

Évaluation de nouvelles générations de capteurs fixes et mobiles en milieu urbain - Résultats des évaluations réalisées dans le cadre du projet Optimod'Lyon

Gilles Vernoux^{1*}, Éric Klein², Éric Purson³

1. Communauté Urbaine de Lyon, 20, rue du lac, 69399 Lyon Cedex 03 +33 (0)4 78 63 47 46
Gvernoux@grandlyon.org, France
2. Cerema, Direction territoriale Est 1, boulevard Solidarité, 57070 Metz +33 (0)3 87 20 45 52
eric.klein@developpement-durable.gouv.fr, France.
3. Cerema, Direction territoriale Est 1, boulevard Solidarité, 57070 Metz +33 (0)3 87 20 45 47
eric.purson@developpement-durable.gouv.fr, France.

Résumé

L'optimisation de la gestion du trafic et de la mobilité en milieu urbain sont des sujets particulièrement complexes. Les différentes technologies de collecte de données trafic aujourd'hui disponibles et au cœur des systèmes de transports intelligents (STI), sont majoritairement développées pour des contextes interurbains. Ces derniers sont donc en général mal adaptés au milieu urbain et nécessitent d'être évalués puis optimisés pour être opérationnels dans ce nouvel environnement. Un des principaux enjeux du projet Optimod'Lyon est d'améliorer la mobilité durable pour la grande agglomération de Lyon. Dans ce cadre, le Grand Lyon (pilote du projet) a lancé l'évaluation de deux nouvelles technologies de recueil de données trafic : des capteurs sans fil (technologie magnétomètre) et des véhicules traceurs (technologie GPS). La qualité et la crédibilité de ces données de mobilité est essentielle dans ce type de projet. En effet, ces dernières abondent un entrepôt de données à partir duquel sont produits des informations et prévisions de trafic temps réel fournies aux usagers. Les évaluations des fonctions de détection, de vitesse, de taux d'occupation, d'élaboration d'états de trafic en temps réel et de temps de parcours seront achevées dès la fin de l'été 2013. De premiers résultats sont d'ores et déjà disponibles et ont été présentés au réseau scientifique et technique (RST) du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE) notamment lors de la journée « véhicules traceurs » du 21 mai co-organisées par le Setra, le Certu et l'IFSTTAR. La présentation proposée vise à synthétiser les résultats des travaux d'évaluation, et à présenter du point de vue de l'exploitant routier, les différents résultats obtenus. Au-delà des discours commerciaux, et donc avec un niveau d'exigence requis pour une information routière de qualité, l'évaluation a identifié les performances de ces deux technologies, les fonctionnalités disponibles, les coûts associés et aussi les limites d'utilisation voire les difficultés. Cette présentation particulièrement riche, pourra aider les exploitants de réseaux routiers et les diffuseurs de services d'information, à se faire une opinion objective sur ce que l'on peut attendre de ces technologies en fonction du contexte d'utilisation et des coûts afférents.

Mots clés : temps de parcours, multimodalité, trafic urbain, capteurs innovants, transmission sans fil, précisions, LAPI.

Les besoins de l'exploitant

La qualité de l'exploitation d'un réseau de voirie urbaine ou semi urbaine dont les services de gestion de trafic ou d'information usagers, dépend grandement de la quantité de capteurs trafic installés, de la qualité des emplacements retenus et enfin de la fiabilité et de la précision des mesures produites. Le milieu urbain est équipé d'une forte densité de carrefours à feux. Le besoin premier pour un exploitant est de percevoir à travers les mesures recueillies, la charge du trafic en temps réel, par mesure de remontées de files de véhicules à une centaine de mètres en amont des feux.

Le recueil des temps de parcours, est également l'une des préoccupations d'un exploitant de voirie urbaine car il s'agit d'une mesure simple à appréhender pour le grand public et qui est commune à tous les modes de transports. Elle permet donc la comparaison immédiate de leurs performances respectives, à toutes heures. En conséquence, elle a donc un intérêt important pour :

- informer le grand public sur les conditions de circulation ;
- évaluer les conséquences sur le trafic routier de la mise en place de nouvelles infrastructures de transport et donc de l'impact de la mise en œuvre de la politique publique ;
- produire une information complémentaire pour la gestion temps réel du trafic au PC de régulation pour les points singuliers.

Présentation des capteurs innovants évalués et de la référence mise en œuvre

Les capteurs innovants

Le choix du Grand Lyon, quant aux capteurs à déployer en complément des nombreuses stations à boucles inductives dans le cadre du projet Optimod'Lyon, s'est notamment porté sur des magnétomètres développés par la société Californienne (USA) SENSYS NETWORKS. Cette nouvelle technologie est aujourd'hui utilisée à travers le monde, notamment aux États-Unis, en Europe (Allemagne entre autre) ou encore en Australie. Aujourd'hui plus de 100 000 capteurs ont ainsi déjà été déployés.

KARRUS-ITS est le distributeur de la solution SENSYS NETWORK pour la France en milieu interurbain, FARECO distribuant ces mêmes capteurs et systèmes en environnement urbain. Le principe de fonctionnement de ces capteurs est basé sur la détection des variations du champ magnétique terrestre engendré par le passage d'une masse métallique dans l'environnement du capteur : il s'agit de la « signature magnétique » du véhicule.

En l'absence de véhicule, chaque capteur mesure le champ magnétique terrestre présent pour définir une référence par calibrage automatique. Cette calibration continue permet à chaque capteur de s'adapter au site dans le respect des contraintes d'installation. Chaque capteur mesure la variation du champ magnétique terrestre provoquée par le passage d'un véhicule, suivant les 3 axes de l'espace X, Y et Z.

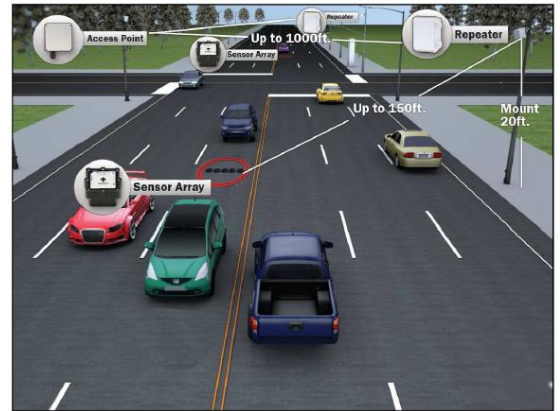
La détection d'un véhicule est réalisée par seuillage, deux seuils étant paramétrables. L'analyse des variations du champ magnétique mesuré pour les trois composantes est réalisée à l'aide d'algorithmes de traitement du signal qui fournissent une information d'identification propre à chaque véhicule, sa « signature magnétique ».

Les magnétomètres, encapsulés dans un boîtier plastique de protection, sont installés sur chaque voie de circulation, à quelques centimètres sous l'enrobé de la chaussée et communiquent avec l'unité de détection en bord de voie (« point d'accès ») par une liaison radioélectrique très basse consommation. Ce point d'accès est positionné sur un mât (ou autre support) à quelques mètres de hauteur, à une distance des capteurs inférieure à 50 mètres. Dès les informations reçues, le point d'accès les transmet par lots au serveur distant via une liaison filaire Ethernet ou radioélectrique sans fil (GPRS, 3G...).

Ces capteurs sont en mesure de fournir des recueils précis de débits, taux d'occupation, vitesses, longueurs ou encore de temps de parcours. Ils permettent aussi d'asservir des feux rouges mais l'évaluation de cette fonction n'est pas présentée dans cet article. Pour l'application d'élaboration de temps de parcours, SENSYS NETWORKS met en œuvre cinq capteurs de type magnétomètre par voie circulée, installés transversalement et permettant de réaliser des appariements de véhicules par identification puis ré-identification des signatures magnétiques. Cette configuration est répétée à chaque point d'identification choisi pour calculer des temps de parcours.



Figures (1) – Point d'accès



Figures (2) – Capteur et implantation

Une référence mise en œuvre : les LAPI (Lecteur automatique de plaques d'immatriculation)

Dans le cadre de l'évaluation des temps de parcours, le choix du système de mesure de référence s'est porté sur l'utilisation de dispositifs à fort taux de pénétration : les Lecteurs de Plaques Automatique de Plaques d'Immatriculation (LAPI). Les LAPI sont des dispositifs équipés de caméras permettant l'identification d'un véhicule par reconnaissance optique des caractères (OCR) de sa plaque minéralogique. Ils peuvent donc lire tout type d'immatriculation, étrangère ou non. Ils peuvent être installés aussi bien en accotement (bord de voie), en terre-plein central, en surplomb dans l'axe des voies ou sur PMV ou ouvrage d'art, ce dernier mode étant à privilégier car il limite les effets de déformations de l'image des plaques et d'éloignements des voies, tout en évitant les masquages occasionnés par les véhicules de grands gabarits. Enfin, ces dispositifs sont conçus pour détecter les plaques aussi bien en rapprochement qu'en éloignement.



Figures (3) – LAPI

Ces dispositifs présentent un taux de détection élevé, de l'ordre de 95% du trafic sur la voie adjacente, variable d'environ $\pm 3\%$ selon l'implantation (accotement ou surplomb), le degré de luminosité (pénombre, soleil rasant), les conditions météorologiques (pluie, neige, brouillard) et les conditions de trafic (masquage des plaques entre véhicules ou par des véhicules de grand gabarit). A noter également que les plaques non réfléchissantes à fond noir

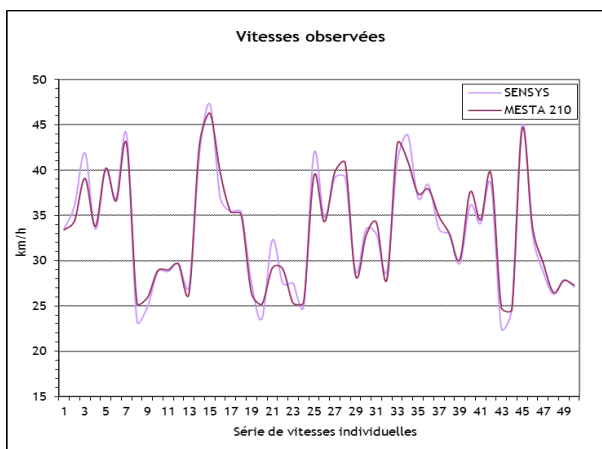
ne sont pas détectées par ce type de dispositif. Le taux de bonne lecture des plaques est généralement compris entre 85 et 90% des plaques détectées. Les erreurs de lecture de caractère sont majoritairement non imputables au LAPI et sont le plus souvent dus à une plaque d'immatriculation endommagée ou sale. Le taux de reconnaissance, produit du taux de détection par le taux de bonne lecture, est donc de voisin de 80 à 85% du trafic.

Chaque détection de plaque minéralogique est horodatée à la seconde par le système informatique d'acquisition à l'instant de la lecture et stockée dans un fichier de type texte. L'installation de dispositifs LAPI en deux points d'un axe routier à raison d'un lecteur de plaques par voie, permet donc d'apparier les heures de passage d'un véhicule en chacun de ces deux points en fonction de la ré-identification de sa plaque minéralogique et d'obtenir ainsi, par différence des heures de passage, le temps de parcours dudit véhicule sur la section concernée. Le taux d'appariement des plaques est fonction des taux de reconnaissance en chacun des points d'entrée et de sortie de la section analysée. Il est aussi fonction des caractéristiques de cette section, principalement le nombre d'entrées/sorties. Une section fermée, ne présentant aucun débit de fuite, permettra donc d'obtenir une représentativité optimale du trafic routier car elle maximise le taux d'appariement.

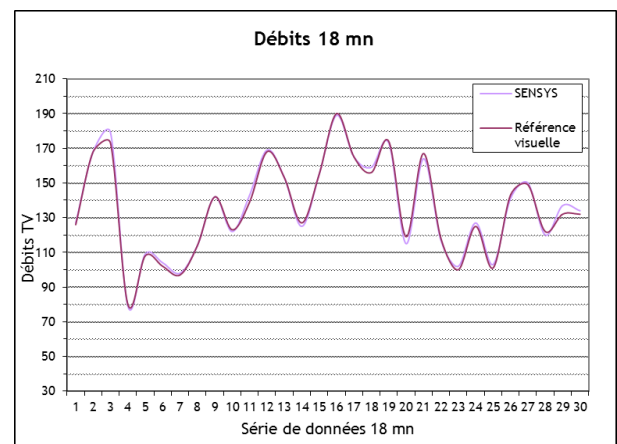
Résultats

Mesures de débits agrégés, de taux d'occupation et de vitesses individuelles

En mode de « recueils individuels », les mesures de débits 18mn présentent une précision située en classe C mais avec des bornes de l'intervalle d'exactitude n'excédant pas $\pm 4,5\%$. Le système présente une précision en classe B pour les mesures de vitesses individuelles instantanées, avec un léger « décalage bas » autour de 1km/h par rapport à notre référence (radar police MESTA 210). Même si les mesures de longueurs individuelles n'ont pas été recueillies et analysées finement dans le cadre de cette évaluation, on note que pour des passages récurrents d'un même bus de ville, les longueurs estimées par le Système Sensys Networks sont toujours situées dans la même plage de valeurs cohérentes de [18m-20m].

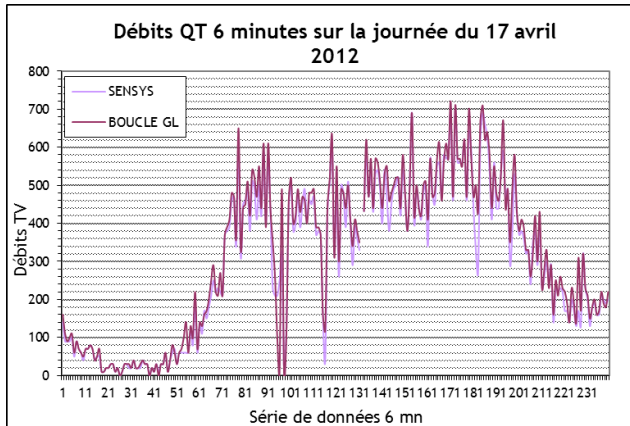


Figures (4) – Vitesses individuelles

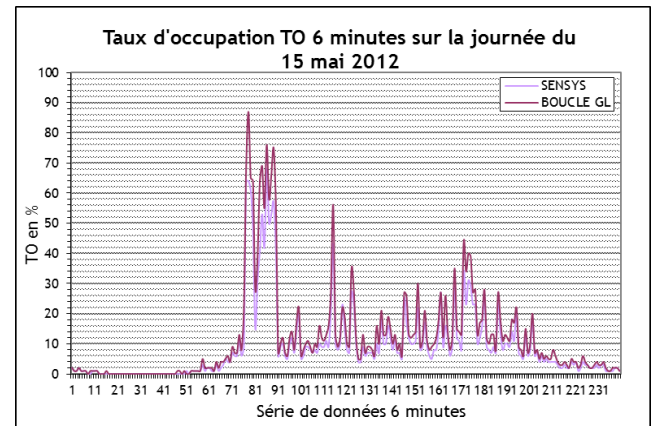


Figures (5) – Débits 18min référence / magnétomètres

En mode de recueils statistiques, le système Sensys Networks présente des mesures proches des mesures fournies par la station à boucle électromagnétique du Grand Lyon, des tendances toujours identiques, mais toutefois avec quelques écarts pour des valeurs de « pointe » des débits et TO horaires et journalier (figure 7).



Figures (6) – Débits 6min boucles / magnétomètres



Figures (7) – TO 6min boucles / magnétomètres

Élaboration de temps de parcours

Les premières campagnes ont permis de mettre en évidence la nécessité de modifier certains paramètres de réglage du système Sensys Networks. En effet, celui-ci étant configuré dans un mode de fonctionnement identique à celui déployé aux Etats-Unis, il s'avère que ce type de configuration n'est pas directement applicable aux réseaux et trafics urbains européens dont les caractéristiques sont très différentes (géométrie des voies, nombre de carrefours à feux plus important, flux de trafic, etc.). Les trois premières campagnes de mesures ont donc été réalisées avec un paramétrage initial du système inadapté.

La quatrième et dernière campagne, effectuée le 3 octobre 2013, a produit des résultats nettement plus précis en termes de suivi des évolutions des temps de parcours mais aussi en termes d'écart absolu avec les mesures obtenues à l'aide des dispositifs de référence. Les nouveaux paramétrages implémentés après la troisième campagne ont donc apportés des améliorations significatives aux performances du système. A ce stade de l'étude, le système Sensys Networks étant dans une configuration présentant des performances plus fiables, les résultats de cette dernière campagne ont permis de construire un « indicateur de fiabilité » fournissant une image claire des performances pour chaque section analysée.

La définition de cet indicateur permet ainsi de tenir compte à la fois de la différence des dispersion des deux distributions (la dispersion étant la différence entre le temps du 90ème centile et le temps médian) ainsi que des écarts absolus entre les temps de parcours de référence et ceux fournis par le système évalué (position des graphes les uns par rapport aux autres). Cet indicateur est défini de la façon suivante :

$$\frac{\min \left[(TP_{90\%})_{LAPI}; (TP_{90\%})_{SENSYS} \right] - \max \left[(TP_{50\%})_{LAPI}; (TP_{50\%})_{SENSYS} \right]}{\max \left[(TP_{90\%} - TP_{50\%})_{LAPI}; (TP_{90\%} - TP_{50\%})_{SENSYS} \right]}$$

Ce calcul permet donc de fournir une mesure du « degré de recouvrement » des deux distributions, rapporté à la dispersion maximale de celles-ci. Ainsi, pour une plage d'agrégation donnée, lorsque les deux distributions sont strictement identiques (superposition parfaite des deux courbes), ce

rapport atteint sa valeur maximale égale à « 1 ». A contrario, plus la zone de recouvrement des distributions est faible (ce qui, dans certains cas, peut être dû à un écart important des dispersions), plus la valeur de cet indicateur tend vers la valeur « 0 », mais reste positive. Une valeur négative de cet indicateur signifie qu'il n'existe aucune zone de recouvrement des deux distributions. Ainsi, plus l'écart des temps de parcours fournis par les deux systèmes est grand, plus cet indicateur prend une valeur fortement négative et traduit une moins bonne estimation. La fiabilité globale par section est définie tel le rapport de la durée où l'indicateur est positif (matérialisé par la bande colorée sur les graphes), sur la durée totale des mesures.

Précision des capteurs et du système de production des temps de parcours

Les résultats de deux sections les plus représentatives sont présentés ici, une section d'une longueur de 800m : [AB] et une section plus longue de 2000m intégrant un nombre plus important de carrefours à feux et donc de variabilité des temps de parcours : la section [DE].

Pour la section [AB], nous constatons que les temps de parcours SENSYS NETWORKS suivent fidèlement l'évolution des temps de référence, tant en agrégation 5 min qu'en agrégation 15 min et ce, pour les deux campagnes. Les estimations des temps sont très proches de la référence (écarts a faibles, quelques dizaines de secondes au maximum), que ce soit pour les temps médians ou pour les 90ème centiles, même lorsque le nombre d'appariements du système SENSYS NETWORKS est relativement faible (inférieur à 10 véhicules / 5 min). Ces résultats montrant de faibles écarts, et confirmés par les dernières campagnes de mesures, sont obtenus malgré un nombre d'appariements des signatures magnétiques d'environ 1,5 à 2 fois plus faible que ceux obtenus à partir des plaques d'immatriculation (LAPI de référence). Le nombre de temps de parcours individuels obtenu est donc suffisant pour être jugé représentatif du temps de parcours global du flux du trafic sur cette section.

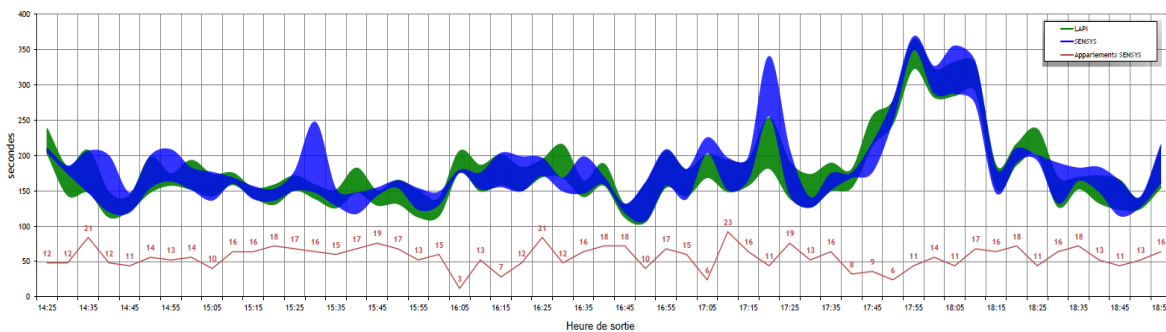


Figure (8) – Temps de parcours tronçon [AB] 5mn du 3/10/2013 après-midi

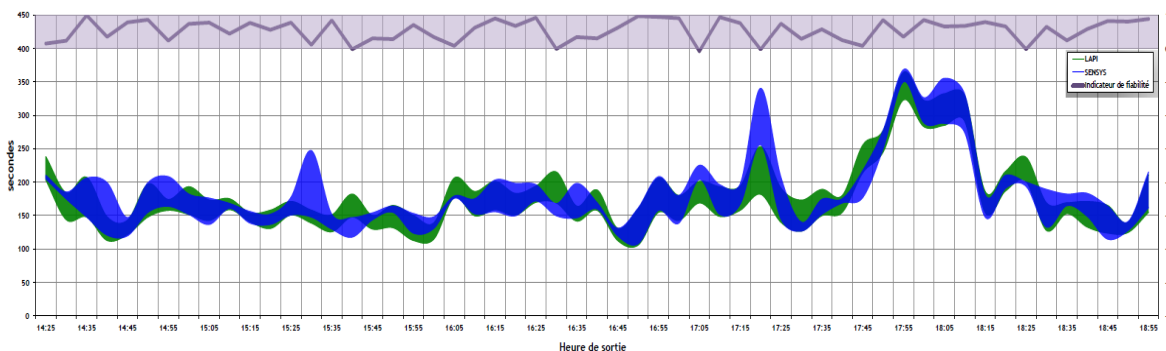


Figure (9) – Temps de parcours tronçon [AB] 5mn du 3/10/2013 après-midi – indicateur de fiabilité

Évaluation de nouvelles générations de capteurs fixes et mobiles en milieu urbain - Résultats des évaluations réalisées dans le cadre du projet Optimod'Lyon

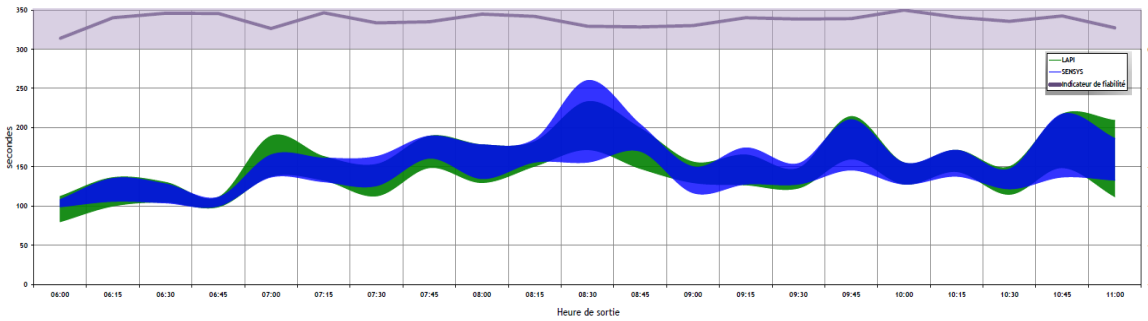


Figure (10) – Temps de parcours tronçon [AB] 15mn du 3/10/2013 matin – indicateur de fiabilité

Pour la section [DE], 67% des temps de parcours médians obtenus par reconnaissance de signature magnétique présentent une erreur relative par rapport à la référence inférieure à 10%, et 86% ont une erreur inférieure à 20%. La première congestion de début de journée est correctement détectée. Par contre, la seconde congestion, d'amplitude plus importante, ne l'est pas totalement. Pour les temps de parcours 90ème centile, les taux sont respectivement de 63% et 86%.

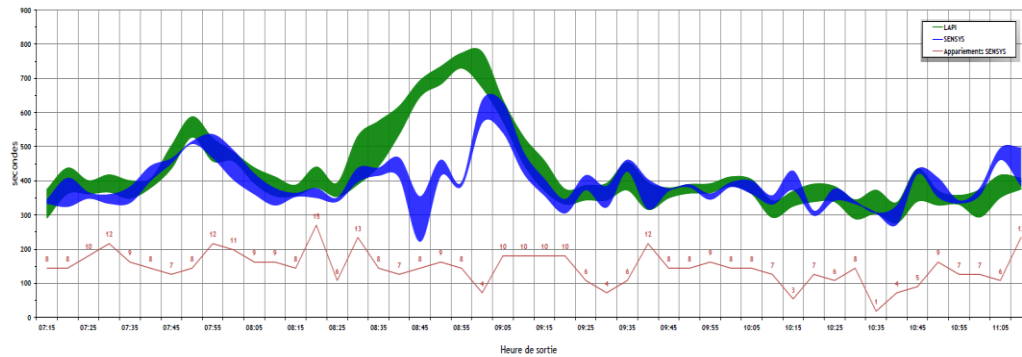


Figure (11) – Temps de parcours tronçon [DE] 5mn du 3/10/2013 matin

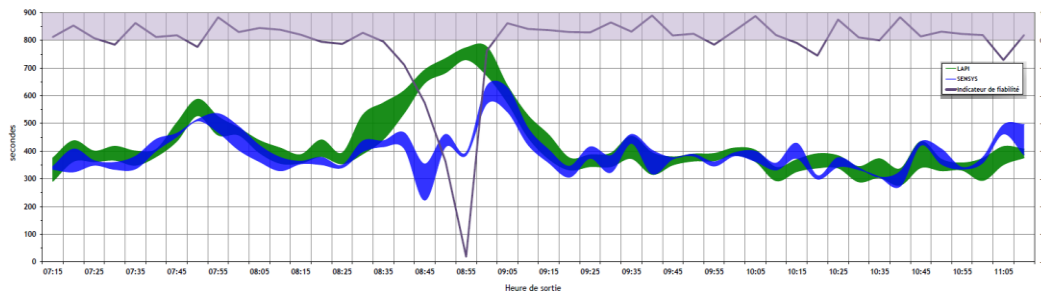


Figure (12) – Temps de parcours tronçon [DE] 5mn du 03/10/2013 matin – indicateur de fiabilité

Paramètres perturbants et prescriptions d'installation

Plusieurs phénomènes peuvent perturber les mesures et donc les calculs de temps de parcours. Pour pallier ces derniers, SENSYS NETWORKS préconise de prendre quelques précautions quant aux lieux d'implantation des capteurs et recommande notamment :

- Déploiement où les taux d'occupation (TO) au niveau des capteurs sont inférieurs à 40%, ou les débits de fuite entre l'entrée et la sortie du segment sont inférieurs à 30%, et dans des zones où les véhicules sont centrés sur la voie ;

- Instrumentation de plusieurs voies par point de mesure : ce choix dépend des comportements représentatifs des usagers ;
- Eviter de poser les capteurs en environnement électromagnétique très perturbé (ligne HT enterrée, ligne électrique de tramway très proche, etc.) ;
- Il est également recommandé d'agréger les données de temps de parcours à des périodes de 15mn pour lisser les variations non significatives de temps de parcours.

Analyse technico-économique de l'usage de magnétomètres en milieu urbain

Une analyse technico-économique a été menée par le Grand Lyon quant à l'usage des magnétomètres SENSYS NETWORKS en milieu urbain. Deux aspects ont été particulièrement observés : les coûts de déploiement (investissement) et de fonctionnement.

Les coûts de déploiement

En milieu urbain, les capteurs sont installés à environ une centaine de mètres en amont d'un carrefour à feux, afin de réaliser une estimation de la charge du trafic via le taux d'occupation (T) en temps réel. En effet, selon l'importance des remontées de files aux feux, et donc de la charge du trafic urbain, les véhicules sont arrêtés au-dessus des capteurs, pendant des durées plus ou moins importantes. La technologie traditionnelle la plus économique connue est aujourd'hui basée sur l'usage de boucles électromagnétiques reliées, via un câble cuivre recouvert de résine (dans une tranchée) au contrôleur de carrefour à feux, qui établit alors les mesures de charges de trafic (T) et de débits (Q), en plus de sa fonction d'asservissement du feu tricolore. Cette expérimentation nous montre que pour une configuration à deux voies de circulation, les coûts de déploiement de magnétomètres SENSYS NETWORKS deviennent économiquement intéressants à partir de distances supérieures à 50m entre les capteurs et le carrefour à feux (en comparaison des coûts de génie civil pour la réalisation de la liaison filaire entre la boucle électromagnétique et le contrôleur de feux), s'il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre des supports dédiés (poteaux) pour y accrocher les points d'accès collectant les mesures. Ce seuil baisse proportionnellement en fonction des volumes de capteurs à déployer sur un même site, à savoir l'équipement des 4 branches d'un carrefour pour des mesures de charges de trafic et de débits ou l'usage de capteurs opérant l'asservissement de feux tricolores. Dans ce dernier cas d'utilisation, le système SENSYS NETWORKS fonctionne à l'identique d'un simple détecteur de véhicules. Il est relié au contrôleur de feu par des entrées tout ou rien ou via une liaison Ethernet spécialisée. Le point d'accès est alimenté par le module affecté au contrôleur de feu. Le contrôleur de feu pilote ainsi le feu tricolore à partir des états fournis par les magnétomètres. Cette solution est aujourd'hui un standard disponible et commercialisé par SENSYS NETWORKS.

En milieu extra urbain, ces capteurs constituent une alternative aux stations de mesure à boucles électromagnétiques de type SIREDO, réellement intéressante économiquement et techniquement, à condition que les protocoles LCR (langage de commande routier) et DIASER soient supportés. Ces protocoles sont en effet normalisés, SENSYS NETWORKS ayant développé en partenariat avec la société Karrus-ITS le socle minimal de commande LCR et étant en cours d'intégration du protocole DIASER. Enfin, le mode d'installation « sans fil GPRS/3G » des capteurs est compatible avec les volumes de données échangés entre ce système de recueil et les PC circulation.

Les coûts de fonctionnement

La faible consommation en énergie des capteurs, des points d'accès bord de chaussée (y compris du modem 3G), permettent une alimentation par batterie en journée (avec recharge la nuit via l'éclairage public) ou encore l'usage de panneaux solaires pour les sites isolés. Les coûts très importants de mise en place de points d'injection en énergie dédiés sont alors économisés.

Les fonctions d'auto-étalonnage de chaque capteur (référence périodique en fonction des champs magnétiques terrestres rémanents sans passage de véhicules) permettent l'économie de la réalisation des campagnes d'étalonnages annuelles indispensable aux boucles inductives, pour conserver une mesure précise. Il est également légitime d'espérer des gains en termes de maintenance, grâce aux accès distants qui vont permettre la télé-surveiller le fonctionnement des capteurs (niveaux de batterie, de signal radio, etc.).

Enfin, les différentes interrogations quant à la robustesse, la fiabilité du matériel et à la longévité des batteries, trouveront des réponses concrètes dans les années à venir après l'étude de l'usage réel de cette nouvelle technologie. Les éléments d'analyse fournis par le constructeur, au regard de plus de 100 000 capteurs déjà déployés en France, en Europe et ailleurs dans le monde, sont aujourd'hui rassurants sur ces sujets.

Adaptation au milieu urbain et esthétique

L'usage des points d'accès et des répéteurs situés en hauteur en milieu urbain doit interroger les constructeurs sur l'aspect esthétique et l'encombrement des boîtiers. A Lyon, les boîtiers aujourd'hui déployés, seront peints de la même couleur que leurs supports, afin d'être moins voyants dans le paysage urbain. A l'instar des caméras de type dôme, aux formes arrondies, les constructeurs pourraient travailler le packaging des points d'accès et des répéteurs en terme de forme et de taille, afin que ces systèmes se fondent complètement dans le paysage.

Conclusions et perspectives

Les différentes campagnes de mesures réalisées par le Cerema sur les sites du Grand Lyon, ont permis d'analyser les performances des systèmes SENSYS NETWORKS pour la fourniture de mesures de débits, de vitesses, de longueurs, d'asservissement de feux tricolores et de temps de parcours.

Les mesures de débits, vitesses et taux d'occupation fournies par les magnétomètres présentent des tendances identiques aux mesures produites à la fois par les références de mesure et par les boucles électromagnétiques du Grand Lyon et, dans la plupart des cas d'usages, présentent également de faibles écarts. Les classes C et B sont obtenues respectivement pour les mesures de débits agrégés et de vitesses individuelles, celles-ci étant similaires aux précisions mesurées pour les boucles électromagnétiques des mêmes sites.

Les temps de parcours agrégés sur 5 ou 15 minutes sont fournis par SENSYS NETWORKS sous la forme de distributions statistiques par décile, à savoir de 0 au 100ème décile. Le décile « 0 » correspondant à la valeur minimale observée par plage d'agrégation, le 100ème décile étant la valeur maximale. Dans le cadre de cette étude, il a été choisi d'analyser les valeurs médianes (50ème déciles), ainsi que les 90ème déciles, qui sont les temps de parcours jugés comme étant les plus représentatifs pour les trajets en milieu urbain.

Les tendances des temps de parcours fournis par le système SENSYS NETWORKS et par les dispositifs de référence sont souvent identiques avec des valeurs globalement cohérentes et proches. Ces performances ont été vérifiées sur plusieurs campagnes de mesures et pour plusieurs tronçons. La fiabilité globale des temps de parcours observés pour les cinq segments varie de 65% à 96%, soit 80% en moyenne. Ces campagnes de mesures ont mis en évidence que le principe d'identification et de ré-identification de véhicules par signature magnétique est maintenant opérationnel en milieu urbain. En l'état actuel, et observé lors de la dernière campagne de mesures, le système SENSYS NETWORKS fournit des tendances de temps de parcours identiques à ceux fournis par la référence et des précisions inférieures à 5% dans les meilleurs cas d'usage. Ce système de recueil par signatures magnétiques nécessite néanmoins une étude préalable d'implantation judicieuse des capteurs afin d'obtenir un fonctionnement optimal du système.

Un des objectifs du projet Optimod'Lyon est de fournir à l'utilisateur des prévisions de temps de parcours pour des itinéraires complets. Les temps de parcours évalués dans le présent document constituent des temps de parcours « sortants » de tronçons intermédiaires, donc avec une maille d'observation plus fine que ceux requis in fine. Dans ce sens, les temps de parcours correspondant à l'agrégation de plusieurs segments (par exemple [A-E]) ne peuvent pas être obtenus directement. Une simple addition des mêmes déciles de chaque distribution des temps de parcours pour une horodate de sortie fixée n'est pas forcément identique à la distribution réelle sur le segment global [A-E].

En effet, faire une addition à une même horodate revient à additionner les paramètres statistiques de populations de véhicules différentes. Ainsi, un événement de trafic tel une perturbation soudaine (accident, etc.), pourra impacter les temps de parcours de la population de véhicules d'un segment intermédiaire, alors qu'il n'aurait pas eu d'influence sur le temps de parcours de la population du segment global qui, elle, aurait passé le point de congestion avant que l'événement se soit produit. Pour démontrer cette affirmation, et dans le cadre de la campagne du 3 octobre 2013, il a été comparé les temps de parcours réels entre A et E obtenus par appariements des plaques horodatées lues par les dispositifs de référence, avec ceux obtenus par l'addition des distributions du système SENSYS NETWORKS.

Le résultat en agrégation 15 min pour la plage matinale (pas de données SENSYS NETWORKS disponibles sur la plage de l'après-midi pour le segment DE) est représenté sur le graphe ci-dessous.

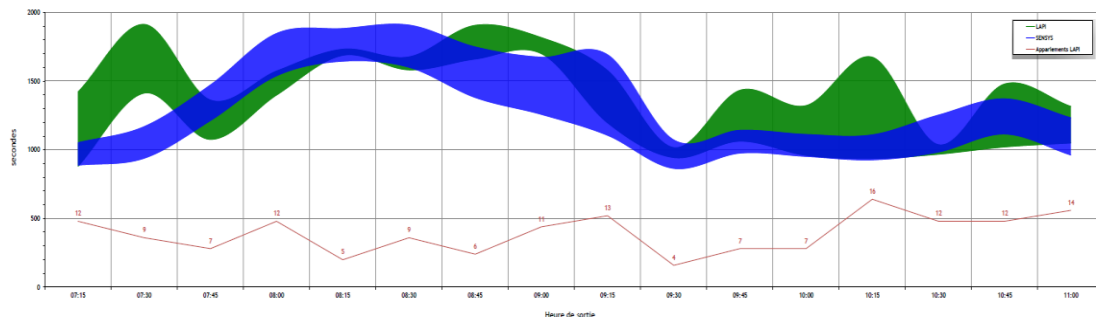


Figure (13) – Comparaison des temps de parcours globaux [AE]

La courbe rouge représente le nombre d'appariements réalisés par les dispositifs de référence. Ces faibles valeurs (4 à 16 par 15 minutes soit 3 à 5 fois moins que pour les segments individuels) montrent que peu de véhicules parcourent l'avenue Berthelot entièrement, ceci étant directement lié

aux trafics de fuite induits par la présence de nombreuses entrées/sorties intermédiaires sur cet itinéraire de plus de 5km.

Dans ce cas précis de la campagne du 3 octobre 2013, il s'avère que les tendances sont tout de même relativement proches mais avec des écarts notables. Il est de plus peu probable que le résultat observé sur la figure (55) soit répétable sur ce même site voire reproductible pour d'autres itinéraires.

La finalité des systèmes d'élaboration de temps de parcours est bien sûr de fournir des informations crédibles pouvant être utilisées à des fins d'exploitation ou de diffusion aux usagers. Ce sont donc nécessairement des temps parcours « entrants » donc prévisionnels, qui doivent être estimés. Dans d'évaluation de systèmes et capteurs de recueil de données trafic, il n'est que possible d'analyser des temps de parcours mesurés en sortie, car seuls ceux-ci sont accessibles par une mesure directe.

Les temps de parcours « entrants » ne peuvent donc être élaborés qu'à partir d'algorithmes de prédiction. Parmi ceux-ci, les méthodes listées ci-dessous, de complexité variable, seraient à étudier de façon comparative :

- Les méthodes statistiques ;
- Les méthodes de régression linéaire ;
- Les méthodes basées sur des séries temporelles ;
- La méthode des réseaux de neurones artificiels ;
- Les filtres de Kalman ;
- Les méthodes de simulation basées sur des modèles de trafic.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des partenaires du projet Optimod'Lyon pour leurs implications dans ce projet ambitieux. Le Grand-Lyon et le Cerema remercient également le Certu pour le support apporté tout au long du déroulement des évaluations.

Références

1. Optimod'Lyon, optimiser la mobilité durable en ville, réunion de lancement, 25 novembre 2011, présentation, 105 p.
2. CERTU, (2002). Méthodologie d'évaluation des nouveaux capteurs de trafic routier, technical guide, collection « dossiers », 74 p.
3. Margulici J.D., Yang S., Tan C.-W., Grover P., Markarian A., (2006). Evaluation of Wireless Traffic Sensors, California center for innovative transportation, Berkeley, California, 115 p.
4. NFP 99-300, Unités de mesure et de traitement, novembre 1997, 22 p.
5. NFP 99-330, Nature, exactitude des données de trafic routier – Essais, avril 2001, 30 p.