

Comparaison croisée de la mesure de temps de parcours sur autoroute urbaine LAPI et Bluetooth

Thomas Courbon, Cerema
Cristina Buraga, Cerema

Introduction

Dans le cadre d'une étude avant l'aménagement d'une voie de bus dédiée, la DIR Méditerranée et le CETE Méditerranée ont procédé à la mesure du temps de parcours sur la section terminale de l'autoroute A7. Les technologies utilisées par chaque équipe sont respectivement des capteurs Bluetooth mobiles et des caméras de lecture automatisée de plaques d'immatriculation (LAPI) mobiles.

Le CETE Méditerranée a profité de cette étude pour réaliser une comparaison des performances et des résultats des deux systèmes. Dans un premier temps les résultats en temps de parcours pour chaque système de recueil seront comparés pour deux jours représentatifs. En l'absence de station de comptage sur la section étudiée, un ordre de grandeur pour le taux de détection et d'équipement en Bluetooth sera évalué à partir de la station de comptage située en amont. Par la suite les résultats du système LAPI seront analysés plus en profondeur et nous identifierons les sources d'erreurs. Finalement, des tests de l'influence d'une capture partielle des plaques d'immatriculation sur les temps de parcours obtenus seront présentés.

Présentation de l'étude

Site de l'expérimentation

La section étudiée ne comprend ni entrée ni sortie. Elle est située en plein cœur de Marseille et est sujette dans le sens Lyon-Marseille à de la congestion aux heures du pointe du matin et du soir. le reste de la journée le trafic est chargé. Cette section longue de 1,5 km environ comporte 3 voies. Elle se termine, 200m à l'aval des capteurs qui collectent les données de sortie, par un carrefour en T équipé d'un feu tricolore. La voie lente est alors affectée au tourne-à-droite, les deux autres voies sont affectées au tourne-à-gauche.

Les capteurs LAPI sont positionnés pour enregistrer les plaques minéralogiques des véhicules passant sur la voie du milieu à l'entrée et à la sortie de la section. Les capteurs Bluetooth permettent en revanche des appariements pour les 3 voies du sens étudié. Les deux dispositifs de recueil sont installés en terre-plein central.

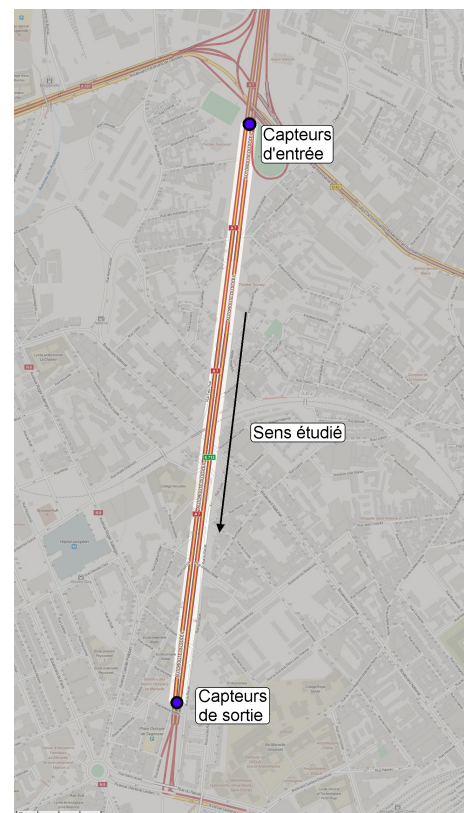


Illustration 1: Section étudiée

Matériels utilisés

Lecture automatique de plaque d'immatriculation

Les capteurs LAPI utilisés pour l'étude sont des SCOUT VCU du constructeur Miovision équipés du kit ALPR. Ils se présentent sous la forme d'une caméra, d'une batterie d'un enregistreur/programmateur et d'un mât télescopique. Ils sont conçus soit pour être fixés au mobilier urbain, dans notre cas les candélabres de l'éclairage public, soit pour être posés sur un trépied lesté.



Illustration 2: Deux capteurs SCOUT VCU installés en bord de chaussée

Leur autonomie théorique est de 72h d'enregistrement effectif. La programmation permet de sélectionner des périodes d'enregistrement disjointes entre lesquelles le capteur se met en veille et économise son énergie.

La caméra est équipée d'un projecteur infrarouge ce qui lui permet de discerner les plaques d'immatriculation de jour comme de nuit et la rend relativement insensible aux conditions climatiques et de lumière. Le cadrage de la caméra est très resserré ce qui rend le déploiement des caméras délicat. De plus cela implique qu'une caméra ne peut enregistrer qu'une seule voie. En revanche, ce cadrage resserré rend quasiment impossible l'enregistrement du voisinage de la chaussée quand la caméra est pointée sur la voie, ce qui est un avantage compte tenu de la réglementation en matière de vidéosurveillance de la voie publique.

L'enregistreur ne conserve que les images sur lesquelles une plaque d'immatriculation apparaît. Dans les faits tous les objets qui réfléchissent les infrarouges déclenchent l'enregistrement : bandes réfléchissantes, panonceaux de vitesse limite pour les poids lourds.... Ceci limite le volume des vidéos à transférer pour l'analyse. Les vidéos sont enregistrées dans un format standard (mp4), l'horodatage est par contre enregistré séparément et dans un format propriétaire.

La reconnaissance des plaque se fait hors ligne par téléversement des vidéos sur le service de traitement de Miovision. L'analyse des vidéos est facturé à l'heure, en crédits de traitement. Ces crédits s'achète au taux fixe de 1 € HT le crédit¹, avec des tarifs dégressifs en fonction de la quantité achetée. 1 h de traitement LAPI, pour une voie et une caméra, coûte 4 crédits. 1 h d'étude de temps de parcours revient donc à 8 crédits par voie.

Les SCOUT de Miovision sont des capteurs polyvalent ils sont également capables, avec la caméra grand angle fournie avec l'enregistreur, de réaliser des comptages classiques voie par voie, des comptages de mouvements tournant ou des mesures de matrice origine-destination à un carrefour (en mobilisant un ou plusieurs SCOUT en fonction de la taille du carrefour).

¹ Au 01/12/2013

Capteurs Bluetooth

Les capteurs Bluetooth déployés pour l'étude appartiennent à la DIR Méditerranée. Ce sont des capteurs Deep Blue fabriqué par la société Magsys. Ils sont également destinés à être fixés au mobilier urbain.

Les capteurs ont une autonomie annoncée supérieure à une semaine. Ils fonctionnent par enregistrement des adresses MAC des matériels Bluetooth activés qui passent à proximité, la portée théorique étant de 30 à 100 m en fonction du bâti environnant. Les adresses MAC sont des numéros qui identifient de manière les matériels voués à fonctionner en réseau. Dans le cas du Bluetooth, un appareil doit être configuré pour être « visible » afin de diffuser son adresse MAC.

Grâce à sa portée plus large que les capteurs LAPI, un capteur est en mesure d'enregistrer les véhicules sur toutes les voies de l'infrastructure. Nous avons constaté qu'un capteur parvenait également à enregistrer des passages en sens inverse bien que ceux-ci soient environ 10 fois moins nombreux que ceux du sens étudié. L'enregistrement de données Bluetooth n'est pas significativement influencé par les conditions climatiques.

Le logiciel fourni par Magsys pour l'extraction et l'exploitation des données des capteurs construit un rapport au format tableur avec les temps de parcours pour chaque sens agrégés pour différentes périodes : 3 minutes, 15 minutes et 60 minutes. Pour chaque période, le rapport contient également le nombre d'appariements avant filtrage et le nombre d'appariements retenus.

Résultats

Temps de parcours mesurés

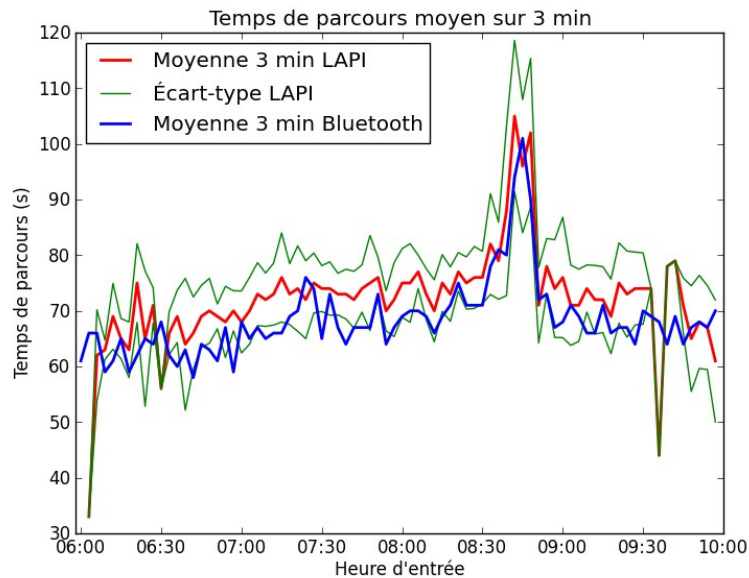


Illustration 3: Comparaison des temps de parcours moyens par période de 3 minutes pour chaque système .

On observe sur ce graphique que les capteurs Bluetooth produisent un temps de parcours globalement inférieur à celui obtenu par les capteurs LAPI. Néanmoins l'allure de la courbe du temps de parcours est similaire pour les deux types de capteurs. En particulier le pic de temps de parcours observé entre 8h30 et 9h00 est bien représenté dans les deux cas et pour des heures de début et de fin très proche. De même l'amplitude de ce pic est similaire pour les deux technologies.

La différence observée en terme de temps de parcours peut être expliquée par plusieurs facteurs. D'une part les capteurs LAPI n'observent qu'une voie, et celle-ci peut être en moyenne plus congestionnée que les deux autres. D'autre part la population observée par les capteurs Bluetooth pourrait présenter un biais, par exemple étant plus jeune elle pourrait être plus nerveuse au volant.

Malheureusement, si la première explication est facilement vérifiable en installant plus de caméra pour en avoir une par voie, il est plus difficile de confirmer ou d'infirmer la seconde.

Performances des capteurs LAPI

Capture des plaques d'immatriculation

Les capteurs LAPI ne capturant qu'une seule voie sur les trois, ils n'ont pas forcément pu observer les mêmes véhicules à l'entrée et à la sortie. Nous avons estimé le taux d'appariement réalisés avec succès dans cette configuration à partir du débit mesuré par la station SIREDO située en amont de la section étudiée. Le Tableau 1 présente le compte des détections et des appariements pour le système LAPI.

Caméra	Lectures de plaques	Taux de lecture / débit total	Appariement	Taux d'appariement / débit total
Amont	2013	~38 %	578	~11 %
Aval	1516	~28 %		

Tableau 1: Performances du système LAPI (mardi 28 mai)

Une fois les vidéos récupérées, elles sont envoyées à un service de traitement d'image hébergé par le fabricant. Le service met à disposition la liste des numéros de plaques d'immatriculation horodatés pour la vidéo analysée. Cette étape de traitement des vidéos est complexe et est une source d'erreur. Ainsi, environ 4 % des numéros de plaques sont erronés ou absents, pour les erreurs imputables directement à l'étape de traitement d'images. En omettant du compte les erreurs causées par la nature du trafic et l'état des plaques, le système SCOUT VCU obtient un taux de lecture avec succès de 95,8 %, ce qui est conforme avec l'annonce du constructeur pour une mise en place en accord avec ses recommandations.

	Nombre de Véhicules	Lecture correcte	Erreur	Pas de lecture	Véhicule hors cadre	Plaque illisible
Total	1923	1764	44	37	48	30
			81		78	
Pourcentage	100,00%	91,73%	2,29%	1,92%	2,50%	1,56%
			4,21%		4,06%	

Tableau 2: Taux des différents types d'erreurs pour les capteurs LAPI

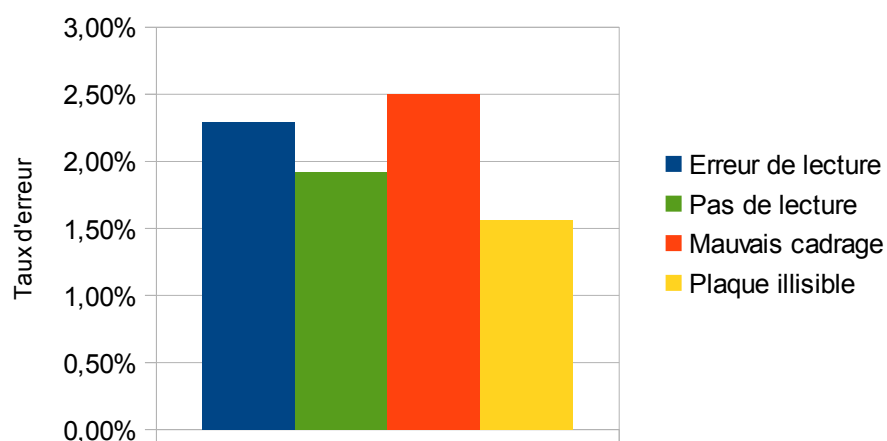


Illustration 4: Taux des différents types d'erreurs pour les capteurs LAPI, par rapport au nombre total de plaques enregistrées en vidéos

Utilisation de plaques d'immatriculation partielles

L'utilisation de capteurs LAPI pour le recueil de données de trafic implique une déclaration obligatoire auprès de la CNIL. Dans le cadre des travaux préparatoires pour cette étude et pour les suivantes réalisées avec le même matériel, nos échanges avec la CNIL nous ont conduit à considérer l'utilisation de plaques d'immatriculation partielles. Celles-ci ne sont plus considérées comme permettant l'identification des personnes et leur recueil est moins délicat au regard de la réglementation.

Nous avons cherché à savoir dans quelle mesure l'utilisation de plaques partielles impacterait les temps de parcours recueillis, et quels sont les caractères à conserver pour les meilleurs résultats en respectant la contrainte d'une lecture partielle.

Sélections des caractères lus

Les hypothèses testées sont : le recueil des n premiers caractères et le recueil des n derniers. Il n'était pas possible de trancher a priori en faveur de l'une ou de l'autre façon de tronquer les numéros d'immatriculation car la proportion de véhicules dotés des nouvelles plaques dans notre échantillon était de 48,5 % ce qui ne départage pas significativement un schéma de l'autre.

En effet, les nouvelles plaques d'immatriculation au format AB-123-CD (en circulation depuis avril 2009) sont incrémentées en commençant par les chiffres puis par les lettres de fin et enfin celles du début. Les caractères les plus susceptibles de changer d'une véhicule à l'autre sont donc les 5 derniers. Par contre les anciennes au format 1234 AB 00 ou 123 ABC 00 (00 étant le numéro du département) sont incrémentées en commençant par les chiffres puis par les lettres, le numéro du département ne changeant pas. Pour chacun de ces schémas de numérotation il aurait fallu conserver respectivement les derniers et les premiers caractères.

Filtrage des appariements

Lorsqu'on réduit le nombre de caractères utilisés pour identifier les véhicules le nombre d'appariements augmentent mécaniquement. En effet l'algorithme d'appariement utilisé dans cette étude cherche le premier véhicule de même immatriculation sortant de la section après la date d'entrée. Ainsi il est possible qu'un véhicule avec une plaque identique pour les n caractères conservés peut sortir de la section entre l'entrée et la sortie réelle du véhicule recherché.

Pour limiter cet effet nous avons mis en place un filtre qui rejette les temps de parcours trop différents de la moyenne des temps de parcours individuels précédents. Le seuil de différence et le nombre de temps de parcours individuels précédents utilisés pour le filtrage ont été calés à 3 fois l'écart-type et à 50 temps de parcours individuels. Les graphiques suivants (Illustration 5 et Illustration 6) montrent l'effet du filtrage.

On observe que le nombre d'appariement est en baisse (jusqu'à 30 % pour l'extraction de 1 ou 2 caractères) et que les valeurs aberrantes sur les courbes de temps de parcours sont moins nombreuses.

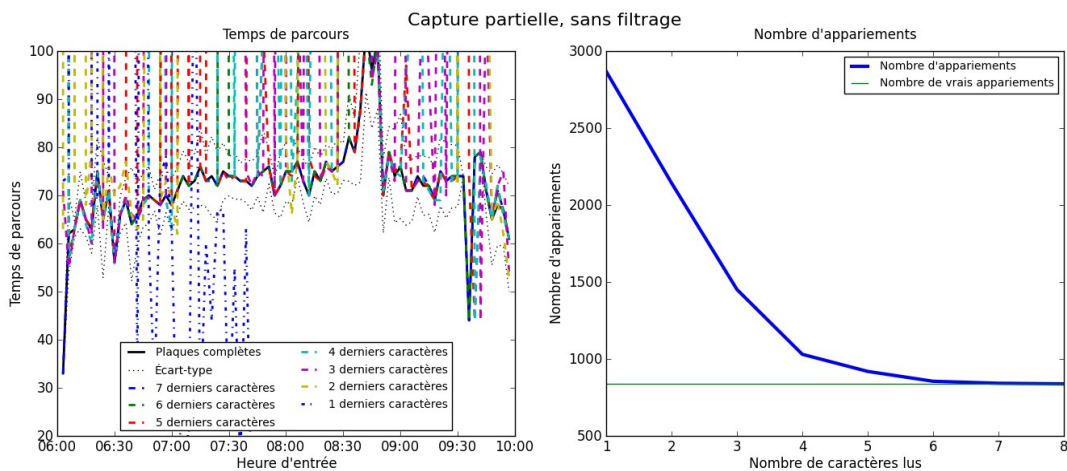


Illustration 5: Temps de parcours avec capture partielle, sans filtrage, derniers caractères.

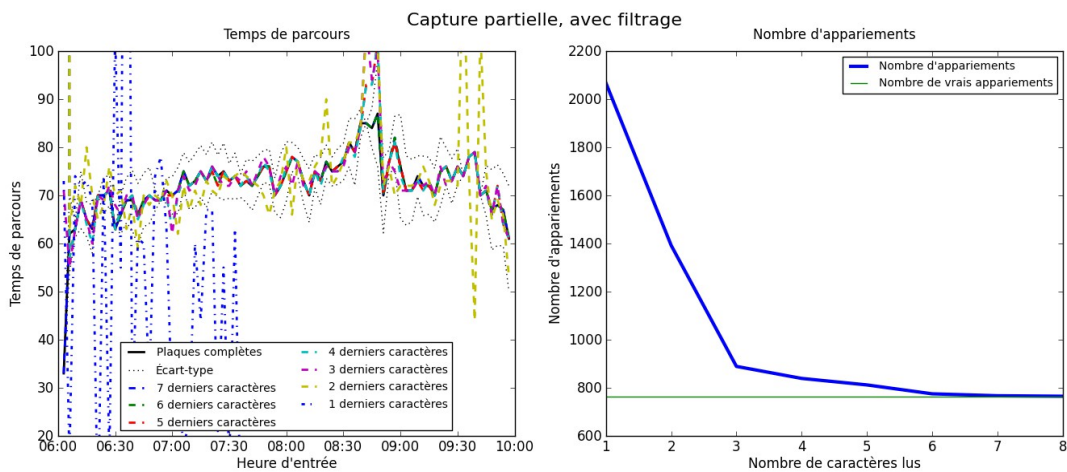


Illustration 6: Temps de parcours avec capture partielle, avec filtrage, derniers caractères.

Les deux figures précédentes sont des exploitations avec l'hypothèse de la conservation des n derniers caractères. Le graphique suivant (Illustration 7) est une exploitation, avec filtrage pour les n premiers caractères.

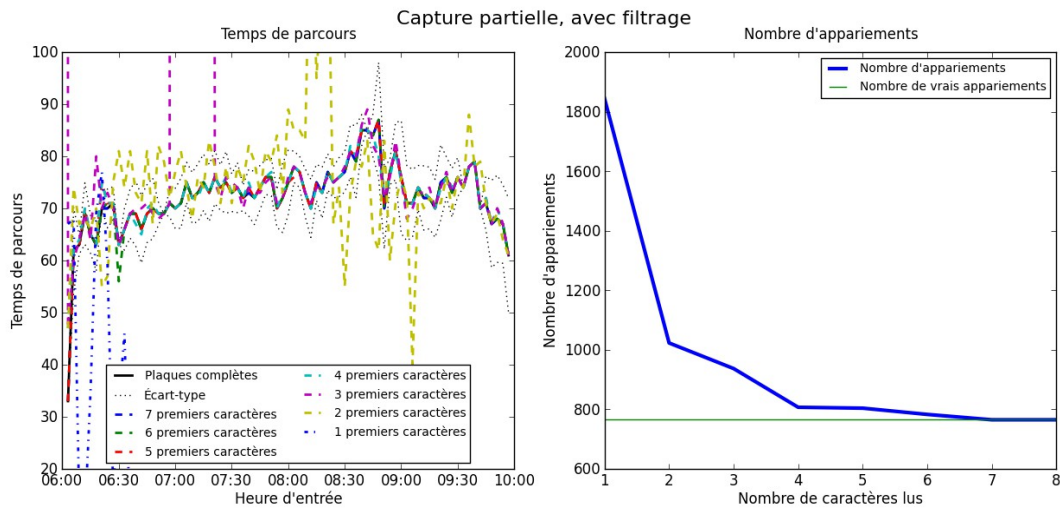


Illustration 7: Temps de parcours avec capture partielle, avec filtrage, premiers caractères.

Si nous ne pouvons expliquer l'augmentation du nombre d'appariements pour le cas $n=3$ autrement que par un artefact statistique, on constate que d'une manière générale pour un nombre de caractères lus supérieur ou égal à 4, les résultats sont meilleurs lors de la lectures des n premiers caractères. En particulier le pic de temps de parcours entre 8h30 et 9h00 est relevé avec une meilleure précision avec la lecture des n premiers caractères que avec une lecture des n derniers caractères.

Ceci s'explique car dans le cas du nouveau schéma de numérotation les deux premières lettres sont susceptibles de changer, quoique peu fréquemment, alors que dans l'ancien schéma le numéro de département est fixé. Le numéro 13 est largement majoritaire pour le trafic observé dans notre étude (domicile-travail), et dans le cas des 5 derniers caractères conservés seuls 3 sont à même d'identifier un véhicule pour l'ancien schéma. Ainsi dans l'ensemble les 4 ou 5 premiers caractères sont en moyenne plus susceptibles de varier d'un véhicule à l'autre que les 4 ou 5 derniers.

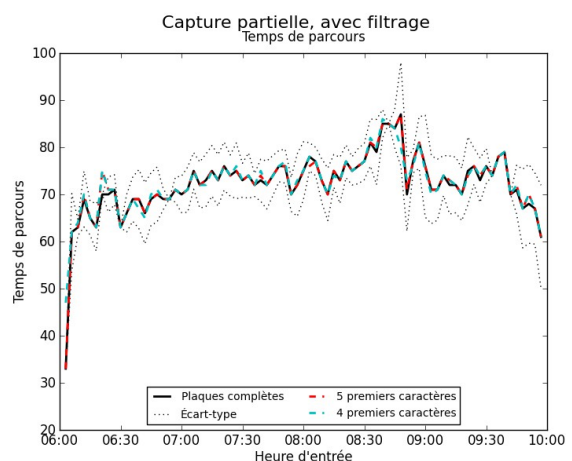
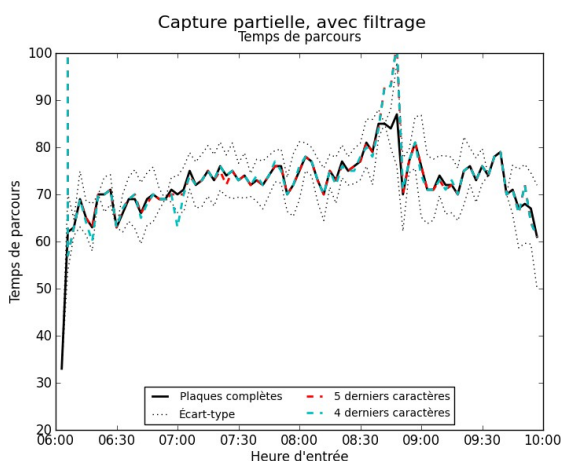


Illustration 8: Résultats avec filtrage pour les 4 et 5 deniers caractères

Illustration 9: Résultats avec filtrage pour les 4 et 5 premiers caractères

Performances des capteurs Bluetooth

Les données individuelles pour ces capteurs n'étaient pas disponibles. Seul le taux d'appariement sur le débit total de la section a pu être estimé à partir des données fournies. Le nombre d'appariements utilisé ici est celui calculé après l'application d'un algorithme propriétaire qui élimine les « doublons » : par exemple un véhicule dont le conducteur est équipé d'un smartphone et d'une oreillette Bluetooth n'est compté qu'une fois, même si les deux appareils sont reconnus à l'entrée et à la sortie.

Au total pour l'heure de pointe du matin du mardi 28 mai, le système Bluetooth a produit 678 appariements et temps de parcours individuels, soit un taux mixte de détection et d'équipement des conducteurs d'environ 13 %. Pour le jeudi 30 mai, ce sont 497 appariements qui ont été produits, soit un taux mixte de 9 %.

Ces taux combinant équipement et détection sont légèrement supérieurs à ce que d'autres services du Cerema ont pu obtenir, leurs valeurs étant plus autour de 6 % que de 10 % comme c'est le cas ici.

Malgré un taux d'équipement relativement faible, les capteurs Bluetooth permettent malgré tout de bien échantillonner le trafic et d'obtenir des temps de parcours cohérents avec d'autres méthodes de mesures et en ligne avec les observations directes.

Conclusion

Nous avons pu obtenir des résultats cohérents entre les capteurs Bluetooth et les capteurs LAPI, et ce malgré le faible taux de pénétration des équipements actifs Bluetooth parmi les usagers et en n'observant qu'une voie sur trois pour le LAPI. Ces temps de parcours restituent bien la réalité et les variations du temps de parcours expérimentés par les usagers.

De plus nous avons pu établir que la lecture intégrale des plaques d'immatriculation n'était pas nécessaire pour l'obtention de temps de parcours fiables et exploitables. Les 5 premiers caractères des plaques sont suffisants pour l'échantillon recueilli ici. Nous sommes en cours de réalisation d'une étude complémentaire pour la confirmation qui prendra en compte toutes les voies de l'infrastructure et sur une distance plus longue.

Remerciements

Nous adressons nos remerciements à Vincent Cusumano de la DIR Méditerranée et à son équipe qui ont réalisé le recueil de données Bluetooth et nous ont communiqué les résultats obtenus.

Nous adressons également nos remerciements à l'équipe du service Connaissance des trafics et accidentologie de la Direction Territoriale Méditerranée, et en particulier à Didier Goudergues et Vincent Palomba pour leur participation aux recueils de données pour cette étude.