

RAPPORTS

CETE du SUD-OUEST

DDAT / ESAD-ZELT



Feux asservis à la vitesse

Observation du site de Lardenne à Toulouse

Date 25/04/2011

Version 1.1

Recours, territoires, habitats et logement
Énergie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**



Centre d'Études Techniques de l'Équipement
du Sud-Ouest

www.zelt-fr.org

Historique des versions du document

Numéro	Date	Auteur	Commentaire
V 1.0	25/04/11	Catherine Barthe	
V 1.1	23/05/11	Catherine Barthe	Après relecture de Philippe MICHOU

Pour contacter la ZELT :

TEL.

(33) (0) 5 62 25 97 70

FAX

(33) (0) 5 62 25 97 99

WEB

www.zelt-fr.org

Adresse postale

CETE du Sud-Ouest

12, avenue Edouard Belin

31400 Toulouse

France

Affaire suivie par

Catherine BARTHE - DDAT / ZELT
<i>Tél. : 05 62 25 97 80 / Fax : 05 62 25 97 99</i>
<i>Courriel : catherine.barthe@developpement-durable.gouv.fr</i>

Rédacteur

Catherine BARTHE - DDAT / ESAD-ZELT

Rellecteurs

Florence SAINT-PAUL – Chef du Département DDAT

Philippe MICHOU - DDAT / ESAD-ZELT

Référence(s) intranet

http://

FICHE DE SYNTHÈSE

TITRE	<i>Feux asservis à la vitesse Observation du site de Lardenne à Toulouse</i>
Date de publication	25 avril 2011
Auteur(s)	Catherine BARTHE
Diffusion	CERTU, Communauté urbaine du Grand Toulouse
Demandeur de la prestation	CERTU Contact : Christophe DAMAS
Contexte de la prestation	Le CERTU a confié au PCI ESAD-ZELT l'évaluation d'un système de feu tricolore asservi à la vitesse populairement dénommé « feu vert récompense » ou encore, à tort, « feu espagnol ». L'expérimentation, soumise à l'accord de la DSCR, est prévue à Bertholène (12). Sur ce site, une évaluation classique de type « avant / après » des impacts du dispositif sera menée par ESAD-ZELT, mais il s'est avéré intéressant, en complément de cette évaluation, d'analyser le fonctionnement du système et le comportement des usagers sur deux sites où le système est d'ores et déjà en place.
Objectif du document	L'objectif du présent document est de consigner les résultats des comptages, des mesures et des observations réalisés sur le site de Lardenne à Toulouse en août 2010.
Description succincte du contenu	<ul style="list-style-type: none"> - Description du site et du fonctionnement des feux - Mesures des vitesses pratiquées - Respect du feu rouge - Analyse des comportements en approche et au franchissement du feu
Principaux résultats	<p>L'impact de l'asservissement des feux à la vitesse est sensible sur les vitesses moyennes d'approche du carrefour. Tous les indicateurs de mesures le prouvent. L'asservissement à la vitesse n'étant appliqué que la nuit, la comparaison des vitesses moyennes jour/nuit est significative de cet impact : à 100 m en amont des feux, les vitesses de nuit sont supérieures d'environ 2 km/h à celles mesurées de jour mais à l'approche immédiate du feu (10 m), le contraire se produit, les vitesses de nuit étant inférieures de 8 km/h à celles de jour. Même s'il est réduit par rapport à celui mesuré en approche des feux, l'impact reste sensible en sortie de carrefour.</p> <p>Les mesures de franchissements du feu rouge réalisées avec les compteurs automatiques CIGALE montrent un taux de franchissement du feu rouge par rapport au trafic total d'environ 7 %, ce qui est plutôt faible par rapport à d'autres carrefours classiques où ce taux peut se situer entre 15 % et 20 %.</p> <p>L'observation des comportements au franchissement du feu montre qu'environ la moitié des véhicules (52 %) se présentent isolés et sont concernés par le fonctionnement nominal du feu au repos au rouge : 23 % sont « récompensés » car leur vitesse est correcte mais 29 % sont « punis » car leur vitesse d'approche est excessive. Dans ce cas ils attendront en moyenne 5 s au feu rouge. L'autre moitié des véhicules bénéficie, pour l'essentiel, d'un feu vert déclenché par un véhicule précédent dans le même sens ou en sens inverse.</p>

SOMMAIRE

I.	Contexte.....	6
II.	Description du site.....	6
II.1	<i>Site de Lardenne.....</i>	<i>6</i>
II.1.1	Situation	6
II.1.2	Plan et fonctionnement du carrefour	7
II.1.3	Fonctionnement de l'asservissement à la vitesse	8
II.2	<i>Autres sites à Toulouse.....</i>	<i>9</i>
III.	Description des moyens de mesure	11
III.1	<i>Mesure des débits et des vitesses.....</i>	<i>11</i>
III.2	<i>Mesure des franchissements du feu rouge.....</i>	<i>11</i>
III.3	<i>Comportements à l'approche et au franchissement du feu.....</i>	<i>12</i>
III.3.1	Matériels utilisés	12
III.3.2	Exploitation des images	12
III.4	<i>Schéma d'implantation des matériels de mesure</i>	<i>15</i>
IV.	Résultats	16
IV.1	<i>Débits écoulés</i>	<i>16</i>
IV.2	<i>Vitesses pratiquées</i>	<i>18</i>
IV.3	<i>Respect du feu.....</i>	<i>22</i>
IV.4	<i>Comportements à l'approche et au franchissement du feu</i>	<i>24</i>
IV.4.1	Fonctionnement du feu	24
IV.4.2	Comportement au franchissement du feu	25
IV.4.2.1	Comportement	25
IV.4.2.2	Durée d'arrêt	26
IV.4.2.3	Freinage	26
IV.4.2.4	Couleur du feu aux différentes étapes de la trajectoire du véhicule.....	26
IV.4.2.5	Durée d'approche et de franchissement du feu	27
V.	Conclusion.....	28
V.1	<i>Site de Lardenne à Toulouse</i>	<i>28</i>
V.2	<i>Comparaison avec le site de Carbonne.....</i>	<i>28</i>

Liste des figures

Figure 1 :	Plan de situation du carrefour	6
Figure 2 :	Vue aérienne du carrefour	7
Figure 3 :	Schéma d'implantation des équipements de signalisation.....	8
Figure 4 :	Plan de feu en asservissement	9
Figure 5 :	Schéma du carrefour Papin Pujol.....	10
Figure 6 :	Schéma du carrefour Concorde Matabiau	10
Figure 7 :	Compteur CIGALE et tube pneumatique au droit du feu côté Tournefeuille.....	12
Figure 8 :	Image de l'approche au rouge (à gauche) puis du franchissement au vert (à droite) 2 s après	14
Figure 9 :	Schéma d'implantation des matériels de mesure	15
Figure 10 :	Trafics moyens journaliers et horaires.....	17
Figure 11 :	Vitesses moyennes de jour et de nuit	19
Figure 12 :	Pourcentage de véhicules par tranche de vitesse la nuit.....	21
Figure 13 :	Taux de franchissement en fonction de l'heure.....	23
Figure 14 :	Taux de franchissement selon le type de jour.....	24
Figure 15 :	Répartition des durées de vert et de rouge	25

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Profil moyen journalier des franchissements du feu	22
Tableau 2 :	Comportement à l'approche et au franchissement du feu	25
Tableau 3 :	Comportement des véhicules qui voient le feu rouge à l'entrée dans la zone	26
Tableau 4 :	Durée d'approche et de franchissement du feu.....	27

I. CONTEXTE

Le CERTU a confié à la ZELT l'évaluation d'un système de feu tricolore asservi à la vitesse populairement dénommé « feu vert récompense » ou encore « feu espagnol ». La DSCR a, il y a déjà quelques mois, donné son accord pour l'installation de tels systèmes, fortement réclamés par les communes. En effet, les mairies, et notamment les plus petites d'entre elles traversées par des voies à faible densité de trafic mais forte vitesse, voient par ce dispositif un moyen efficace ou du moins nécessaire pour faire baisser les vitesses dans les traversées d'agglomérations de ce type. L'installation d'un tel système est en cours d'étude sur la RN88 dans la traversée de la commune de Bertholène, située dans l'Aveyron, à environ 15 km au Nord-Ouest de Rodez, dans la direction de Mende. Sur ce site, une évaluation classique de type « avant / après » des impacts du dispositif sera menée par la ZELT mais il s'est avéré intéressant, en complément de cette évaluation, d'analyser le fonctionnement du système et le comportement des usagers sur un ou deux sites où le système est d'ores et déjà en place.

L'objectif du présent document est de consigner les résultats des comptages, des mesures et des observations réalisés sur le site de Lardenne à Toulouse en août 2010.

II. DESCRIPTION DU SITE

II.1 SITE DE LARDENNE

II.1.1 Situation

Le carrefour concerné se situe à l'intersection de l'avenue de Lardenne et du chemin du Calquet, dans un quartier périphérique Ouest de la ville de Toulouse limitrophe de la commune de Tournefeuille.

Figure 1 : Plan de situation du carrefour



II.1.2 Plan et fonctionnement du carrefour



Figure 2 : Vue aérienne du carrefour

Le carrefour dénommé Calquet Lardenne dans la base des carrefours gérés par la communauté urbaine du Grand Toulouse (N° 214) est équipé d'un contrôleur de type Galilée. Le plan schématique du carrefour (Figure 3) montre l'implantation des équipements de signalisation lumineuse et des îlots ainsi que les marquages au sol. Il apparaît que le carrefour comporte 3 branches d'entrée contrôlées par feu et une branche de sortie (chemin Savit) accessible depuis Toulouse, en tourne à gauche, sans devoir franchir le feu. Ceci est secondaire par rapport aux flux de trafic du carrefour mais est important dans le fonctionnement en asservissement. En effet, les véhicules qui sont détectés par le radar D4 en approche du feu L2 ne vont pas tous franchir le feu mais éventuellement dégager en tourne à gauche vers le chemin Savit.

Les entrées contrôlées par des feux asservis à la vitesse la nuit sont les branches principales situées Avenue de Lardenne (lignes L1 et L2 du schéma). Elles sont munies de boucles électromagnétiques situées en pied de feu (boucles D1 et D2) pour le fonctionnement de jour et de détecteurs radars (D4 et D5) pour l'asservissement à la vitesse la nuit.

A noter côté Toulouse la présence d'un carrefour à feux (Lardenne / Tissié) à 160 m en amont du carrefour étudié.

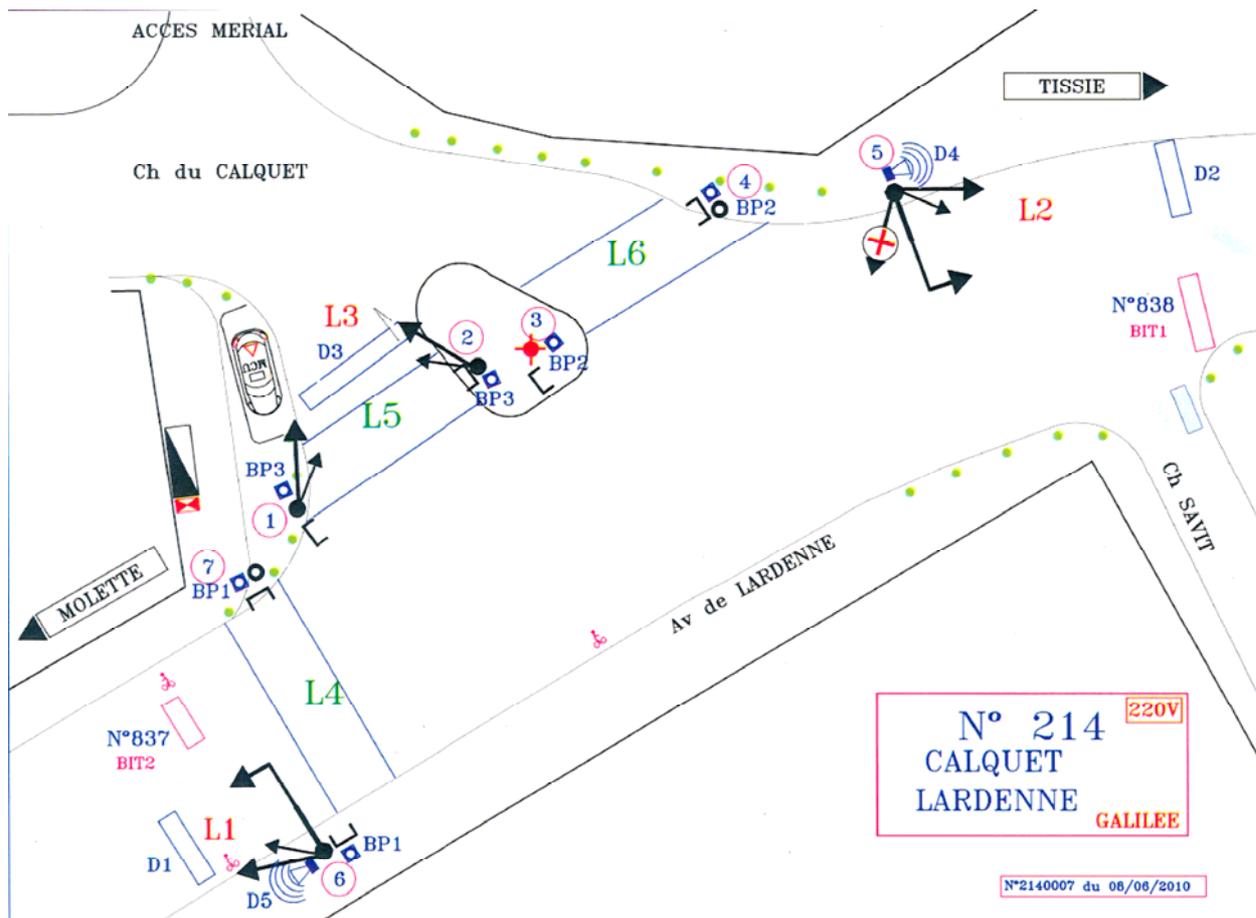


Figure 3 : Schéma d'implantation des équipements de signalisation

II.1.3 Fonctionnement de l'asservissement à la vitesse



Compte tenu du fort volume de trafic dans la journée, l'asservissement à la vitesse n'est appliqué que la nuit, dans la période 22h-6h. Le plan de feux indiqué dans la Figure 4 a une structure basée sur un cycle de 63 secondes. Le fonctionnement de l'asservissement à la vitesse est du type « vert récompense » c'est-à-dire qu'en fonctionnement nominal, la position de repos du feu est le rouge sur toutes les lignes. Le point de repos, indiqué dans le plan de feux est situé à la seconde 57 du cycle. Il y a donc, en cas de détection d'un véhicule en approche par les radars D4 ou D5, un délai de 7 s avant le déclenchement du vert sur les feux L1 et L2 de l'avenue de Lardenne. La durée maximum du vert est alors de 31 secondes.

Calquet Lardenne

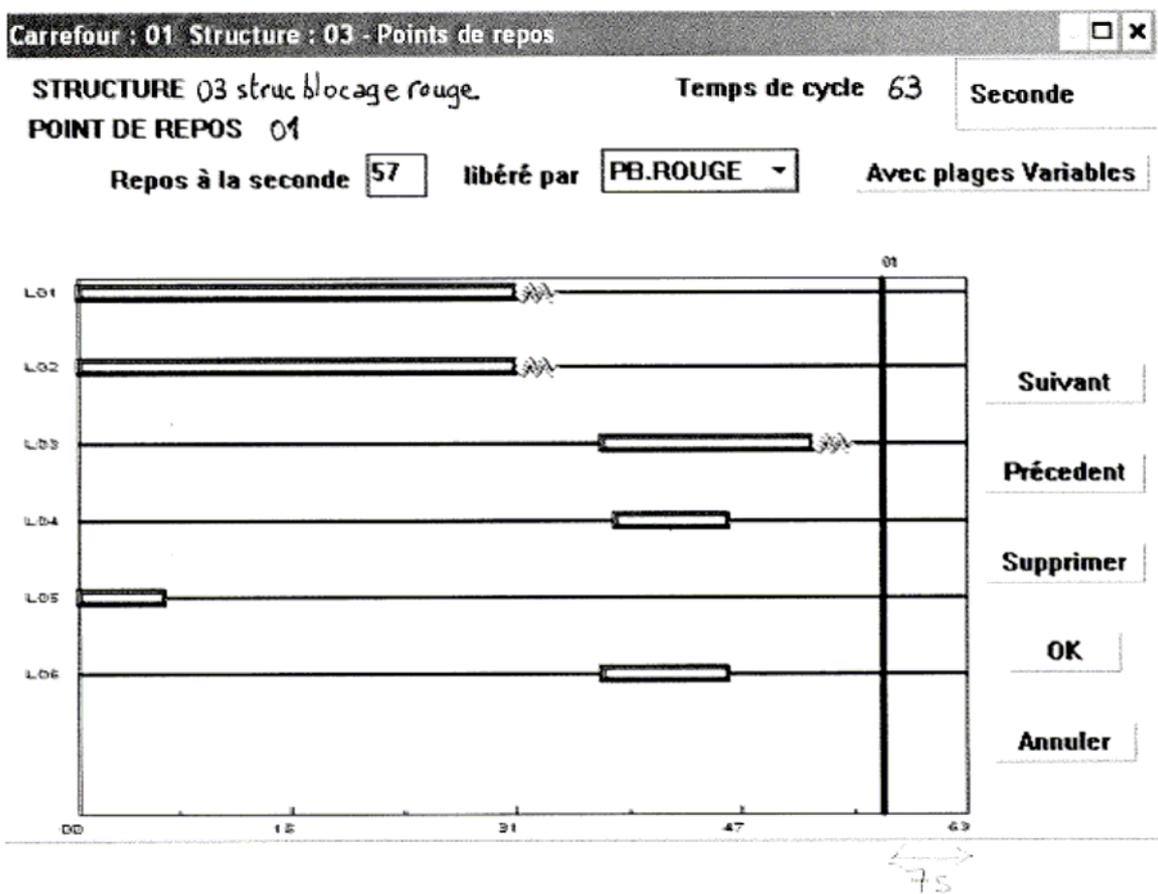


Figure 4 : Plan de feu en asservissement

II.2 AUTRES SITES À TOULOUSE

Deux autres sites fonctionnent à Toulouse sur le même principe d'asservissement à la vitesse la nuit (22h-6h) mais la détection des véhicules en approche se fait par des boucles électromagnétiques longue distance. Il s'agit des carrefours N°503 Papin Pujol et N°444 Concorde Matabiau. Cf. schémas des carrefours en Figure 5 et Figure 6.

Pour des questions de difficultés de mise en œuvre des mesures à l'aide de compteurs routiers et d'intérêt du site en matière de sécurité, nous limiterons les observations et les mesures au carrefour Calquet Lardenne.

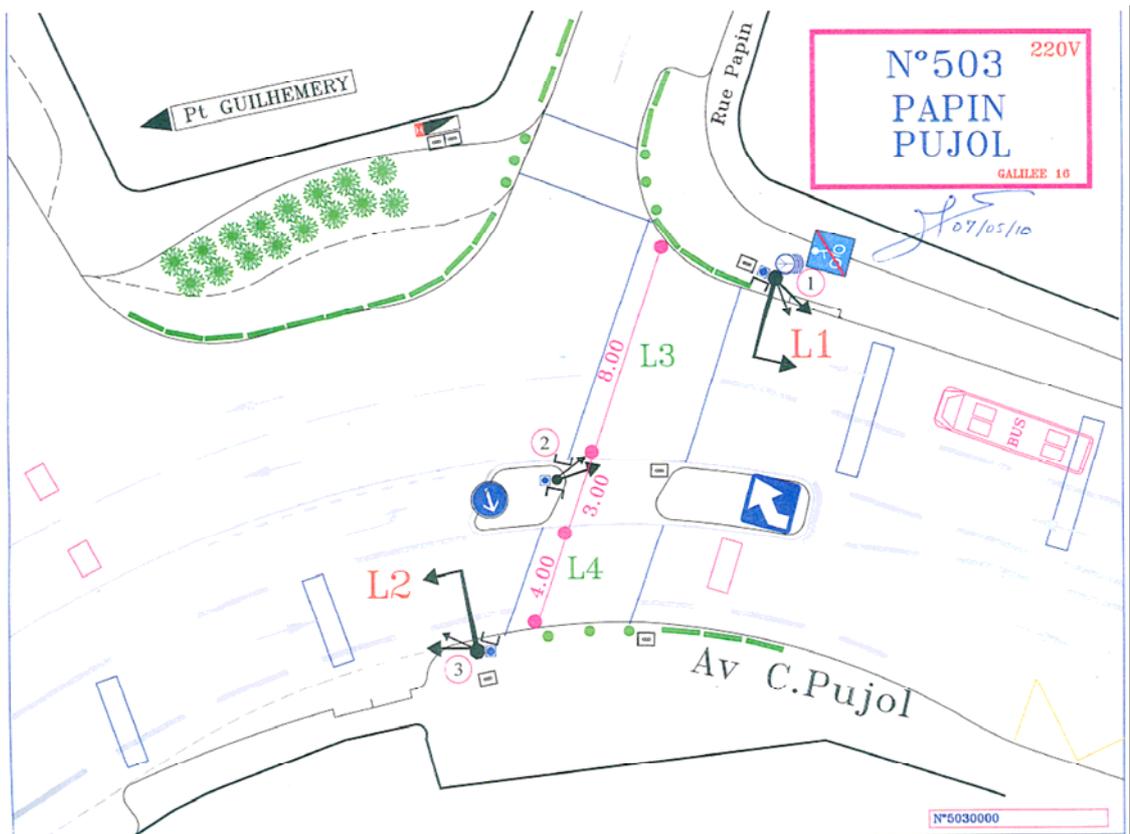


Figure 5 : Schéma du carrefour Papin Pujol

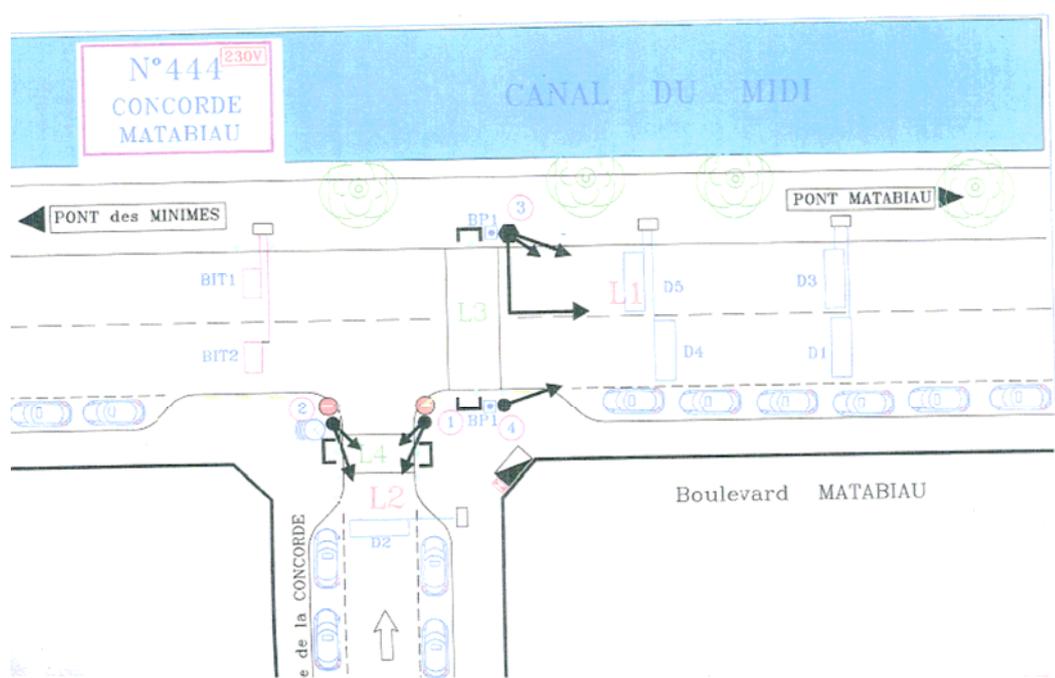


Figure 6 : Schéma du carrefour Concorde Matabiau

III. DESCRIPTION DES MOYENS DE MESURE

III.1 MESURE DES DÉBITS ET DES VITESSES

Des compteurs mobiles de type routier classique à tubes ont été positionnés pendant 10 jours (du 20 au 29 août 2010 inclus)¹ en 4 points à l'approche ou en sortie de carrefour. Les résultats ont été exploités par intervalles d'une heure en débits, distinguant VL et PL d'une part, tranche de vitesse d'autre part. L'objectif, au-delà de la connaissance des débits écoulés, était de mesurer les vitesses d'approche des feux sur l'axe principal où ceux-ci sont asservis à la vitesse. C'est pourquoi, dans chaque sens de circulation, l'idée était de poser 2 compteurs, l'un dans la zone de détection présumée du radar (à environ 100 m du feu), l'autre à l'approche immédiate du feu, à 10 m du feu de façon à s'affranchir des vitesses nulles des véhicules arrêtés au feu rouge. Ces compteurs, équipés de doubles tubes permettent de distinguer les 2 sens de circulation, ils permettent donc de suivre l'évolution des vitesses en approche du carrefour mais également en sortie de celui-ci. Notons que l'asservissement à la vitesse n'étant pratiqué que de nuit, il n'y avait pas d'intérêt à analyser les données de jour en période de saturation, c'est pourquoi nous avons choisi des périodes de vacances scolaires du mois d'août où les trafics de jour sont moins forts, ce qui rapproche les vitesses de jour de celles pratiquées la nuit.

L'implantation des compteurs et leur numérotation est précisée dans le schéma regroupant l'ensemble des matériels de mesure au paragraphe III.4. Pour chaque compteur le sens 1 désigne le sens d'accès au feu et le sens 2 la sortie du carrefour.

Le positionnement des compteurs sur l'avenue de Lardenne est résumé comme suit :

Sens Toulouse – Tournefeuille :	en entrée compteur 1 à 100 m et 2 à 10 m en sortie compteur 3 à 10 m et 4 à 100 m
Sens Tournefeuille - Toulouse :	en entrée compteur 5 à 100 m et 6 à 10 m en sortie compteur 7 à 10 m et 8 à 100 m.

La distance entre les feux des 2 sens de circulation est de 50 m.

III.2 MESURE DES FRANCHISSEMENTS DU FEU ROUGE

Deux compteurs dits « CIGALE » ont été positionnés au niveau du feu dans chaque sens de circulation de l'axe principal et exploités pendant une semaine complète (du 24 au 30 août 2010 inclus). Ces compteurs ont un détecteur à tube placé uniquement sur la partie droite de la chaussée du sens de circulation concerné, mais il est par ailleurs relié au contact électrique des lampes de feu, ce qui permet de comptabiliser séparément les véhicules qui franchissent le feu au rouge. Les compteurs ont été exploités par intervalles d'une heure, pour lesquels on recueille le nombre total de véhicules ayant franchi le feu et le nombre de ceux qui l'ont franchi au rouge. Par contre, le compteur n'enregistre pas les changements de phase de feux et

¹ Les données des compteurs situés à 100 m côté Toulouse (N°1 et 8) ne sont disponibles que jusqu'au 27 août

il n'est par exemple pas possible de connaître après quel délai le franchissement a eu lieu après l'apparition du feu rouge.

L'indicateur synthétique que l'on a retenu, avec le nombre de franchissements au rouge et les débits, est le taux d'infraction (= franchissements au rouge / total des véhicules, exprimé en %).

Figure 7 : Compteur CIGALE et tube pneumatique au droit du feu côté Tournefeuille

Côté Tournefeuille, le poteau de feu se situe à environ 1 m en amont du passage piéton. Côté Toulouse, il n'y a pas de passage piéton, le tube est également situé au droit du poteau de feu.



III.3 COMPORTEMENTS À L'APPROCHE ET AU FRANCHISSEMENT DU FEU

III.3.1 Matériels utilisés

Les comportements des conducteurs à l'approche et au franchissement du feu ont été analysés à partir d'enregistrements vidéo réalisés la nuit du 5 au 6 août 2010 entre 22h et 6h. Ces enregistrements ont été réalisés à partir de la caméra du Grand Toulouse située sur au niveau de la rocade soit à environ 500 m du carrefour. Les images sont un peu lointaines et au premier abord la couleur du feu apparaît peu perceptible. Toutefois, avec l'habitude, les changements de couleur sont tout à fait détectables par le niveau de la lampe allumée (rouge en haut, vert en bas) et le suivi de la trajectoire des véhicules a pu être réalisé très correctement. Seule l'entrée côté Toulouse est analysée.

III.3.2 Exploitation des images

Les images ont été exploitées dans le but de caractériser les franchissements du feu en classant les véhicules selon la façon dont ils ont approché le carrefour et franchi le feu. Nous exploitons les données des véhicules circulant dans le sens de circulation Toulouse – Tournefeuille, pour lequel les véhicules sont vus par l'arrière. Pour chacun des véhicules, on cherche à déterminer :

- la couleur du feu au moment où le véhicule entre dans la zone d'approche du feu, zone que nous réduisons à la section de 160 m située entre le carrefour avec la rue Tissié et

le feu côté Toulouse. En ce point, le véhicule sort du carrefour Tissié, on peut donc considérer qu'à partir de là, son attention se porte sur le franchissement du feu asservi Lardenne / Calquet ;

- les éventuels instants de freinage (allumage des feux STOP) ;
 - l'instant éventuel où le véhicule s'arrête au feu rouge ;
 - l'instant où le véhicule franchit le feu (ce qui permet de mesurer le temps de parcours de la zone précédant le feu) en précisant ce qui suit.
- ❖ dans le cas où le véhicule ne s'est pas arrêté préalablement au rouge, on distingue deux raisons :
 - soit le feu était rouge et le vert a été donné car la vitesse du véhicule était conforme (fonctionnement nominal attendu du feu « vert récompense »), cas dit « sans arrêt vitesse OK » ;
 - soit le feu était vert et le véhicule a bénéficié d'une prolongation de vert initié par un véhicule précédent dans le même sens ou en sens inverse, cas dit « sans arrêt cause tiers » ;
 - ❖ dans le cas où le véhicule s'est arrêté préalablement au rouge, on distingue les raisons de l'arrêt (et l'on mesure le temps d'arrêt) :
 - vitesse excessive, cas dit « arrêt cause vitesse » ;
 - appel sur l'axe transversal ou retour au rouge consécutif à une phase de vert accordée à du trafic dans le même sens ou en sens inverse, cas dit « arrêt cause tiers ».

Pour recueillir ces données, nous avons pris le parti de dépouiller les enregistrements vidéo numériques à l'aide du logiciel Actogram. Ce logiciel permet d'horodater très précisément (au 1/10ème de seconde) les événements repérés sur la vidéo (au moyen d'un clic de souris au moment de l'occurrence de l'événement) et de classer l'événement par type. Nous avons défini comme suit les types d'événements nécessaires au calcul ou à la reconnaissance des situations décrites ci-dessus :

- passage du feu au vert ;
- passage du feu au rouge (d'où estimation du passage au jaune 3 s avant) ;
- horodate d'entrée dans la zone ;
- freinage ;
- arrêt au feu ;
- franchissement au feu selon les cas décrits ci-dessus ou sortie vers le chemin Savit sans franchir le feu.

Les résultats en sortie du logiciel Actogram se présentent sous la forme d'une liste d'horodates associées à un événement dont on connaît le type. Il n'y a pas d'identification du véhicule auquel est associée la série des événements consécutifs concernant ce véhicule. Celle-ci doit donc être reconstituée par un algorithme conçu spécifiquement par la ZELT pour reconstituer la trajectoire du véhicule, associer les états du feu (vert/rouge) correspondants et au final calculer les temps de parcours et durées d'attente.

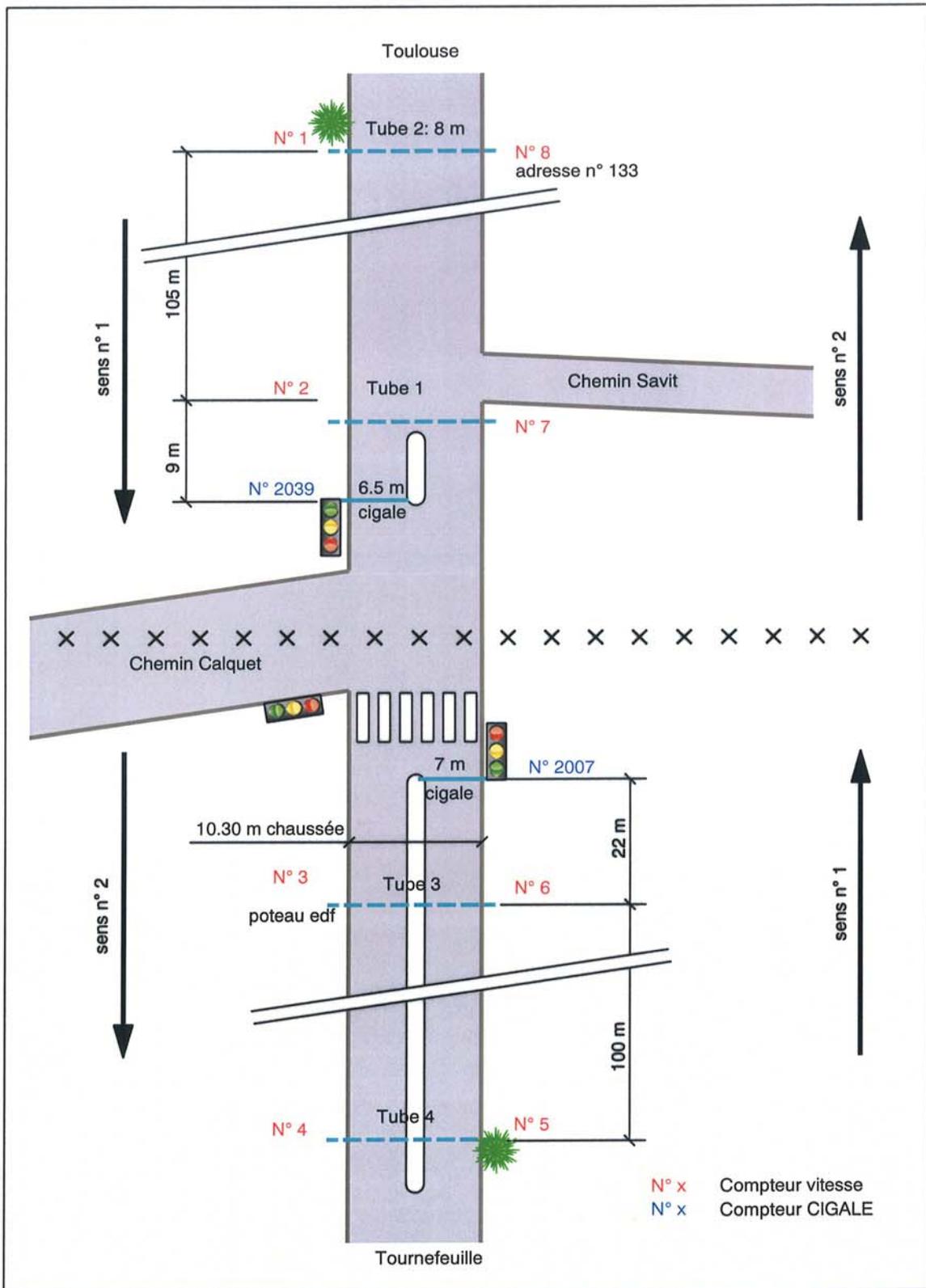
La Figure 8 montre un exemple d'images d'un franchissement du carrefour.



Figure 8 : Image de l'approche au rouge (à gauche) puis du franchissement au vert (à droite) 2 s après

III.4 SCHÉMA D'IMPLANTATION DES MATÉRIELS DE MESURE

Figure 9 : Schéma d'implantation des matériels de mesure



IV. RÉSULTATS

IV.1 DÉBITS ÉCOULÉS

La synthèse des mesures de débits est présentée sous forme de schémas indiquant pour chaque compteur et chaque sens de circulation les données suivantes :

- trafic journalier (véhicules/jour) ;
- trafic horaire moyen de jour (6h-22h) en véh/h ;
- trafic horaire moyen de nuit (22h-6h) en véh/h ;
- plage de variation du trafic horaire de nuit [véh/h minimum ; véh/h maximum].

Le trafic moyen journalier mesuré pendant cette période estivale à l'entrée des feux asservis à la vitesse est de 4100 véh/j côté Toulouse et 4300 véh/j côté Tournefeuille. Les trafics horaires moyens pendant la période diurne sont de l'ordre de 250 véh/h. Pendant la période de nuit où le feu est asservi à la vitesse, le débit a été mesuré en moyenne à 39 véh/h côté Toulouse et 46 véh/h côté Tournefeuille. Cependant les trafics horaires sont très dispersés : les mesures automatiques montrent une amplitude de débit par sens de 3 à 131 véh/h.

Avec moins de 100 véh/h de débit deux sens confondus, on se situe bien dans la zone de pertinence de fonctionnement des feux asservis à la vitesse.

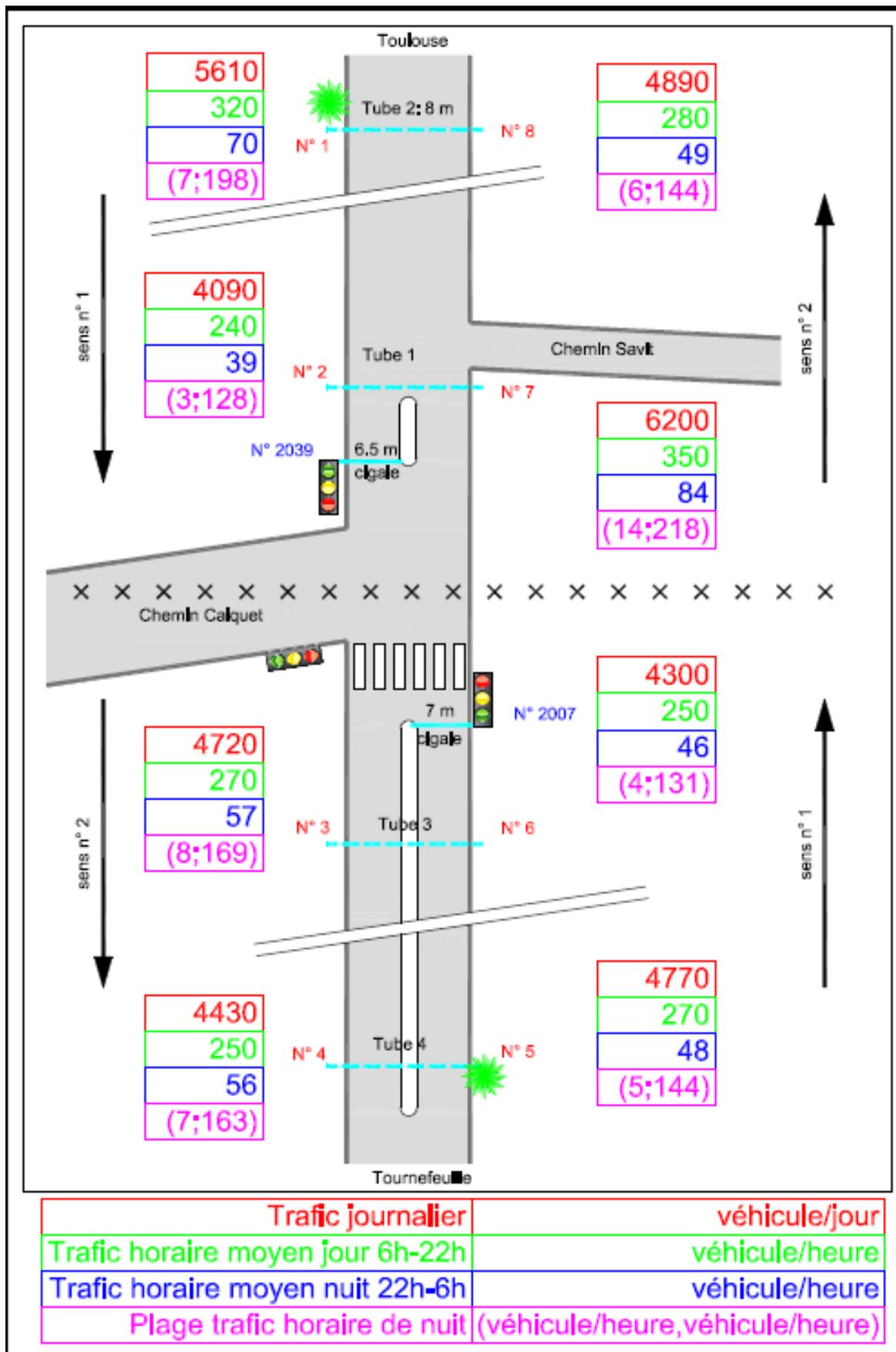


Figure 10 : Trafics moyens journaliers et horaires

IV.2 VITESSES PRATIQUÉES

La synthèse des mesures de vitesse est présentée de même sous forme de schémas indiquant pour chaque compteur et chaque sens de circulation les données suivantes :

- vitesse moyenne² de jour (6h-22h) ;
- vitesse moyenne de nuit (22h-6h) ;
- écart entre la vitesse moyenne de nuit et la vitesse moyenne de jour (en km/h).

Pendant la période de nuit (22h-6h), pourcentage du temps où la vitesse moyenne horaire est :

- inférieure à 30 km/h ;
- comprise entre 30 et 40 km/h ;
- comprise entre 40 et 50 km/h ;
- supérieure à 50 km/h.

Les mesures de vitesse réalisées montrent un impact certain du feu asservi sur la réduction des vitesses d'approche du carrefour. Tous les indicateurs de mesures le prouvent.

Comparaison des vitesses de nuit avec les vitesses de jour :

A 100 m du feu, en approche comme en sortie, les vitesses de nuit sont **plus fortes** que celles de jour, de **2 km/h** en moyenne (4 km/h en sortie côté Toulouse).

A 10 m du feu, l'inverse se produit : les vitesses de nuit sont fortement réduites et se situent à environ **8 km/h en dessous** des vitesses diurnes (2 km/h en sortie côté Tournefeuille).

Réduction de la vitesse à l'approche du feu :

Entre le point situé à 100 m du feu et celui situé à 10 m du feu, les vitesses sont bien entendu réduites. Mais si de jour, l'amplitude de la décélération se limite à 6 ou 7 km/h, elle passe la nuit à 16 km/h ou 18 km/h : côté Toulouse on passe de 47 km/h à 100 m à 31 km/h à 10 m et côté Tournefeuille on passe de 52 km/h à 100 m à 34 km/h à 10 m.

De nuit, la vitesse d'approche à 10 m du feu asservi se situe en moyenne entre 30 km/h et 35 km/h.

La réduction de la vitesse la nuit se fait également sentir en sortie du carrefour sur les points situés 60 m à l'aval du feu, mais ceci surtout en direction de Toulouse où la vitesse reste faible du fait de la présence de la sortie vers le chemin Savit. Par contre, au niveau des points situés à 150 m en sortie du carrefour, les vitesses de nuit ont dépassé celles mesurées de jour.

² il s'agit de la moyenne des vitesses moyennes horaires mesurées pendant les périodes horaires concernées

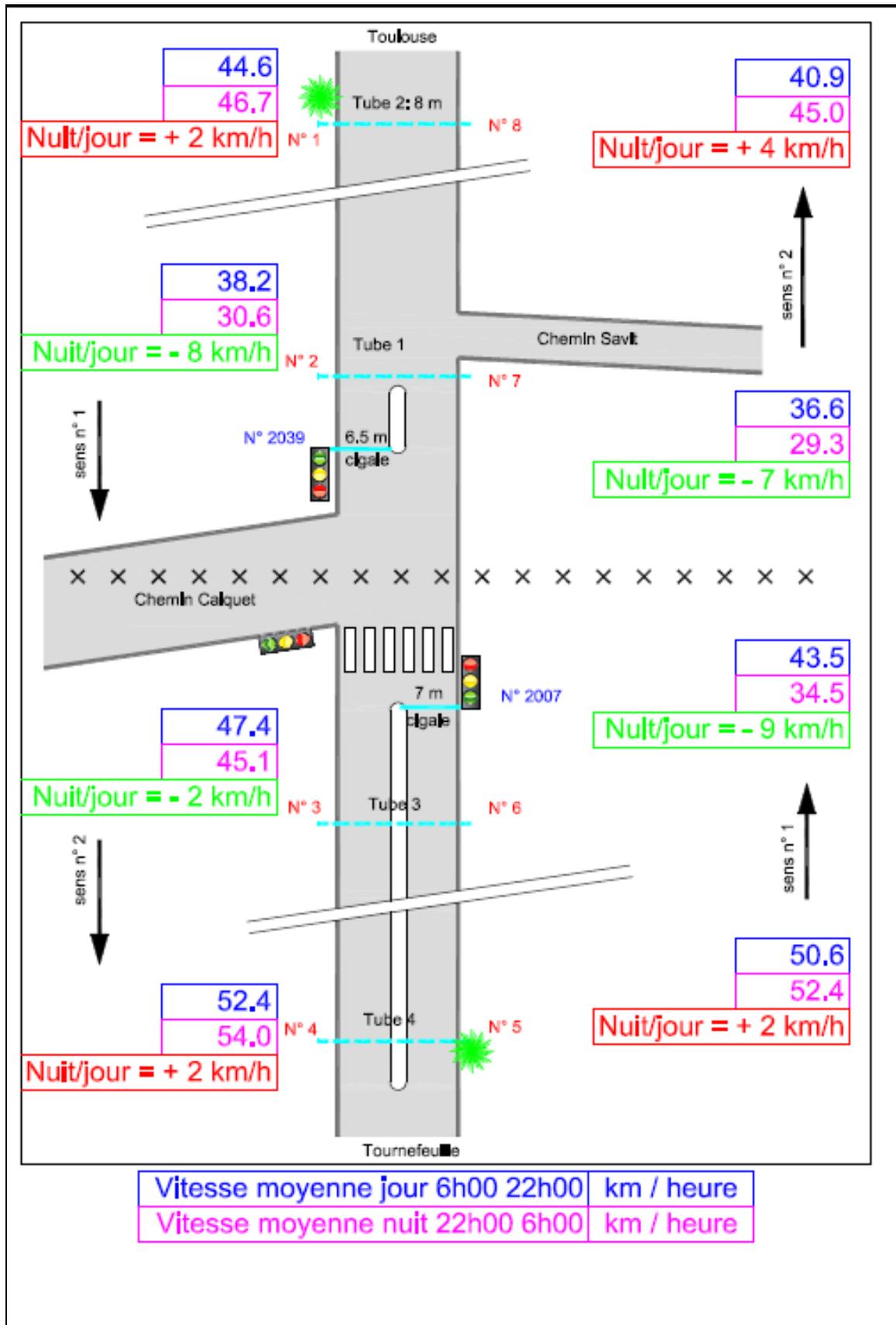


Figure 11 : Vitesses moyennes de jour et de nuit

Répartition par tranche des vitesses moyennes mesurées la nuit :

A l'approche immédiate (10 m) du feu asservi, environ 40 % des conducteurs roulent à moins de 30 km/h, environ 30 % roulent entre 30 km/h et 40 km/h, environ 20 % entre 40 km/h et 50 km/h. Les « infractionnistes » vis à vis de la vitesse limite sont peu nombreux : 6 % côté Toulouse et 13 % côté Tournefeuille. Inversement à 100 m en amont du feu, la proportion de véhicules à moins de 30 km/h est infime (2 à 3 %) et la proportion de contrevenants de 30 % côté Toulouse et 46 % côté Tournefeuille.

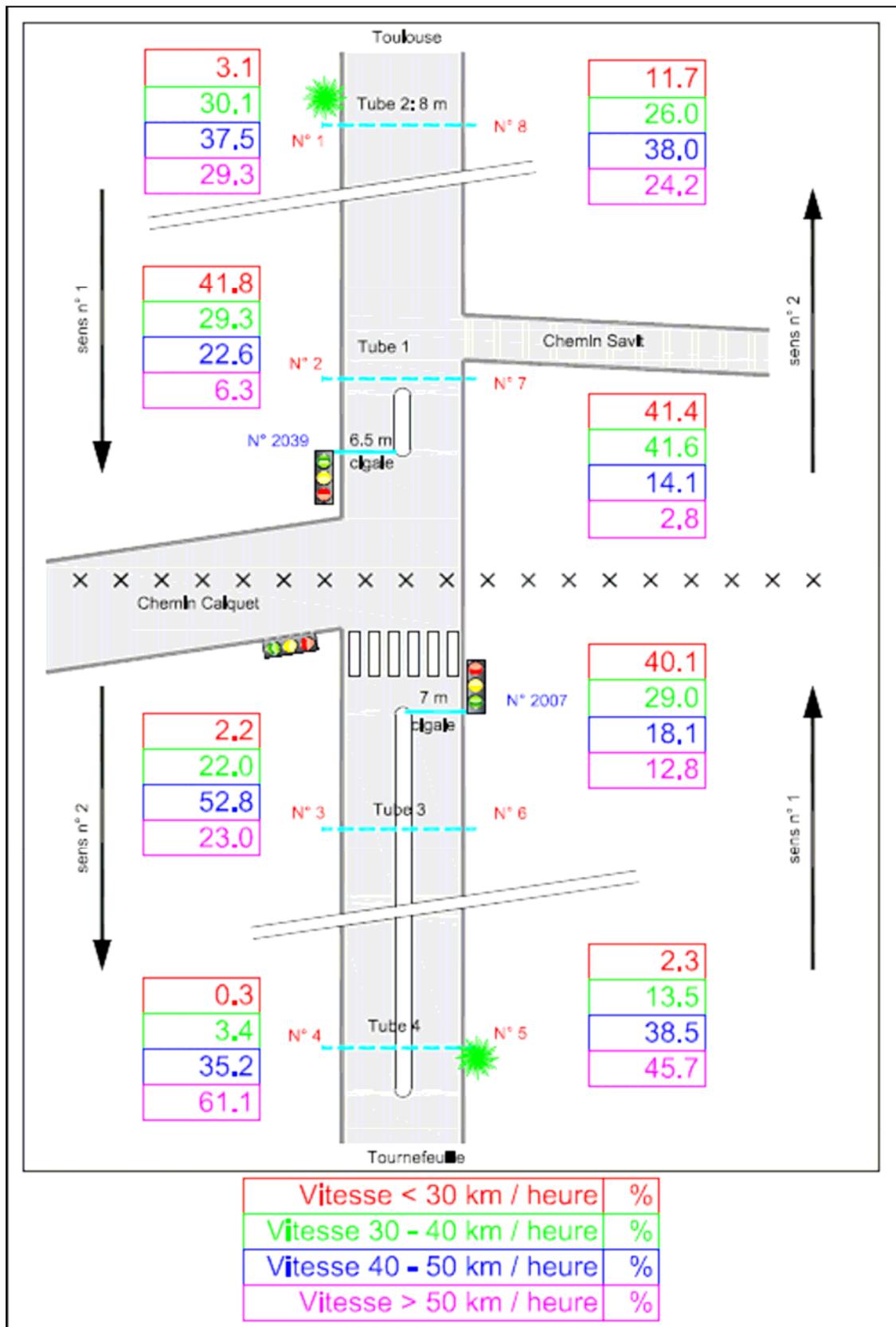


Figure 12 : Pourcentage de véhicules par tranche de vitesse la nuit

IV.3 RESPECT DU FEU

Profil moyen journalier des franchissements côté Tournefeuille				Profil moyen journalier des franchissements côté Toulouse			
heure	trafic total	franchissements au rouge	% FR/total	heure	trafic total	franchissements au rouge	% FR/total
0	57	4	6,3	0	93	5	4,9
1	35	3	8,1	1	58	4	6,7
2	18	1	8,1	2	35	4	11,8
3	14	2	15,8	3	19	3	13,6
4	17	3	15,4	4	19	4	18,5
5	26	3	10,3	5	59	10	17,0
6	84	5	6,3	6	74	3	3,7
7	250	4	1,8	7	325	3	0,9
8	374	2	0,6	8	402	4	1,1
9	288	2	0,7	9	342	3	0,8
10	290	2	0,8	10	266	2	0,8
11	282	2	0,7	11	339	23	6,8
12	282	3	1,0	12	394	40	10,2
13	262	3	1,1	13	339	27	8,1
14	299	3	1,0	14	328	43	13,0
15	284	5	1,6	15	335	44	13,1
16	312	7	2,2	16	421	60	14,2
17	376	5	1,4	17	491	67	13,7
18	382	4	1,2	18	512	67	13,2
19	323	4	1,2	19	430	33	7,7
20	203	4	1,8	20	270	9	3,3
21	136	4	2,6	21	157	1	0,5
22	106	6	5,9	22	159	4	2,2
23	98	7	6,7	23	140	4	2,9
total	4798	87	1,8	total	6005	466	7,8
total 22h-6h	370	28	7,6	total 22h-6h	581	36	6,2

Tableau 1 : Profil moyen journalier des franchissements du feu

Pendant la semaine de mesures de fin août 2010, les volumes de trafic mesurés dans la période de nuit ont été en moyenne de 580 véhicules côté Toulouse et 370 véhicules côté Tournefeuille. Le nombre de franchissements mesurés au rouge par nuit est de 36 côté Toulouse et 28 côté Tournefeuille. Le taux de franchissements du rouge par rapport au débit total est ainsi, la nuit quand le feu est asservi, de 6,2 % côté Toulouse et 7,6 côté Tournefeuille. Ce taux est plutôt faible par rapport à d'autres carrefours classiques où il peut se situer entre 15 % et 20 %. Pour l'ensemble de la journée, ce taux est beaucoup plus faible côté Tournefeuille : 1,8 %, ce qui est un chiffre couramment obtenu sur des carrefours tricolores classiques. Par contre, le chiffre de 7,8 % obtenu sur l'ensemble de la journée côté Toulouse apparaît très fort et s'explique peut-être par l'absence de ligne de feu marquée au sol alors que côté Tournefeuille le poteau de feu se situe à 1 m avant le passage piéton, ce qui peut inciter les conducteurs à mieux respecter la ligne d'arrêt. Rappelons que les comptages CIGALE comptabilisent en partie comme franchissement du rouge les véhicules qui « mordent » la ligne de feu mais s'arrêtent sans réaliser en fait une véritable infraction.

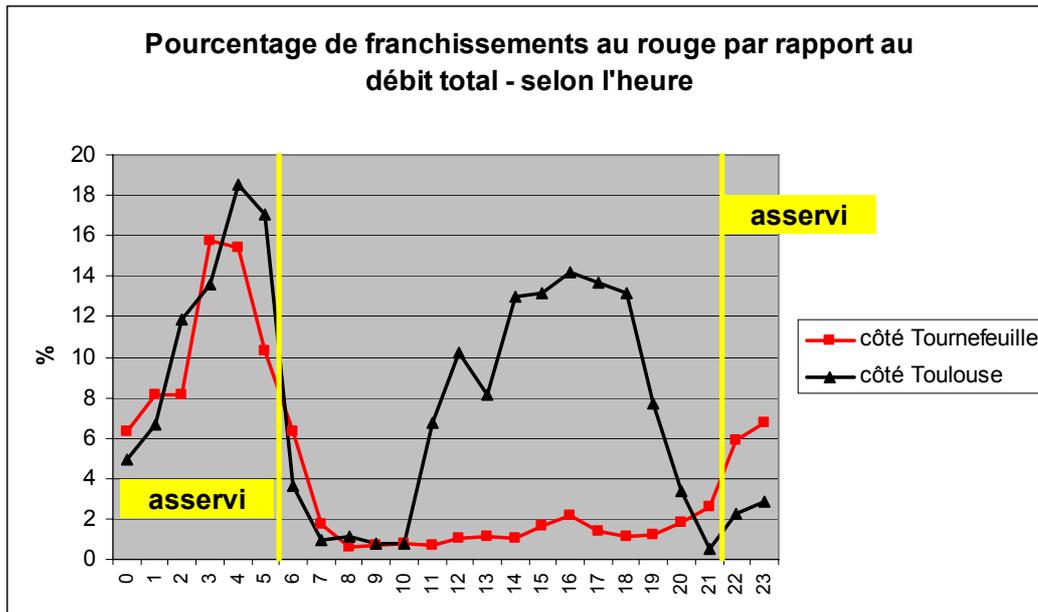


Figure 13 : Taux de franchissement en fonction de l'heure

La nuit, vu le fonctionnement en mode asservi au repos au rouge, et compte tenu de la faiblesse des débits écoulés, on peut considérer que le taux de franchissements au rouge par rapport au débit total est bien représentatif du taux d'infraction. En effet, chaque véhicule qui se présente au feu le fait au rouge et seuls deux cas se présentent : ou il franchit le rouge ou il attend le vert. Les cas de véhicules qui se suivent de près et qui se présentent alors que le feu vert a été déjà déclenché sont suffisamment peu nombreux ce qui évite de fausser l'analyse.

A part en début de soirée côté Toulouse, le pourcentage de franchissements au feu rouge se situe la nuit entre 5 % et 18 %, les taux les plus forts se situant entre 3 h et 5 h.

A part un point atypique du lundi la nuit côté Tournefeuille (à plus de 20 %), les variations journalières des taux de franchissements sont assez limitées : elles sont comprises la nuit entre 5 % et 10 %.

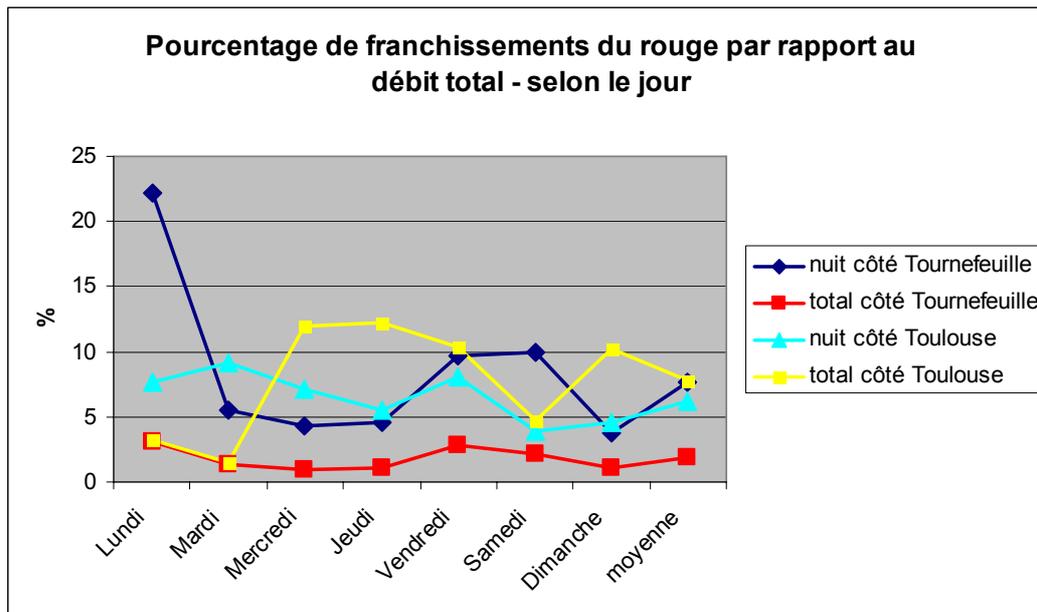


Figure 14 : Taux de franchissement selon le type de jour

IV.4 COMPORTEMENTS À L'APPROCHE ET AU FRANCHISSEMENT DU FEU

Les résultats sont basés sur l'observation de toute une période de nuit, soit 8 h entre 22 h et 6 h où le fonctionnement du feu observé (Av. de Lardenne côté Toulouse) est asservi à la vitesse.

IV.4.1 Fonctionnement du feu

Pendant la période observée 455 cycles et 534 véhicules ont été comptabilisés. La moyenne du nombre de véhicules passés par cycle est de 1,17, ce qui confirme la bonne adaptation du fonctionnement asservi au repos au rouge de type « vert récompense ». La durée moyenne de vert est de 13,5 s et celle de rouge de 47,5 s, ce qui donne une durée moyenne de cycle de 61 s. Notons toutefois, compte tenu du type de fonctionnement, que ces durées sont fortement dépendantes des niveaux de trafic et de la fréquence d'arrivée des véhicules.

Le pic de la distribution des durées de vert (+jaune) se situe à 12 s, ce qui correspond, compte tenu de la durée de jaune de 3 s, à une durée de vert de 9 s, c'est-à-dire très proche de la durée de vert minimum réglementaire (8 s).

La durée de rouge est variable selon la fréquence d'arrivée des véhicules : la répartition des durées est assez étalée entre 5 secondes et près de 8 minutes. La répartition par classes d'amplitude 5 s montre un pic (peu marqué) entre 10 s et 15 s.

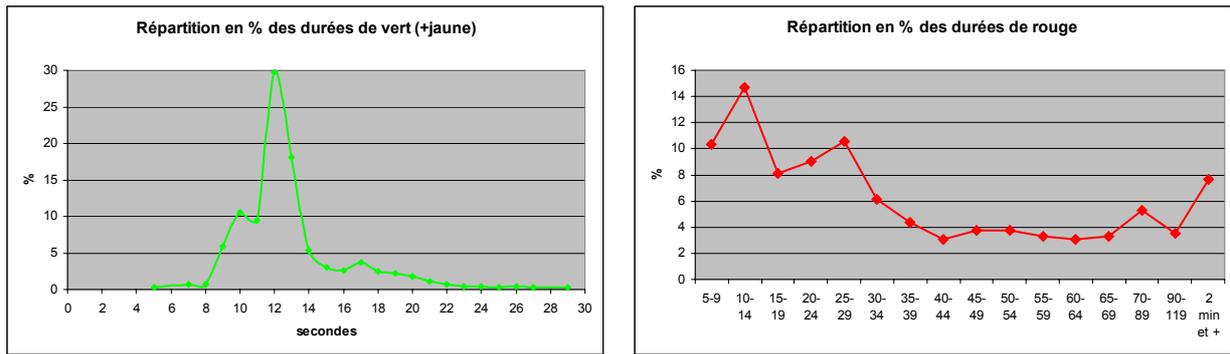


Figure 15 : Répartition des durées de vert et de rouge

IV.4.2 Comportement au franchissement du feu

IV.4.2.1 Comportement

Comportement à l'approche et au franchissement du feu			
comportement	nombre de véhicules	répartition en % des franchissements du feu	Pourcentage des véhicules qui ont freiné
déclenche le vert mais sort rue Tissié sans franchir le feu	46		63,0
ne s'arrête pas car vitesse OK	113	23,2	79,6
ne s'arrête pas car le vert a été déclenché par un tiers	210	43,0	8,1
s'arrête car vitesse excessive	143	29,3	88,8
s'arrête car le rouge est maintenu à cause d'un tiers	22	4,5	81,8
Total	534	100,0	52,6

Tableau 2 : Comportement à l'approche et au franchissement du feu

9 % des véhicules sortent avant le feu vers la rue Tissié, ils sont donc susceptibles de déclencher une phase de vert inutile.

Parmi les véhicules qui franchissent le feu :

- 23 % le font comme on l'attend du fonctionnement nominal du feu « vert récompense » c'est-à-dire que leur vitesse d'approche est correcte et qu'ils n'ont pas besoin de s'arrêter avant d'obtenir le vert ;
- 29 % sont pénalisés et doivent s'arrêter au rouge car leur vitesse d'approche est excessive ;

- l'autre moitié des usagers n'utilise pas la fonctionnalité vert récompense ou sanction :
 - 43 % ne s'arrêtent pas car le vert a été déclenché préalablement par un véhicule précédent dans le même sens ou en sens inverse ;
 - 5 % s'arrêtent car le rouge est prolongé à cause d'appels sur la voie secondaire.

IV.4.2.2 Durée d'arrêt

31 % des véhicules s'arrêtent au feu, leur durée moyenne d'arrêt est de 6 s. Quand l'arrêt est dû à la vitesse excessive du véhicule le temps d'arrêt est en moyenne de 5 s mais quand il est dû au trafic transversal, la durée est trois fois plus longue (14 s en moyenne).

IV.4.2.3 Freinage

80 % des véhicules qui obtiennent le « vert récompense » ont freiné au préalable. Le pourcentage de freinage est un peu plus fort pour les véhicules qui s'arrêtent (88 %) du fait d'une vitesse excessive. Par contre seulement 8 % de ceux qui profitent d'un feu vert dû à un tiers vont devoir freiner.

IV.4.2.4 Couleur du feu aux différentes étapes de la trajectoire du véhicule

Au début de la zone surveillée, à 160 m du feu, 68 % des véhicules voient le feu au rouge. Cette proportion est identique au moment où le véhicule s'arrête, ce qui arrive on l'a vu dans 31 % des cas. Au moment du franchissement du feu les observations visuelles nous montrent qu'environ 1 véhicule sur 3 franchit le feu au rouge. Cette part d'infractions apparaît beaucoup plus forte que celle mesurée par les compteurs automatiques CIGALE (7 %). Cela provient certainement d'un défaut de synchronisation de la saisie des différents éléments : il y a probablement un léger retard de l'appréciation visuelle du changement de couleur du feu par rapport au moment d'engagement du véhicule dont la perspective était difficile à apprécier vu l'éloignement de la caméra.

comportement	nombre total de véhicules ayant franchi le feu	dont nombre pour qui le feu était rouge à l'entrée de la zone	% de véhicules pour qui le feu était rouge à l'entrée de la zone	répartition des véhicules entrés au rouge selon le type de comportement
ne s'arrête pas car vitesse OK	113	96	85,0	29,1
ne s'arrête pas car le vert a été déclenché par un tiers	210	123	58,6	37,3
s'arrête car vitesse excessive	143	101	70,6	30,6
s'arrête car le rouge est maintenu à cause d'un tiers	22	10	45,5	3,0
Total	488	330	67,6	100,0

Tableau 3 : Comportement des véhicules qui voient le feu rouge à l'entrée dans la zone

85 % des véhicules qui bénéficient du « vert récompense » avaient le feu au rouge à l'entrée de la zone surveillée. Parmi les véhicules qui avaient le feu rouge à l'entrée de la zone, 29 % bénéficieront du vert récompense conformément au fonctionnement nominal du système et 31 % seront « punis » et devront s'arrêter dans l'attente du vert.

IV.4.2.5 Durée d'approche et de franchissement du feu

Nous analysons dans le Tableau 4 le temps de parcours de la zone de 160 m en amont du feu, comprenant l'arrêt éventuel au feu. Le temps moyen pour l'ensemble de l'échantillon de véhicules est de 12 s, c'est aussi le temps moyen des véhicules qui bénéficient du vert récompense sans s'arrêter au feu. Quand un véhicule bénéficie d'un vert déclenché au préalable par un tiers, il « gagne » 2 s dans son parcours. Inversement s'il doit s'arrêter car sa vitesse est excessive, il perd 4 s par rapport au temps moyen. Par contre si l'arrêt est dû au trafic transversal, le temps moyen perdu est de 13 s.

comportement	durée moyenne en secondes
déclenche le vert mais sort rue Tissié sans franchir le feu	10
ne s'arrête pas car vitesse OK	12
ne s'arrête pas car le vert a été déclenché par un tiers	10
s'arrête car vitesse excessive	16
s'arrête car le rouge est maintenu à cause d'un tiers	25
Total	12

Tableau 4 : Durée d'approche et de franchissement du feu

V. CONCLUSION

V.1 SITE DE LARDENNE À TOULOUSE

L'impact de l'asservissement des feux à la vitesse est sensible sur les vitesses moyennes d'approche du carrefour. Tous les indicateurs de mesures le prouvent. L'asservissement à la vitesse n'étant appliqué que la nuit, la comparaison des vitesses moyennes jour/nuit est significative de cet impact : à 100 m en amont des feux, les vitesses de nuit sont supérieures d'environ 2 km/h à celle mesurées de jour mais à l'approche immédiate du feu (10 m), le contraire se produit, les vitesses de nuit étant inférieures de 8 km/h à celles de jour. Même s'il est réduit par rapport à celui mesuré en approche des feux, l'impact reste sensible en sortie de carrefour.

Les mesures de franchissements du feu rouge réalisées avec les compteurs automatiques CIGALE montrent un taux de franchissement du feu rouge par rapport au trafic total d'environ 7 %, ce qui est plutôt faible par rapport à d'autres carrefours classiques où ce taux peut se situer entre 15 % et 20 %.

L'observation des comportements au franchissement du feu montre qu'environ la moitié des véhicules (52 %) se présentent isolés et sont concernés par le fonctionnement nominal du feu au repos au rouge : 23 % sont « récompensés » car leur vitesse est correcte mais 29 % sont « punis » car leur vitesse d'approche est excessive. Dans ce cas ils attendront en moyenne 5 s au feu rouge. L'autre moitié des véhicules bénéficie, pour l'essentiel, d'un feu vert déclenché par un véhicule précédent dans le même sens ou en sens inverse.

V.2 COMPARAISON AVEC LE SITE DE CARBONNE

Les conclusions en terme d'impact de l'asservissement du feu sur la vitesse d'approche des véhicules sont communes aux deux sites et du même ordre : on constate une réduction d'environ 10 km/h mesurée à Lardenne en comparaison avec les vitesses diurnes où le feu n'est pas asservi et mesurée de jour à Carbonne en comparaison avec l'axe transversal.

Le fonctionnement attendu du feu « vert récompense » (au repos au rouge avec obtention ou non du vert selon la vitesse) s'adresse à un pourcentage beaucoup plus élevé de conducteurs à Lardenne (52 %) qu'à Carbonne (14 %) : 23 % à Lardenne et 10 % à Carbonne sont effectivement récompensés et 29 % à Lardenne et 4 % à Carbonne sont punis et obligés de s'arrêter (en moyenne 5 s à Lardenne et 7 s à Carbonne).

Les conclusions qui peuvent être tirées de l'observation de ces sites de Toulouse et Carbonne seront capitalisées plus tard dans le rapport global d'évaluation du fonctionnement des feux asservis à la vitesse intégrant l'expérimentation de Bertholène (12).

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

Centre d'Études Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest
rue Pierre Ramond - BP 10
33166 Saint-Médard-en-Jalles Cedex
Tél : 05 56 70 66 33
Fax : 05 56 70 67 33
Courriel : cete-sud-ouest@developpement-durable.gouv.fr

30