connaître les coûts d'installation et de maintenance des capteurs terrain, il faut noter que les offres de données de type « continues » ne sont pour l'instant pas clairement définies et s'adaptent à la demande. Certaines sont des données par zone, d'autres au km de réseau couvert. Certaines nécessitent un investissement (adaptation des antennes relais de l'opérateur téléphonique par exemple) en sus de l'abonnement.

Enfin, il semble pour l'instant difficile de se passer de capteurs terrain pour avoir une connaissance de son réseau suffisante. Ils peuvent cependant être utiles pour avoir une connaissance, partielle, des réseaux adjacents gérés par d'autres exploitants. Un intérêt de ce type de données, outre la connaissance des réseaux adjacents, serait également de pouvoir éviter de densifier le recueil de données déjà existant ou de s'équiper de façon massive en équipements terrain en optimisant la répartition des équipements, fixes et embarqués, sur le réseau en fusionnant les différentes données disponibles.

Exemples de systèmes de fusion de données

Projet SINERGIT

SINERGIT est l'acronyme de "Système d'INformation sur les dEplacements par véhicules tRaceurs avec Galileo pour l'agglomération Toulousaine". Ce projet a été lancé en 2006 et a duré 2 ans.

Le projet SINERGIT avait pour but de développer un nouveau système de recueil de données trafic, en temps réel, utilisant des véhicules traceurs équipés de téléphones portables de nouvelle génération (intégrant un système de localisation GNSS) et de mobiles GSM (localisation cellulaire).

Le principe était de fusionner les données obtenues de la localisation GNSS (mobiles GNSS) et de la localisation cellulaire (mobiles GSM) avec celles issues des systèmes de recueil classiques (boucles, caméras,...) afin d'obtenir une information trafic précise et exhaustive (les informations sont remontées toutes les trois à six minutes).

Après qualification des données, les informations de trafic obtenues peuvent être diffusées au grand public (Services Webs) ou à des clients particuliers (gestionnaires de réseaux, fournisseurs d'information trafic).

Deux expérimentations ont eu lieu en 2008 dans l'agglomération Toulousaine et ont permis de confirmer la viabilité technique de l'utilisation de capteurs mobiles pour la connaissance du trafic.

Innovation routière ADIT+ (Agrégation de Données d'Information Trafic)

Dans le cadre de l'innovation routière 2009, un produit lauréat proposé par un consortium d'entreprises va être testé. Ce produit est un dispositif de fusion de données trafic provenant :

- de capteurs fixes : boucles, balises vidéo

- de données embarquées : FCD, FMD, réseaux communautaires, remontées patrouilleurs

Ce projet appelé « ADIT+ » consiste à réaliser une plate-forme intégrée au CIGT, qui fusionnera les différentes données et fournira aussi bien une donnée du même type que fournirait un système fixe qu'une donnée de type « clé-en-main » telle que le temps de parcours. Le site étudié est l'A47 entre Lyon et Saint-Etienne gérée par la DIR Centre-Est. L'étude se déroulera en deux phases :

- Phase de pré-études (préalable à la mise en place de la plate-forme) : état des lieux (sources de données, analyse du réseau en termes de trafic et d'accidentologie, analyse de l'organisation technique et fonctionnelle du CIGT), apport du produit (détermination des données embarquées nécessaires, localisation des balises vidéo à implanter etc.) et développement de la plate-forme.

- Phase de réalisation, d'implantation, d'utilisation et d'évaluation de la plate-forme : notamment une évaluation en termes d'opportunité d'un tel système puis de l'exactitude de la donnée fournie, de sa fiabilité, et de sa performance.

Les différentes expérimentations réalisées ou en cours sur le territoire français ou européen ont amené diverses réflexions quant à l'utilisation de ce type de données, notamment vis-à-vis de :

- la propriété de la donnée : le recours à un intégrateur de données amène-t-il le gestionnaire à perdre la propriété de la donnée brute, qui pourrait lui être utile, à lui ou ses partenaires, pour d'autres types de besoins (besoins temps différé par exemple) ?
- le coût de la donnée : les offres des données FCD semblent nationales et sont donc chères pour des gestionnaires locaux,
- la fiabilité de la donnée : il est nécessaire d'avoir un processus de vérification en temps réel de ce type de données et de s'assurer que les données en sortie ne sont pas simplement la donnée fournie par l'exploitant,
- la sécurité des systèmes : plus généralement, l'interfaçage avec de nombreux systèmes pour avoir une connaissance maximale des réseaux peut poser des problèmes de sécurité des réseaux si un canal a une faille de sécurité ; une maintenance importante est alors essentielle.

La fusion des données fournies par différents systèmes est ainsi probablement une nécessité compte tenu des contraintes budgétaires importantes mais il s'agit de rester vigilant quant à leur utilisation (limitée) et leur intégration dans le système d'information.

4 - Entretien et maintenance des capteurs

La maintenance est un point très important pour le gestionnaire. En effet, elle conditionne le coût d'utilisation du système, sa durée de vie et la qualité de ces mesures. Il est indispensable, avant tout choix de systèmes, et de capteurs trafic en l'occurrence, de réfléchir à ses modalités d'entretien, notamment la fréquence d'intervention, les modalités d'intervention (nécessité de balisage d'une voie ou de fermeture d'une route etc.), la durée de vie, les possibilités de vandalisme, etc. Les problèmes rencontrés avec les capteurs dits « classiques » désormais sont souvent liés au fait que la problématique de leur maintenance a été écartée lors de la conception de la chaîne de remontée des informations. Ainsi, si le choix d'utiliser de nouveaux types de capteurs est fait, il est conseillé de réfléchir à ces problématiques dès le choix de la technologie, en gardant en mémoire également que pour des questions organisationnelles et logistiques, il est difficile de gérer un parc d'équipements extrêmement diversifié.

Ce chapitre rappelle brièvement quelques éléments à prendre en compte quant à la maintenance des capteurs.

Il est en effet intéressant et parfois nécessaire, lors de l'achat d'un nouveau système, de connaître sa fiabilité : le paramètre MTBF (Mean Time Between Failure, temps entre pannes), peut être un guide en ce sens.

Il existe deux principaux types de maintenance:

- *la maintenance curative* :

Elle peut avoir lieu à tout moment, dès détection d'un dysfonctionnement. Elle est souvent coûteuse car nécessite une intervention spécifique et non insérée dans un plan de maintenance. Le dysfonctionnement peut durer un temps indéfini, car il dépend de la possibilité d'intervention, de la disponibilité des agents de maintenance et de l'action à réaliser (voire également de la disponibilité des pièces à changer).

Afin de diminuer ces actions il est important de mettre en place des visites régulières inscrites dans un plan global de maintenance préventive.

- *la maintenance préventive* :

Elle peut être de périodicité variable en fonction du système ou capteur à entretenir, et de l'endroit où il est installé. En effet, une caméra dans un tunnel aura besoin d'un nettoyage de son optique toutes les semaines ou tous les 15 jours suivant le trafic et son orientation. Alors que la même caméra installée en haut d'un mât, sur une autoroute n'aura besoin d'un nettoyage qu'une fois par an.

La maintenance préventive permet principalement de nettoyer et vérifier l'état physique de tous les organes du système. Un changement préventif d'une pièce d'usure sera préférable au dysfonctionnement aléatoire du système, voire, au pire, en pleine exploitation de situation de crise.

De plus, celle-ci permettra de contrôler la qualité des acquisitions, des mesures, des images etc...et d'optimiser les réglages si nécessaire.

Enfin, inscrite dans un plan de maintenance global, elle diminuera les coûts liés au non-fonctionnement des systèmes et permettra de budgétiser les dépenses quant à l'entretien de ceux-ci.

Exemple de maintenance préventive sur station SIREDO

Tous les ans, ou tous les 2 ans maximum, les actions suivantes doivent être effectuées :

- Vérification du marquage au sol, et des modifications possible du profil en travers,
- Nettoyage des abords de la station,
- Vérification de la connectique, resserrage de tous les connecteurs,
- Nettoyage de l'intérieur de la station,
- Vérification visuelle des boucles dans la chaussée, des regards, du marquage au sol, des systèmes de retenue,
- Mesures statiques des capteurs (continuité, inductance et isolement),
- Mesures de la tension secteur, de la tension batterie (en charge et à vide), de la tension de la pile de sauvegarde de l'Unité Centrale,
- Vérification des transmissions locales et à distance,
- Vérification et relevé de la configuration,
- Vérification de la justesse des mesures de débits (5 comptages manuels 6 minutes), de vitesses (relevé de 20 à 30 vitesses avec un cinémomètre de référence), de longueurs (contrôle de 20 à 30 longueurs avec un abaque des longueurs constructeurs de véhicules), de silhouettes (contrôle de 20 à 30 silhouettes significatives suivant les normes) etc.
- Nettoyage du panneau solaire (s'il y en a un).

5 - Interopérabilité

A l'heure où des systèmes de plus en plus performants sont développés pour la mesure de trafic, se pose le problème de leur interopérabilité. En effet, ces systèmes sont construits à partir de technologies (de capteurs, de transmission...) diversifiées et pour la plupart servant à des besoins spécifiques (type de mesures ou de médias). Pour les gestionnaires, l'investissement dans un nouveau système doit permettre de couvrir les besoins dans le temps, notamment pour les recueils non-temporaires et dans l'espace, en l'intégrant avec l'existant.

Par ailleurs, l'ouverture de plus en plus large des marchés au niveau international augmente le panel des normes de matériels ou logiciels entre les pays et de protocoles de communication développés par les industriels.

Au niveau national, les mesures de trafic doivent être, depuis le 21 février 2011, en données ouvertes et gratuites [B3]. Ce portail unique interministériel met à disposition des données brutes provenant du service public, destinées à l'information de tous les citoyens. Les données fournies dans des formats exploitables permettront également aux entreprises le développement de nouvelles applications innovantes.

Il apparaît alors indispensable de réfléchir aux exigences de fiabilité, de diffusion et de comparaison entre elles des mesures de trafic dans le champ des technologies nouvelles, en priorisant les besoins dans l'esprit du développement durable.

Les services de l'Etat ont acquis une forte compétence pour la définition, la qualification et le formatage des mesures de trafic. Ils peuvent guider les industriels et surtout vérifier la qualité des objectifs atteints. Or la facilité d'intercommunication entre les dispositifs constitue un objectif incontestable de développement durable. A défaut de l'imposer via des normes jugées trop restrictives, il incombe aux industriels d'évaluer l'investissement de passerelles et à l'Etat de vérifier son utilité à moyen terme (sur quelques années au moins).

Bibliographie

A1: SAPN, Etude des nouveaux capteurs pour l'extension des mesures de temps de parcours sur A1 & A2, 2010

A3: ZELT, Comptage du nombre d'occupants des véhicules, 2010

A4: Cété Est, Comptage du nombre de passagers dans les véhicules, 2008

A7: Certu, 2RM : leur détection dans le trafic, 2009

A8: Easyway - ESG3, Intelligent Truck Parking, 2010

A9: Sétra, Suivre le trafic PL - Méthodologie pour estimer les impacts de la Taxe Poids Lourds Nationale, 2011

A10: Certu, Méthodologie d'évaluation de nouveaux capteurs de trafic routier, 2002

A11: Easyway – ESG6 – Cooperative Systems Task Force – T2.2, Les systèmes coopératifs, 2010

B1: <http://sfpark.org/>

B2: www.equidyn.fr

B3: <http://www.etalab.gouv.fr/>

Glossaire

Transmissions

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
ADSL	Asymetric Digital Synchronous Line	technique de communication basée sur une liaison numérique à débit asymétrique
Bluetooth		technologie de communication sans fil, utilisant des ondes radios à faible portée (10 – 100 m)
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution	technologie de téléphonie mobile, évolution de GSM (et GPRS) et alternative à UMTS(3G)
FTP	File Transfer Protocol	
GNSS	Global Navigation Satellite System	nom général des systèmes de navigation satellitaires fournissant une couverture globale de géopositionnement à usage civil
GPS	Global Positioning System	système (US) de géolocalisation (géopositionnement) par satellite opérationnel et ouvert au public
GPRS	General Packet Radio Service	technologie de téléphonie mobile dérivée du GSM permettant un débit de données plus élevé
GSM	Global System for Mobiles communications	technologie de téléphonie mobile de 2 nd e génération, adaptée pour la transmission de la voix
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure	protocole Internet sécurisé
IP	Internet Protocol	
RDS	Radio Data System	
RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Services	liaison de connectivité numérique de bout en bout avec une variété de services. Elle s'oppose à la RTC classique.
RTC	Réseau Téléphonique Commuté	
TMC	Traffic Message Channel	
UMTS (3G)	Universal Mobile Telecommunications System	technologie de téléphonie mobile de 3 ^{ème} génération (3G)
VPN	Virtual Private Network	
WiFi	Wireless-Fidelity	technologie de communication sans fil à haut débit,

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
		utilisant des ondes radios de portée moyenne (< 300 m)
XML	EXtended Markup Language	

Organismes / Services techniques et administratifs (routiers ou associés)

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
AFNOR	Association Française de NORmalisation	
ASFA	Association des Sociétés Françaises des Autoroutes	
CCTN	Commission des Comptes Transport de la Nation	
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe	
CEN	Comité Européen de Normalisation	
CETE	Centre d'Études Techniques de l'Équipement	
CERTU	Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques	
CETU	Centre d'Études des Tunnels	
CISR	Comité Interministériel de la Sécurité Routière	
CNES	Centre National d'Études Spatiales	
CRICR	Centre Régional d'Information et de Coordination Routière	
CNIL	Commission Nationale Informatique et Libertés	
CNIR	Centre National d'Information Routière	
DDE	Direction Départementale de l'Équipement	
DDT(M)	Direction Départementale des Territoires (et de la Mer)	
DIT	Direction des Infrastructures et des Transports	
DIR	Direction Interdépartementale des Routes	
DSCR	Délégation à la Sécurité et à la Circulation Routières	
DGITM	Direction Générale des Infrastructures,	

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
	des Transports et de la Mer	
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement	
DST	Direction des Services de Transport	
EUROSTAT		Office statistique de l'Union européenne
IFSTTAR	Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux	
INRETS	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité	
ISO	International Organisation for Standardisation (organisation internationale de normalisation)	
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées	
OIML	Organisation Internationale de Métrologie Légale	
ONISR	Observatoire national interministériel de sécurité routière	
PAN-SIT	Point d'Appui National – Système d'Information Trafic	
PCI	Pôle de Compétence et d'Innovation	
PCI CTAA	PCI Connaissance des Trafics et Application à l'Accidentologie	PCI au Côté Méditerranée spécialisé dans le recueil de données trafic
PCI RDRT	PCI Régulation Dynamique des Réseaux de Transport	PCI transverse aux Côtés de Lyon et Ile-de-France spécialisé dans la régulation dynamique du trafic
RST	Réseau Scientifique et Technique	
SCA	Société Concessionnaire d'Autoroute	
SESP	Service Economie Statistique et Prospective	
SETRA	Service d'Études sur les Transports les Routes et leurs Aménagements	
ZELT	Zone Expérimentale et Laboratoire de Trafic	

Équipements dynamiques et systèmes informatiques (routiers)

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
ADéLie		système de stockage, de catalogage et de mise à disposition du patrimoine géographique
Arpèges		logiciel qui réalise des traitements à partir des données de la base Mélodie (calcul des TMJA, TMJM et de produire annuellement le fichier HIT
Capteur		dispositif permettant de transformer un phénomène physique en signal utilisable par un détecteur.
CEM	Compatibilité Electromagnétique	
Détecteur		dispositif recevant des informations des capteurs et les transformant pour les rendre utilisables pour traitement.
DATEX	DATA EXchange	nom des specifications définies et publiées en Europe par le DATEX Technical Committee sous l'égide de la Commission Européenne (www.datex2.eu)
DIASER	DIAlogue Standard pour les Equipements de Régulation de trafic	norme de communication pour dialoguer principalement avec des contrôleurs de carrefours à feux, utilisés en régulation de trafic ; elle est également utilisée pour communiquer simplement avec des PMV, certaines stations de comptages en milieu urbain, et pour des parcs de stationnement
FA	Fonction Auxiliaire (d'adaptation)	par opposition à FP (fonction principale)
Frontal		Poste (de commande) localisé
GERICO	Gestion du Recueil Informatisé de COMptage	
GTC	Gestion Technique Centralisée	
HIT (HistoNAT)		fichiers produits par le logiciel Arpèges et envoyés annuellement au Sétra par chaque DIR pour constituer le fichier HistoNAT national (fusion des fichiers HIT)
IHM	Interface Homme Machine	
Isidor		référentiel routier du ministère rassemblant des données d'entretien des chaussées, de sécurité

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
		routière, d'ouvrages d'art et d'exploitation
ITS	Intelligent Transport Systems	Systèmes de Transport Intelligent (STI) - applications des nouvelles technologies de l'information et de la communication au domaine des transports.
LAP/LAPI (ANPR)	Lecteur Automatique de Plaques d'Immatriculation (Automatic Number Plate Recognition)	caméra numérique dotée d'un logiciel de reconnaissance de caractères
LCR	Langage de Commande Routier	langage de communication spécialisé aux équipements dynamiques liés à l'exploitation de la route ainsi qu'à leurs frontaux de commande ; il permet principalement à un centre de gestion de configurer, piloter et contrôler ces équipements
Mélorodie		logiciel qui contrôle, qualifie, valide et reconstitue si nécessaire les données issues de stations SIREDO via le MI2
MI	Module d'intercommunication	poste central composé d'un ordinateur et d'un logiciel destiné au recueil temps réel, à la concentration et à la transmission vers d'autres applications, des données fournies par plusieurs UMT
MTBF	Mean Time Between Failure	temps entre pannes
OSI	Open Systems Interconnection	le modèle OSI est un modèle de communication proposé par l'ISO pour l'interconnexion des systèmes ouverts
PMV	Panneau à Message Variable	
PND	Personal Navigation Device	équipement de navigation personnel
PKV	Pilote Caméra Vidéo	
RAD	Recueil Automatique de Données	
SIL	Safety Integrated Level	
UC	Unité Centrale	
UD	Unité de Détection	ensemble matériel et logiciel dédié à la capture des mesures de trafic et à leur transmission vers une UMT (la plus simple expression étant un détecteur de trafic déporté)
UMT	Unité de Mesure et Traitement	ensemble matériel et logiciel dédié à la concentration des données fournies par plusieurs UD (ou détecteurs) et à la transmission des données brutes ou élaborées vers un poste central

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
SAV	Signaux d'Affectation des Voies	
SICRE	Système d'Information sur la Connaissance du REseau routier national	
SICOT	Système Informatisé pour la Connaissance statistique du Trafic routier	
SIREDO	Système Informatisé de REcueil de Données	
SIT	Système d'Information Trafic	
SMTP	Station de mesure du Temps de parcours	
SNRD	Système National de Recueil de Données	
SRDT	Station de Recueil de Données de Trafic	
TEDI	Transmission et Echange de Données Informatiques	protocole de transmission de données routières alphanumériques (norme NF P 99-302, 1993)
TIPI	Traitement informatique pour la production de l'information routière	
UBR	Unités de Bord de Route (Road Side Unit)	
VISAGE		gamme de logiciels destinée à exploiter et mettre à jour des données routières dans les domaines de l'entretien, de la sécurité et de l'exploitation

Gestion de trafic et exploitation

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
Structures		
ALLEGRO	Agglomération LiLLoise Exploitation Gestion de la ROute	SAGT de l'agglomération lilloise
CEI	Centre d'Entretien et d'Intervention	
CI(S)GT	Centre d'Information (de Sécurité) et de Gestion de Trafic	
CORALY	COordination et Régulation du trafic sur les voies rapides de l'Agglomération LYonnaise	SAGT de l'agglomération lyonnaise commun aux différents exploitants
ERATO	Exploitation globale des Rocades et Autoroutes de Toulouse	SAGT de l'agglomération toulousaine
MARIUS	MARseille Information aux USAgers	SAGT de l'agglomération marseillaise
OSIRIS	Organisation de le Sécurité de l'Information Routières sur les Itinéraires de Savoie	
PC	Poste de Commande (Poste Central)	
PCTT	Poste de Commande Trafic et Tunnel	
SAGT	Systèmes d'Aide à la Gestion du Trafic	PC centralisé aux fonctionnalités avancées en terme de gestion de trafic
SIRIUS	Service Information pour un Réseau Intelligible par l'Usager	SAGT de la DiRIF
Trafic et mesures de gestion de trafic		
2RM	Deux-roues motorisés	
BAU	Bande d'Arrêt d'Urgence	
CA (FR, V, VM, PN)	Contrôle Automatisé (Feux Rouges, Vitesse, Vitesse Moyenne, Passage à Niveau)	
DAI/DAB	Détection Automatique des Incidents / Détection Automatique des Bouchons	
FCD	Floating Car Data	
FMD	Floating Mobile Data	
HOV (HOT)	High Occupancy Vehicle lanes (High	Voies réservées aux véhicules à fort taux

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
	Occupancy Traffic lanes)	d'occupation (voies taxées)
PALOMAR	Paris – LyOn – MARseille	Plan de gestion de trafic sur cet axe
PGT	Plan de Gestion de Trafic	
PL	Poids Lourd	
RAU	Réseau d'Appel d'Urgence	
RD	Route départementale	
RRN	Réseau Routier National	
TC	Transports Collectifs (en Commun)	
TE	Transports Exceptionnels	
TMD	Transport de Matières Dangereuses	
VL	Véhicule Léger	
VRBT	Voie Réservée aux Bus et aux Taxis	
VRU	Voie Rapide Urbaine	
VSP	Voie Spécialisée Partagée	
VT	Véhicules Traceurs	

Mesures de trafic

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
EVE	Enquête auprès des visiteurs étrangers	
HKM	Heures – Kilomètres	Indicateur mesurant les duretés de bouchons
IQRN	Image Qualité du Réseau routier National	
L	Longueur du véhicule (individuelle)	
Mesure microscopique	Mesure individuelle	
Mesure macroscopique	Mesure moyenne (agrégée)	
OD	Origine-destination	
Q	Débit (tous véhicules/classifié)	Nombre de véhicules ou des piétons passant en un point donné pendant un temps donné (appelé séquence).
TIV	Temps Inter-Véhiculaire	
TMJA (M)	Trafic Moyen Journalier Annuel (Mensuel)	Estimation de la charge de trafic
TO	Taux d'Occupation	
TP	Temps de parcours	
TR	Temps réel	
TD	Temps différé	
TTC	Time To Collision	Temps avant collision
V	Vitesse moyenne arithmétique	Somme des vitesses observées en un point donné, rapportée au nombre d'observations pendant une période durant laquelle les conditions d'écoulement du trafic sont homogènes.
	Vitesse moyenne harmonique $\frac{1}{V} = \frac{1}{N} \sum \frac{1}{V_i}$	Expression de la vitesse moyenne de N véhicules de vitesse individuelles V_i , en un point et pendant une période donnés.
V85		indicateur de vitesse en-dessous de laquelle circulent 85% des usagers

Divers

Marchés (et juridiques)





Sigle/Nom	Signification	Descriptif
CCAP	Cahier des Clauses Administratives Particulières	
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières	
DOE	Dossier d'ouvrage Exécuté	
TPLN	Taxe Poids Lourds Nationale	
PAQ	Plan d'Assurance Qualité	
VABF	Vérification d'Aptitude au Bon Fonctionnement	
VASR	Vérification d'Aptitude au Service Régulier	

Génie civil (infrastructures routières)

Sigle/Nom	Signification	Descriptif
GC	Génie civil	
GBA	Glissière en Béton Adhérent	
ML	Mètre Linéaire	
P(K)R	Point de repère kilométrique	
TPC	Terre-Plein Central	

Annexes

Annexe 1 : Modèle de fiche capteur

FICHE D'IDENTITÉ CAPTEUR DE TRAFIC ROUTIER [CATÉGORIES] - NOM CAPTEUR - FABRIC. / DISTRIB. FRANCE																																																																																																																																																							
version fiche 1.0 du xx/xx/20xx																																																																																																																																																							
FABRICANT																																																																																																																																																							
	Fabricant : Xxxxx XX X, XXXXXXXXXXXXXXX - XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																						
	Contact : M. Xxxxx : xxxxxx@xxxxxxxxxx.xx et site Web : http://xxxxxxxxxx.fr : xx xx xx xx xx																																																																																																																																																						
	Distributeur France : Xxxxx XX X, XXXXXXXXXXXXXXX - XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX																																																																																																																																																						
	Contact commercial : M. Xxxxx : xxxxxx@xxxxxxxxxx.xx et site Web : http://xxxxxxxxxx.fr : xx xx xx xx xx																																																																																																																																																						
DESCRIPTION DU CAPTEUR ET PRÉCISIONS																																																																																																																																																							
 	Principe physique : XXX XX XX Date de conception : xx/xx/xxxx version : xxxx																																																																																																																																																						
	Nature de mesures																																																																																																																																																						
Nature de mesures par sens en mode de recueil 6 mn	<table border="1"><thead><tr><th colspan="6">Classes de précisions et conditions de trafic</th></tr><tr><th></th><th>Classes A à E</th><th>Séquences</th><th>Conditions de trafic</th><th>Réf. et précisions</th><th>Commentaires</th></tr></thead><tbody><tr><td>Débit tous véhicules</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Débit / Longueurs</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Débit / Vitesses</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Débit / Silhouettes</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Débit / Poids</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Vitesse tous véhicules</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Vitesse / Longueurs</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Vitesse / Silhouettes</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Vitesse / Poids</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Vitesse % (V85, ...)</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Temps de présence</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Taux d'occupation</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Longueurs</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Distance inter. Véhicu.</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Silhouettes (catégories et seuils)</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Images</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Distance inter-essieux</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Charge à l'essieu</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Charge totale</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Position dans la voie</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Autres _____</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Autres _____</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Autres _____</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Classes de précisions et conditions de trafic							Classes A à E	Séquences	Conditions de trafic	Réf. et précisions	Commentaires	Débit tous véhicules	<input type="checkbox"/>					Débit / Longueurs	<input type="checkbox"/>					Débit / Vitesses	<input type="checkbox"/>					Débit / Silhouettes	<input type="checkbox"/>					Débit / Poids	<input type="checkbox"/>					Vitesse tous véhicules	<input type="checkbox"/>					Vitesse / Longueurs	<input type="checkbox"/>					Vitesse / Silhouettes	<input type="checkbox"/>					Vitesse / Poids	<input type="checkbox"/>					Vitesse % (V85, ...)	<input type="checkbox"/>					Temps de présence	<input type="checkbox"/>					Taux d'occupation	<input type="checkbox"/>					Longueurs	<input type="checkbox"/>					Distance inter. Véhicu.	<input type="checkbox"/>					Silhouettes (catégories et seuils)	<input type="checkbox"/>					Images	<input type="checkbox"/>					Distance inter-essieux	<input type="checkbox"/>					Charge à l'essieu	<input type="checkbox"/>					Charge totale	<input type="checkbox"/>					Position dans la voie	<input type="checkbox"/>					Autres _____						Autres _____						Autres _____					
Classes de précisions et conditions de trafic																																																																																																																																																							
	Classes A à E	Séquences	Conditions de trafic	Réf. et précisions	Commentaires																																																																																																																																																		
Débit tous véhicules	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Débit / Longueurs	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Débit / Vitesses	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Débit / Silhouettes	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Débit / Poids	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Vitesse tous véhicules	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Vitesse / Longueurs	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Vitesse / Silhouettes	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Vitesse / Poids	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Vitesse % (V85, ...)	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Temps de présence	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Taux d'occupation	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Longueurs	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Distance inter. Véhicu.	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Silhouettes (catégories et seuils)	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Images	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Distance inter-essieux	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Charge à l'essieu	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Charge totale	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Position dans la voie	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																						
Autres _____																																																																																																																																																							
Autres _____																																																																																																																																																							
Autres _____																																																																																																																																																							

Modes de fonctionnement implémentés

Recueils : ☐ Temps réel ☐ Temps différé ☐ Les deux

☐ Voie par voie ☐ Sens complet ☐ Données individuelles

Normes respectées :

- XX
- XX
- XX

Séquençements disponibles : ☐ 1 mn ☐ 6 mn ☐ 1 h ☐ Autre : xx s/mn/etc.

[illegible]

Capteur

Alimentation : ☐ AC xxxV Puissance absorbée : xxVA
☐ DC xxV ☐ Batterie auto. Xxx h ☐ POE ☐ Solaire

Transmission : ☐ Filaire Support : Protocole : xxxxxxxx ☐ LCR
vers récepteur ☐ Sans fil Support : Protocole : xxxxxxxx ☐ SOL2
Fréquence : Langage :

Installation : ☐ Intrusif ☐ Semi-intrusif ☐ Non-intrusif

[illegible]

Récepteur local (Station, UC, etc.)

Alimentation	:	<input type="checkbox"/> AC xxV	Puissance absorbée : xxVA		
		<input type="checkbox"/> DC xxV	<input type="checkbox"/> Batterie auto. ____	<input type="checkbox"/> POE	<input type="checkbox"/> Solaire
Transmission	:	<input type="checkbox"/> Filaire	Support :	Protocole : xxxxxxxx	<input type="checkbox"/> LCR
vers superviseur		<input type="checkbox"/> Sans fil	Support :	Protocole : xxxxxxxx	
		Fréquence :		Langage :	
Mémoire locale	:	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Taille (Mo) :	
				Nbr Enr. / séquences :	
Fichiers de sorties	:	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Format / précisions :	Xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Installation	:	<input type="checkbox"/> Intrusif	<input type="checkbox"/> Semi-intrusif	<input type="checkbox"/> Non-intrusif	

[illegible]

Systeme ou superviseur (Frontal, serveur, etc.)

Logiciel	:	XX		
Système Exploit.	:	XX		
Interopérabilité	:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		<input type="checkbox"/> LCR
Base de données	:	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Nom : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Fichiers de sorties	:	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui	Format / précisions : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

[illegible]

[illegible]

Informations de maintenance par composants su systèmes

Autres informations de maintenance

Maintenabilité, interchangeabilité, fiabilité, erreurs, dérives, résolutions, etc.

[illegible][illegible][illegible]



Réseau Scientifique
et technique

Notice fiche d'IDENTITÉ d'UN CAPTEURS DE TRAFIC ROUTIER

Catégories : *non intrusif* : capteur, liaison et récepteur hors chaussée
semi intrusif : capteur ou liaison récepteur installé en chaussée
intrusif : capteur et liaison récepteur installé en chaussée

version 1.0 du xx/xx/20xx

La fiche étant très détaillée, toute information « Non Connue » sera notée NC - Contacter le SETRA en cas de questions particulières.

FABRICANT



Fabricant : Nom du fabricant du capteur / système
 Adresse postale complète.

Contact : Nom du contact commercial
 : email et URL du site Web
 : téléphone fixe et/ou mobile



Distributeur France : Nom du revendeur Français du capteur / système
 Adresse postale complète.

Contact commercial : Nom du contact commercial
 : email et URL du site Web
 : téléphone fixe et/ou mobile

DESCRIPTION DU CAPTEUR ET PRÉCISIONS

Principe physique : description vulgarisée des principes physiques de mesures mis en œuvre par le capteur et le système.

Date de conception : date de conception du capteur version : version actuelle du capteur

Nature de mesures :

Chaque précision est décrite dans le tableau par nature de mesure, avec une périodicité de recueil de 6mn (la plus utilisée par les gestionnaires). Si la séquence utilisée pour le calcul des précisions est différente, une colonne Séquence permet de préciser cette dernière. Précisions des silhouettes : indiquer les catégories de silhouettes et les seuils utilisés (longueurs, distances inter-essieux, SER Radar, etc.).

Les classes de précision de A à E sont décrites dans la norme NFP99-300 de 11/1997 ainsi que des spécifications Européennes du COST 323 de 1997, pour exemple, pour caractériser les précisions d'un débit simple, les classes de précisions sont les suivantes :

A < 1% - 1% < B < 3% - 3% < C < 10% - D > 10%

Tableau des précisions de données de trafic

Notation usuelle	Nature de la mesure	Code	Unité	Domaines d'application	Classes d'exactitude	Notation usuelle	Nature de la mesure	Code	Unité	Domaines d'application	Classes d'exactitude
					A B C D						A B C D
ITV	Intervalle de temps individuel	IT	ds		± 2% ou ≤ 1ds ± 5% ou ≤ 3ds ± 10% ou > 5ds	Q	Débit total	QT	véh/séq		± 1% ± 3% ± 10% > 10%
DIV	Distance inter-vehiculaire	DI	m	V > 5 km/h et Vitesse constante	± 5% ± 15% ± 30% > 30%	TO	Taux d'occupation	TI	%		± 2% ± 5% ± 10% > 10%
V	Vitesse individuelle	VI	km/h	5 < V ≤ 50 km/h	± 1 km/h	V	Vitesse moyenne harmonique	VT	km/h	5 < V ≤ 50 km/h	± 1 km/h
				50 < V ≤ 130 km/h	± 2% ± 4% ± 6% > 6%					50 < V ≤ 130 km/h	± 4% ± 6% > 6%
				V > 130 km/h	± 3% ± 5% ± 10% > 10%					V > 130 km/h	± 3% ± 5% ± 10% > 10%
L	Longueur individuelle	LI	dm	V > 5 km/h et L > 2,5 m	± 2% ± 5% ± 10% > 10%	LC	Débit par classe de longueur	LC	véh/séq	V > 5 km/h et L > 2,5 m	± 5% ± 10% ± 20% > 20%
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	VC	Débit par classe de vitesse	VC	véh/séq	V > 5 km/h	± 5% ± 10% ± 20% > 20%
PTRR	Poids total roulant réel	PI	dt	PTTR > 3,5 t	± 5% ± 10% ± 15% ± 25%...	KC	Débit par catégorie de silhouette	KC	véh/séq	V > 5 km/h et Vitesse constante	± 3% ± 10% ± 15% > 15%

Tableau des précisions de données de poids

Critères (types de mesures)	Domaine d'utilisation	Classes de précision : Largeur de l'intervalle de confiance δ (%)					
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25) E
1. Poids total	Poids total > 35kN	5	7	10	15	20	25 > 25
	Poids de l'essieu						
2. Groupe d'essieux	Poids d'essieux > 20kN	7	10	13	18	23	28 > 28
3. Essieu simple		8	11	15	20	25	30 > 30
4. Essieu de groupe		10	14	20	25	30	35 > 35

Séquences : la précision de chaque nature de mesure est associée à une périodicité de recueil : la séquence. Par défaut celle-ci est de 6mn, elle peut toutefois être précisée si cette dernière est différente.

Conditions de trafic : conditions de trafic associées à chaque calcul de précision.

Réf. et précisions : type de référence utilisée pour l'estimation des précisions. Indiquer la précision de la référence.

Commentaires : description du site d'essais, type de site (urbain, péri urbain, labo., nombre de voies, etc.)



Modes de fonctionnement implémentés

Recueils : *types de recueil disponibles.*

Normes respectées : *normes Françaises et/ou étrangères respectées par le système.*

Séquencements disponibles : *périodicité des recueils.*

Conditions d'usage : *conditions particulières d'utilisation : lieux, météo, conditions de trafic, luminosité etc.*

Limites de fonctionnement : *limites de fonctionnement du systèmes : météo, conditions de trafic, luminosité etc.*

Capteur

Alimentation : *caractéristiques de l'alimentation en énergie du capteur.*

Transmission vers récepteur : *type et caractéristiques de la transmission des mesures du capteur vers le récepteur local. Le récepteur local peut être intégré au capteur, à préciser dans ce cas. Le protocole est entendu au sens TCP / UDP ou autre à définir.*

Installation : *intrusivité.*

Modes de pose : *modes d'installation : sciage de la chaussée, carottage, etc. Précisions des modalités de mise œuvre et notamment du type et de la durée du balisage des travaux.*

Récepteur local (Station, UC, etc.)

Alimentation : *caractéristiques de l'alimentation en énergie du capteur.*

Transmission vers récepteur : *type et caractéristiques de la transmission des mesures du capteur vers le récepteur local. Le protocole est entendu au sens TCP / UDP ou autre à définir.*

Mémoire locale : *stockage des mesures dans un espace mémoire local possible (oui/non) et si oui taille et nombre d'enregistrements par séquences et nombres de séquences stockables.*

Fichiers de sorties : *export de données (oui/non) et si oui format (XML, CSV, etc.) et précisions de données stockées (00,00 ou 0,0, etc.)*

Installation : *intrusivité.*

Modes de pose : *modes d'installation : sciage de la chaussée, carottage, etc. Précisions des modalités de mise œuvre et notamment du type et de la durée du balisage des travaux.*

Système ou superviseur (Frontal, serveur, etc.)

Logiciel : *logiciel métier installé sur le frontal et type de licence logicielle.*

Système Exploit. : *système d'exploitation installé sur le système et version.*

Interopérabilité : *modes de communication avec des systèmes tiers et implémentation du LCR (oui/non). Si le LCR est implémenté en partie seulement : signaler les commandes utilisables.*

Base de données : *base de données intégrée au système (oui/non) si oui : la nommer.*

Fichiers de sorties : *export de données (oui/non) et si oui format (XML, CSV, etc.) et précisions de données stockées (00,00 ou 0,0, etc.)*

Divers : *autres informations jugées utiles.*

Prix (en €)

Prix	: Classes de prix en € des matériels composant le système. La configuration type est une chaussée de 2 x 2 voies en milieu autoroutier inter urbain.
Fonctions associées et compléments	: fonctions réalisées par le système et fonctions complémentaires (images vidéo par exemple). Les éléments compris dans le prix sont à préciser (supports, génie civil, balisage, etc.)

FONCTIONNALITÉS ADDITIONNELLES



Fonctionnalités additionnelles proposées par le système.

FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE

Caractéristiques techniques et fonctionnement du capteur

Dimensions	: dimensions du capteur.
Poids	: poids du capteur.
Matières	: matière utilisée (ABS, type de métal, autres)
Connecteurs	: types de connecteurs et nombres disponibles sur le capteur.
Paramétrage	: local ou distant. Via une CLI : Command Line Interface ou Web. Les données « métrologiques » sont-elles accessibles par le client et ajustables.
Étalonnage	: l'étalonnage est-il automatique ou manuel ? Temps et référence et moyens nécessaires ? Périodicités en mois.
Réglage	: un réglage du capteur après l'installation est-il nécessaire ? Si oui durée.
T°C de stockage	: T°C
T°C d'utilisation	: T°C
Humidité relative	: xx %
Indice de protection IP	: Indice de protection IP normalisés (ex. : IP67).
Compatibilité Electrom.	: compatibilité électromagnétique normalisée.
Tenue aux chocs	: à détailler et préciser les normes associées.
Tenue aux vibrations	: à détailler et préciser les normes associées.
Info. recyclage	: à détailler.

Caractéristiques techniques et fonctionnement du récepteur

Dimensions	: dimensions du récepteur.
Poids	: poids du récepteur.
Matières	: matière utilisée (ABS, type de métal, autres)
Connecteurs	: types de connecteurs et nombres disponibles sur le récepteur.
Paramétrage	: local ou distant. Via une CLI : Command Line Interface ou Web. Les données « métrologiques » sont-elles accessibles par le client et ajustables.
T°C de stockage	: T°C
T°C d'utilisation	: T°C
Humidité relative	: xx %
Indice de protection IP	: Indice de protection IP normalisés (ex. : IP67).
Compatibilité Electrom.	: compatibilité électromagnétique normalisée.
Tenue aux chocs	: à détailler et préciser les normes associées.
Tenue aux vibrations	: à détailler et préciser les normes associées.
Info. recyclage	: à détailler.

Garantie : garantie fabricant et distributeur.






Intervalle maint. préventive : *durée typique entre deux interventions de maintenance préventive.*

Lieux géographiques et années où les capteurs ont été installés (DIR, DREAL, CG, etc.).

Expérimentations du capteur réalisées au sein du RST Français ou par d'autres organismes. Préciser les sites et les moyens d'essai.

[illegible]

Annexes 2 : Modèle de fiche expérimentation

 FICHE D'EXPÉRIMENTATION DE CAPTEURS DE TRAFIC ROUTIER ::: CAPTEURS INTRUSIFS ::: [Catégorie] - Nom capteur - Distributeur / Fabricant <i>version fiche 1.0 – Date de la fiche</i>		
RESPONSABLE DE L'ÉVALUATION		
	Organisme	: XXXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX - xx xxx - XXXXXXXX
	Équipe	: M. XXXXX - MM. XXXX, XXXX
	Contact	: xxx.xxx@xxxxxxxxxxxx.xx : XX XX XX XX
	Objectif(s) de l'évaluation	: XX
DESCRIPTION DU CAPTEUR		
	Principe physique	: XX XX
	Date de conception	: xx/xx/xxxx version : xxxx
	Nature de mesures	: xx, xx, xx, xx, xx
	Séquencements	: individuelles, 1mn, 5mn, 15mn, horaire, journalier, mensuel (...)
	Intrusivité	: Intrusif
	Capteur	
	Alimentation	: <input type="checkbox"/> AC XXX V Puissance absorbée : XX VA <input type="checkbox"/> DC XX V <input type="checkbox"/> Batterie durée XX ans <input type="checkbox"/> Solaire (possible)
	Transmission	: <input type="checkbox"/> Filare Support : Protocole :
	vers récepteur	: <input type="checkbox"/> Sans fil Support : XXXX Protocole : XXXX Fréquence : XXXX Hz Langage : XXXX
	Installation	: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX Balisage léger (30mn par voie - 15mn par pose de capteur)
	Récepteur local (Station, UC, etc.)	
	Alimentation	: <input type="checkbox"/> AC XXX V/XXV Puissance absorbée : xxx VA <input type="checkbox"/> DC XX V <input type="checkbox"/> Batterie <input type="checkbox"/> POE <input type="checkbox"/> Solaire (possible)
	Transmission	: <input type="checkbox"/> Filare Support : XXXX Protocole : XXXX
	vers superviseur	: <input type="checkbox"/> Sans fil Support : XXXX Protocole : XXXX Fréquence : XXXX Hz Langage : XXXX
	Installation	: XX XX XX
Système (Frontal, serveur, etc.)		
Logiciel	: XXXX	
Système Exploit.	: XXXX	
Interopérabilité	: XXXX <input type="checkbox"/> LCR	
Divers	: XX	
CARACTÉRISTIQUES DU SITE ET CONDITIONS D'EXPÉRIMENTATION		
	Date Site	: xx/xx/20xx XX XX
	Trafic	: XX
	Météo	: XX
	Capteurs	: XX XX
	VLA	: XXX km/h
		 <p>Débits horaires journalier 2 sens</p>

MÉTHODE D'ÉVALUATION



Méthode(s) : Guide « Méthodologie des nouveaux capteurs de trafic routier » - 2002.
Test normalité W Shapiro-Wilk
Analyse des recueils individuels et agrégés

Norme(s) : NFP99-300, NFP99-330, NFX06-032, COST 323, etc.

Référence(s) : Débit : Xxxxxx Vitesse : Xxxxxx
Longueur : Xxxxxx

RÉSULTATS ET PRÉCISIONS

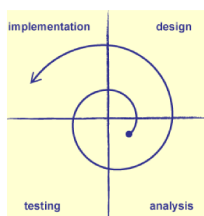


Natures des mesures	Type de trafic	Jour/nuit horaires	Incertitudes	Classes de précision
Individuelles tous véhicules				
- Vitesse Ech. : 100 - K=2,23 Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%) Ech. : 100 - K=2,23 Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- Longueur Ech. : 100 - K=2,23 Réf. : Abaques constructeurs automobiles Ech. : 100 - K=2,23 Réf. : Abaques constructeurs automobiles	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
Données agrégées tous véhicules				
- Débits 1 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- Débits 6 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- Débits horaire Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- Vitesses moyennes 1 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%) Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit ((20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- Vitesses moyennes 6 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%) Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- Vitesses moyennes horaires Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%) Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit ((20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- %PL 1 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- %PL 6 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
- %PL horaires Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à D
Données statistiques				
- Débits journaliers (xx ech.)		: moins de x% d'écart xxxxxxxxxxxxxxxx		
- Vitesses journalières (xx ech.)		: moins de x% d'écart xxxxxxxxxxxxxxxx		
- Taux d'occupation journaliers (xx ech.)		: moins de x% d'écart xxxxxxxxxxxxxxxx		
- Discrimination VL/PL (xx ech.)		: moins de x% d'écart xxxxxxxxxxxxxxxx		
La station SIREDO n'a pas été utilisée en référence pour ces mesures statistiques mais une comparaison des recueils a été réalisé (exemple de commentaires).				
Autres natures de données recueillies (charges, silhouettes, etc.)				
Ech. : xx x iiiii - K=x,xx Réf. : xxxxx (précision xx%)	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à E
Ech. : xx x iiiii - K=x,xx Réf. : xxxxx (précision xx%)	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	U =] xx,xx%; xx,xx% [μ = x,xx δ = x,xx	A à E

Avantages



Inconvénients

[illegible][illegible][illegible]

Expérimentations réalisées pour ce capteur :
- Qui, où, date, numéro de la fiche d'évaluation associée, etc.



FICHE D'EXPÉRIMENTATION DE CAPTEURS DE TRAFIC ROUTIER

::: CAPTEURS NON-INTRUSIFS :::

[Catégo rie] - Nom capteur - Distributeur / Fabricant

version fiche 1.0 – Date de l'expérimentation

RESPONSABLE DE L'ÉVALUATION



Organisme : XXXXXXXXXXXX
XX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX - xx xxx - XXXXXXX
Équipe : M. XXXXX - MM. XXXXX, XXXXX
Contact : XXXX.XXXX@XXXXXXXXXXXX.XX
: XX XX XX XX XX
Objectif(s) de l'évaluation : XXX

DESCRIPTION DU CAPTEUR



Principe physique : XXX
XX

Date de conception : xx/xx/xxxx version : xxxx

Nature de mesures : xx, xx, xx, xx

Séquencements : individuelles, 1mn, 5mn, 15mn, horaire, journalier, mensuel (...)

Intrusivité : Non-intrusif

Capteur

Alimentation : ☐ AC XXX V Puissance absorbée : XX VA
☐ DC XX V ☐ Batterie durée XX ans ☐ Solaire (possible)

Transmission : ☐ Filaire Support : Protocole :

vers récepteur ☐ Sans fil Support : XXXX Protocole : XXXX
Fréquence : XXXX Hz Langage : XXXX

Installation : XXXXXXXXXXXXXXXX
Balisage léger (30mn par voie - 15mn par pose de capteur)

Récepteur local (Station, UC, etc.)

Alimentation : ☐ AC XXX V/XXV Puissance absorbée : xxx VA
☐ DC XX V ☐ Batterie ☐ POE ☐ Solaire (possible)

Transmission : ☐ Filaire Support : XXXX Protocole : XXXX

vers superviseur ☐ Sans fil Support : XXXX Protocole : XXXX
Fréquence : XXXX Hz Langage : XXXX

Installation : XXX
XX
XX

Système (Frontal, serveur, etc.)

Logiciel : XXXX

Système Exploit. : XXXX

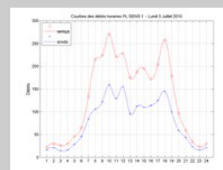
Interopérabilité : XXXX ☐ LCR

Divers : XXX

CARACTÉRISTIQUES DU SITE ET CONDITIONS D'EXPÉRIMENTATION



Date : xx/xx/20xx
Site : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Trafic : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Météo : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Capteurs : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
VLA : XXX km/h



Débits horaires journalier 2 sens

MÉTHODE D'ÉVALUATION



Méthode(s) : Guide « Méthodologie des nouveaux capteurs de trafic routier » - 2002.
Test normalité W Shapiro-Wilk
Analyse des recueils individuels et agrégés

Norme(s) : NFP99-300, NFP99-330, NFX06-032, COST 3232, etc.

Référence(s) : Débit : Xxxxxx Vitesse : Xxxxxx
Longueur : Xxxxxx

RÉSULTATS ET PRÉCISIONS



Natures des mesures	Type de trafic	Jour/nuit horaires	Incertitudes	Classes de précision
Individuelles tous véhicules				
- Vitesse Ech. : 100 - K=2,23 Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 100 - K=2,23 Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- Longueur Ech. : 100 - K=2,23 Réf. : Abaques constructeurs automobiles	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 100 - K=2,23 Réf. : Abaques constructeurs automobiles	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Données agrégées tous véhicules				
- Débits 1 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- Débits 6 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- Débits horaire Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- Vitesses moyennes 1 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- Vitesses moyennes 6 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- Vitesses moyennes horaires Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : Mesta 210 (précision : ±xx%)	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- %PL 1 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- %PL 6 mn Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
- %PL horaires Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Jour (8h-20h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Ech. : 30 x iiiii - K=x,xx Réf. : opérateur et vidéo	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à D
Données statistiques				
- Débits journaliers (xx ech.)			: moins de x% d'écart xxxxxxxxxxxxxxxx	
- Vitesses journalières (xx ech.)			: moins de x% d'écart xxxxxxxxxxxxxxxx	
- Taux d'occupation journaliers (xx ech.)			: moins de x% d'écart xxxxxxxxxxxxxxxx	
- Discrimination VL/PL (xx ech.)			: moins de x% d'écart xxxxxxxxxxxxxxxx	
<i>La station SIREDO n'a pas été utilisée en référence pour ces mesures statistiques mais une comparaison des recueils a été réalisée (exemple de commentaires).</i>				
Autres natures de données recueillies (charges, silhouettes, etc.)				
Ech. : xx x iiiii - K=x,xx Réf. : xxxxx (précision xx%)	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$ $\mu = x,xx \quad \delta = x,xx$	A à E
Ech. : xx x iiiii - K=x,xx Réf. : xxxxx (précision xx%)	Trafic xxxxx	Nuit (20h-8h)	$U =] xx,xx\% ; xx,xx\% [$	A à E

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIMENTATION

Avantages



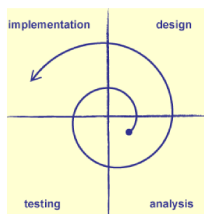
Inconvénients



XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX

XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX

RETOUR(S) D'EXPÉRIENCE ET PISTES D'AMÉLIORATION



XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX

Expérimentations réalisées pour ce capteur :
- Qui, où, date, numéro de la fiche d'évaluation associée, etc.



FICHE D'EXPÉRIMENTATION DE CAPTEURS DE TRAFIC ROUTIER

::: CAPTEURS DAI :::

[Catégorie] - Nom capteur - Distributeur / Fabricant

version fiche 1.0 – Date de l'expérimentation

RESPONSABLE DE L'ÉVALUATION



Organisme : XXXXXXXXXXXX
XX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX - xx xxx - XXXXXX
Équipe : M. XXXXX - MM. XXXXX, XXXXX
Contact : XXXX.XXXX@XXXXXXXXXXXX.XX
: XX XX XX XX XX
Objectif(s) de l'évaluation : XXX

DESCRIPTION DU CAPTEUR



Principe physique : XXX
XX

Date de conception : xx/xx/xxxx version : xxxx

Nature de mesures : xx, xx, xx, xx, xx

Type de capteur : vidéo, autres
Si vidéo : séquençement des images, temps réel

Intrusivité : Non-intrusif

Capteur

Alimentation : ☐ AC XXX V Puissance absorbée : XX VA
☐ DC XX V ☐ Batterie durée XX ans ☐ Solaire (possible)

Transmission : ☐ Filaire Support : Protocole :
vers récepteur ☐ Sans fil Support : XXXX Protocole : XXXX
Fréquence : XXXX Hz Langage : XXXX

Installation : XXXXXXXXXXXXXXXX
Balisage (30mn par voie - 15mn par pose de capteur)

Récepteur local (Station, UC, etc.)

Alimentation : ☐ AC XXX V/XXV Puissance absorbée : xxx VA
☐ DC XX V ☐ Batterie ☐ POE ☐ Solaire (possible)

Transmission : ☐ Filaire Support : XXXX Protocole : XXXX
vers superviseur ☐ Sans fil Support : XXXX Protocole : XXXX
Fréquence : XXXX Hz Langage : XXXX

Installation : XXX
XX

Système (Frontal, serveur, etc.)

Logiciel : XXXX

Système Exploit. : XXXX

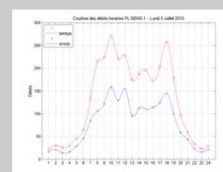
Interopérabilité : XXXX ☐ LCR

Divers : XXX

CARACTÉRISTIQUES DU SITE ET CONDITIONS D'EXPÉRIMENTATION



Date : xx/xx/20xx
Site : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Trafic : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Météo : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Capteurs : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
VLA : XXX km/h



Débits horaires journalier 2 sens

MÉTHODE D'ÉVALUATION



Méthode(s) : Guide des méthodes et des systèmes de Détection Automatique des Incidents- 2004. Simon Cohen, rapport de travail. Convention DSCR-INRETS n° 2003 / 045 / T

Norme(s) : NFP99-300, NFP99-330, NFX06-032, COST 323, etc.

Référence(s) alarmes : Taux de détection (TD), taux de fausses alarmes (TFA), fréquence de fausses alarmes (FFA), délai de détection (DD)

RÉSULTATS ET PRÉCISIONS



Natures des mesures	Type de trafic	Jour/nuît horaires	Incident réel	TD	TFA	FFA	DD
Détection d'incidents							
- DAI Ech. : 500 - K=2,07 Réf. : opérateur et vidéo	Trafic saturé	Jour (8h-20h)	350	300 % non détection	60	30/mois	60sec
- DAB Ech. : 500 - K=2,07 Réf. : opérateur et vidéo	Trafic saturé	Jour (8h-20h)	350	300 % non détection	60	30/mois	60sec

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIMENTATION

Avantages



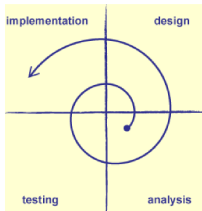
Inconvénients



XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX

XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX

RETOUR(S) D'EXPÉRIENCE ET PISTES D'AMÉLIORATION



XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX
XX

Expérimentations réalisées pour ce capteur :
- Qui, où, date, numéro de la fiche d'évaluation associée, etc.



Réseau Scientifique
et technique

Notice fiche d'EXPÉRIMENTATION DE CAPTEURS DE TRAFIC ROUTIER

Catégories : *non intrusif* : capteur, liaison et récepteur hors chaussée
intrusif : capteur et liaison récepteur installé en chaussée

version 1.0 du xx/xx/20xx

La fiche étant très détaillée, toute information « Non Connue » sera notée NC - Contacter le SETRA en cas de questions particulières.

RESPONSABLE DE L'ÉVALUATION



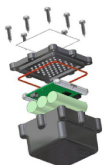
Organisme : Nom de l'organisme évaluateur du capteur / système
Adresse postale complète.

Équipe : Nom des personnes composant l'équipe de l'évaluation avec le responsable en gras.

Contact : Nom du contact et responsable de l'évaluation
: email et URL du site Web
: téléphone fixe et/ou mobile

Objectif(s) de l'évaluation : pré-évaluation, évaluation métrologique, fonctionnelle, autre ?

DESCRIPTION DU CAPTEUR



Principe physique : description vulgarisée des principes physiques de mesures mis en œuvre par le capteur et le système.

Date de conception : date de conception du capteur **version** : version actuelle du capteur

Natures des mesures : toute nature de mesures fournies par le capteur : débit, vitesses, longueurs, taux d'occupation, etc. Préciser si le système recueille des données individuelles et les types de recueil (type Ai, Mi, Bi, etc.)

Capteur

Alimentation : caractéristiques de l'alimentation en énergie du capteur.

Transmission vers récepteur : type et caractéristiques de la transmission des mesures du capteur vers le récepteur local. Le récepteur local peut être intégré au capteur, à préciser dans ce cas. Le protocole est entendu au sens TCP / UDP ou autre à définir.

Installation : intrusivité et modes de pose : sciage de la chaussée, carottage, etc. Précisions des modalités de mise œuvre et notamment du type et de la durée du balisage des travaux.

Récepteur local (Station, UC, etc.)

Alimentation : caractéristiques de l'alimentation en énergie du capteur.

Transmission vers récepteur : type et caractéristiques de la transmission des mesures du capteur vers le récepteur local. Le protocole est entendu au sens TCP / UDP ou autre à définir.

Installation : intrusivité et modes de pose : sciage de la chaussée, carottage, etc. Précisions des modalités de mise œuvre et notamment du type et de la durée du balisage des travaux.

Système ou superviseur (Frontal, serveur, etc.)

Logiciel : logiciel métier installé sur le frontal et type de licence logicielle.

Système Exploit. : système d'exploitation installé sur le système et version.

Interopérabilité : modes de communication avec des systèmes tiers et implémentation du LCR (oui/non).
Si le LCR est implémenté en partie seulement : signaler les commandes utilisables.

Divers : autres informations jugées utiles.

CARACTÉRISTIQUES DU SITE ET CONDITIONS D'EXPÉRIMENTATION



Caractéristiques du site et conditions d'expérimentations

Date : Date de l'expérimentation

Site : Lieu de l'expérimentation

Trafic : type et caractéristiques de la transmission des mesures du capteur vers le récepteur

Météo : conditions météorologiques constatées lors de l'évaluation, exposition, ensoleillement, etc.

Capteurs : configuration de l'installation du ou des capteurs (sur quelles voies, en accotement => distances et hauteurs, en pleine voie, en milieu de voie, etc.)

VLA : Vitesse Limite Autorisée du site.

Débit horaire jou. : Vignette du débit horaire journalier du site d'évaluation permettant d'avoir une vue globale des conditions de trafic pour les deux sens de circulation.

MÉTHODE D'ÉVALUATION



Méthode(s) : Méthodes, normes et guides suivis pour l'évaluation.
 Norme(s) : Citer les normes utilisées telles que : NFP99-300, NFP99-330, NFX06-032, COST 3232.
 Référence(s) : Références utilisées pour calculer les intervalles d'incertitudes ainsi que les classes de précisions. Préciser aussi la précision des références utilisées.

RÉSULTATS ET PRÉCISIONS



Tableau des précisions :

Natures des mesures : Préciser : individuelles ou agrégées, puis séquence, puis nature (débit, vitesse, etc.)
 Type de trafic :
 Classes de trafic : préciser la classe de trafic parmi les six classes définies ci-dessous avec les seuils associés (les seuils sont donnés ici pour exemple pour une VLA de 90 km/h) :
 - Trafic faible : $QT6min < 50 \text{ véh}$ et $V > 70 \text{ km/h}$
 - Trafic très fluide : $50 \text{ véh} < QT6min < 100 \text{ véh}$ et $V > 70 \text{ km/h}$
 - Trafic fluide : $100 \text{ véh} < QT6min < 150 \text{ véh}$ et $V > 70 \text{ km/h}$
 - Trafic dense : $QT6min > 150 \text{ véh}$ et $V > 70 \text{ km/h}$
 - Trafic très dense : $50 \text{ km/h} < Vmoy6min < 70 \text{ km/h}$
 - Congestion : $Vmoy6min < 50 \text{ km/h}$
 Jour/nuit - horaires : Préciser jour / nuit puis les horaires de l'évaluation.
 Incertitudes : Intervalles d'incertitudes I selon la norme NFP99-300 et suivant le guide de l'évaluation de nouveaux capteurs routiers du CERTU de 2002.
 Classes de précision : Classes de précisions selon la norme NFP99-300 et le COST 323 comme décrit partiellement ci-dessous :

Tableau des précisions de données de trafic

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		$\leq 2\%$ ou $\leq 1ds$	$\leq 5\%$ ou $\leq 3ds$	$\leq 10\%$ ou $\leq 5ds$	$\geq 10\%$ ou $\geq 5ds$
DIV	Distance inter-véhiculaire	DI	m	$V > 5 \text{ km/h}$ et Vitesse constante	$\leq 5\%$	$\leq 15\%$	$\leq 30\%$	$> 30\%$
V	Vitesse individuelle	VI	km/h	$5 < V \leq 50 \text{ km/h}$ $50 < V \leq 130 \text{ km/h}$ $V > 130 \text{ km/h}$	$\leq 1 \text{ km/h}$ $\leq 2\%$ $\leq 3\%$	$\leq 3 \text{ km/h}$ $\leq 4\%$ $\leq 5\%$	$\leq 5 \text{ km/h}$ $\leq 6\%$ $\leq 10\%$	$> 5 \text{ km/h}$ $> 6\%$ $> 10\%$
L	Longueur individuelle	LI	dm	$V > 5 \text{ km/h}$ et $L > 2,5 \text{ m}$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$	$> 10\%$
TI	Temps de présence ponctuel	TI	ms	$V > 5 \text{ km/h}$	$\leq 2\%$ ou $\leq 1 \text{ ms}$	$\leq 5\%$ ou $\leq 3 \text{ ms}$	$\leq 10\%$ ou $\leq 5 \text{ ms}$	$> 10\%$ ou $> 5 \text{ ms}$
PTRR	Poids total roulant réel	PI	dt	$PTTR > 3,5 \text{ t}$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$	$\leq 15\%$	$\leq 25\% \dots$

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

Tableau des précisions de données de poids

Critères (types de mesures)	Domaine d'utilisation	Classes de précision : Largeur de l'intervalle de confiance δ (%)						
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
1. Poids total	Poids total > 35kN	5	7	10	15	20	25	> 25
	Poids de l'essieu							
2. Groupe d'essieux	Poids d'essieux > 20kN	7	10	13	18	23	28	> 28
3. Essieu simple		8	11	15	20	25	30	> 30
4. Essieu de groupe		10	14	20	25	30	35	> 35

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIMENTATION

Avantages



Inconvénients



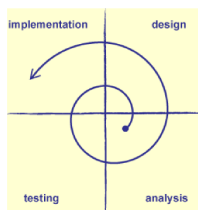
Décrire les avantages du capteur / système, par exemple :

- Facilité d'installation
- Auto calibrage
- Modes de transmission et d'alimentation
- Interopérabilité
- Coûts
- Performances, précisions (en situations dégradées : météo, nuit...), possibilité de recueil
- Robustesse, Maintenabilité,
- etc.

Décrire les inconvénients du capteur / système, par exemple :

- Facilité d'installation
- Auto calibrage
- Modes de transmission et d'alimentation
- Interopérabilité
- Coûts
- Performances, précisions (en situations dégradées : météo, nuit...), possibilité de recueil
- Robustesse, Maintenabilité,
- etc.

RETOURS D'EXPÉRIENCE



Décrire :

- les problèmes rencontrés lors de l'expérimentation, et notamment dans les méthodes utilisées,
- les compléments d'études, de mesures qui permettraient de préciser certains caractéristiques importantes,
- les pratiques, méthodes ou encore les aspects logistiques à améliorer pour les prochaines évaluations,
- etc.

Présenter les autres évaluations réalisées sur ce même capteur / système en précisant :

- La date, la version du matériel, le lieu d'évaluation ainsi que l'organisme évaluateur.
- Préciser aussi le numéro de la fiche correspondante si celle-ci existe.

Annexe 3 : Modèle de fiche sites d'expérimentation



Réseau Scientifique
et technique

FICHE D'IDENTITÉ DU SITE D'EXPÉRIMENTATION

...

version fiche 1.0 du 22/06/2012

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Profil en travers : *nombre de voies, présence de TPC, BAU...*

Vitesse limite : *vitesse maximale autorisée dans les 2 sens*

Trafic : *niveaux de service rencontrés, TMJA*

Ouvrage d'art à proximité : *Présence de pont, passerelle avec PMV, etc*

Équipements du site : *Présence de stations de comptages, etc*

Stationnement en sécurité : *Oui/Non*

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU SITE

Photo aérienne du site

*Photo du site au sol
et équipements pour
l'expérimentation*

Description du site : *PR, nom de la ville, route nationale/autoroute, nom du gestionnaire, présence d'éclairage public, etc*

Localisation	Département, PR, nationale/autoroute	
	zone urbaine/péri-urbaine, route type VRU, etc	
	Gestionnaire du site	
Description du site	Nombre de voies de circulation et sens de circulation	
	Largeur de chaque voie de circulation	
	Présence d'un terre plein central ?	Oui (largeur)/Non
	Présence d'un carrefour à feux à ± 100m ?	Oui/Non
	Présence d'un passage piéton ?	Oui/Non
	Le stationnement est-il autorisé ?	Oui/Non
	Des véhicules arrêtés sont-ils présents de manière récurrente ?	Oui/Non
	En période nocturne, le site est-il éclairé ?	Oui/Non
Connaissance du trafic au droit du site	Station de comptage présente, vitesse maximale autorisée, circulation interdite pour certains usagers, etc	
	Dernier TMJA connu	
Facilités offertes par le site	Ouvrages d'art présents et équipements	- exemple : PMV, caméras, etc
	Composition de la plateforme d'expérimentation	- exemple : Présence d'armoires, station de comptage (nombre de boucles par voie), station météo, câblages (Ethernet, secteur, basses tensions), etc
	Équipement de la section	
	Présence d'une aire d'arrêt ?	Oui/Non
Autres		

SCHÉMA DU SITE D'EXPÉRIMENTATION

Schéma du site d'expérimentation avec équipements du site

Afin de limiter l'impact environnemental, l'optimisation du réseau routier existant est désormais une priorité. Pour cela, une gestion du trafic efficace peut concourir à cet objectif. Cela passe entre autres par la mise en place de stratégies de gestion de trafic qui nécessitent un recueil de données, aussi bien en temps réel qu'en temps différé, le plus précis et le plus accessible possible.

L'objectif de l'étude est de donner une vision la plus complète possible sur l'état de l'art de la collecte de données de trafic, en termes de technologies et en adéquation avec les besoins métier et en particulier ceux liés à l'information et à la gestion du trafic.

Ce rapport vise à :

- aider le gestionnaire (Direction Interdépartementale des Routes, Collectivités Locales, etc.) à mettre en œuvre des systèmes de connaissance du trafic en fonction de ses besoins dans le cadre de ses opérations d'exploitation ;
- contribuer à la réflexion sur la définition d'un socle d'équipements nécessaire à l'information et la gestion du trafic sur le réseau routier national.

Référent Sétra

Marie-Christine Esposito – CSTM/DOUR

mél : marie-christine.esposito@developpement-durable.gouv.fr

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

110 avenue de Paris 77171 SOURDUN
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
© 2012 Sétra – Référence : 1243w – ISRN : EQ-SETRA--12-ED30-FR

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE

