



Feux asservis à la vitesse

Rapport intermédiaire Observation du site de Carbonne

Date 17/09/2010

Version 2.1

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

Historique des versions du document

Numéro	Date	Auteur	Commentaire
V 1.0	21/04/10	Catherine Barthe	
V 2.0	11/09/10	Catherine Barthe	Intégration des résultats des mesures de vitesses et des analyses des observations vidéo.
V 2.1	17/09/10	Catherine Barthe	Relecture de Marie-Reine Bakry

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
Tél. : 05 62 25 97 80 / Fax : 05 62 25 97 99
Courriel : catherine.barthe@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteur

Catherine BARTHE - DDAT / ZELT

Rellecteur

Marie-Reine BAKRY – Responsable ZELT

Référence(s) intranet

<http://>

SOMMAIRE

1 - CONTEXTE.....	4
2 - DESCRIPTION DU SITE.....	5
2.1 - Situation du carrefour.....	5
2.2 - Principe de fonctionnement.....	6
3 - DESCRIPTION DES MOYENS DE MESURE.....	11
3.1 - Mesure des débits et des vitesses.....	11
3.2 - Mesure des franchissements du feu rouge.....	12
3.3 - Comportements à l'approche et au franchissement du feu.....	13
3.3.1 - Matériels utilisés.....	13
3.3.2 - Exploitation des images.....	15
3.3.3 - Difficultés rencontrées.....	16
3.3.4 - Périodes d'observation.....	16
3.4 - Schéma récapitulatif de description du site et de l'implantation des moyens de mesure.....	17
4 - RÉSULTATS.....	18
4.1 - Débits écoulés.....	18
4.2 - Vitesses pratiquées.....	21
4.2.1 - Présentation des résultats.....	21
4.2.2 - Variation des moyennes journalières.....	25
4.2.3 - Variations jour / nuit.....	25
4.2.4 - Synthèse à proximité immédiate du carrefour.....	25
4.2.5 - Évolution spatiale des vitesses autour du carrefour.....	26
4.2.6 - Répartition des vitesses, pourcentage de contrevenants.....	26
4.3 - Respect du feu rouge.....	26
4.4 - Comportements à l'approche et au franchissement du feu.....	29
4.4.1 - Fonctionnement du feu.....	29
4.4.2 - Comportement au franchissement du feu.....	30
4.4.3 - Caractéristiques moyennes des comportements en approche et franchissement du feu.....	31
4.4.4 - Durées d'arrêt au feu.....	31
4.4.5 - Durées d'approche et de franchissement du feu.....	32
5 - CONCLUSION.....	34

1 - 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 réalisées sur le site de Carbonne (Haute-Garonne) fin mars et début avril 2010.

2 - Description du site

2.1 - Situation du carrefour

Les feux asservis à la vitesse sont implantés sur la commune de Carbone, commune d'environ 5000 habitants située au sud de l'agglomération toulousaine en direction de Tarbes. Le carrefour étudié est situé sur la RD62, route de Toulouse, à l'intersection avec la rue Vincent Auriol. C'est l'axe de la RD62 qui fonctionne avec asservissement à la vitesse, ce qui se justifie par le fait qu'il s'agit d'une voie qui, bien que pas très large, assure, en alignement droit, la liaison entre l'échangeur de l'autoroute A64 et le centre ville de Carbone. Il s'agit donc, comme son nom l'indique (route de Toulouse) de l'axe de liaison avec la métropole régionale. La terminologie employée pour désigner les branches du carrefour est l'axe principal (RD62, avenue de Toulouse) le sens « vers A64 » et le sens « vers centre ville » et l'axe secondaire (rue Vincent Auriol). Le carrefour se situe en agglomération.



Les trafics moyens journaliers 2 sens sont d'environ 5000 véhicules sur l'axe principal et 3000 sur l'axe secondaire.

Vue du carrefour, sens vers centre ville (rue V. Auriol à gauche au premier plan de la photo)



2.2 - Principe de fonctionnement

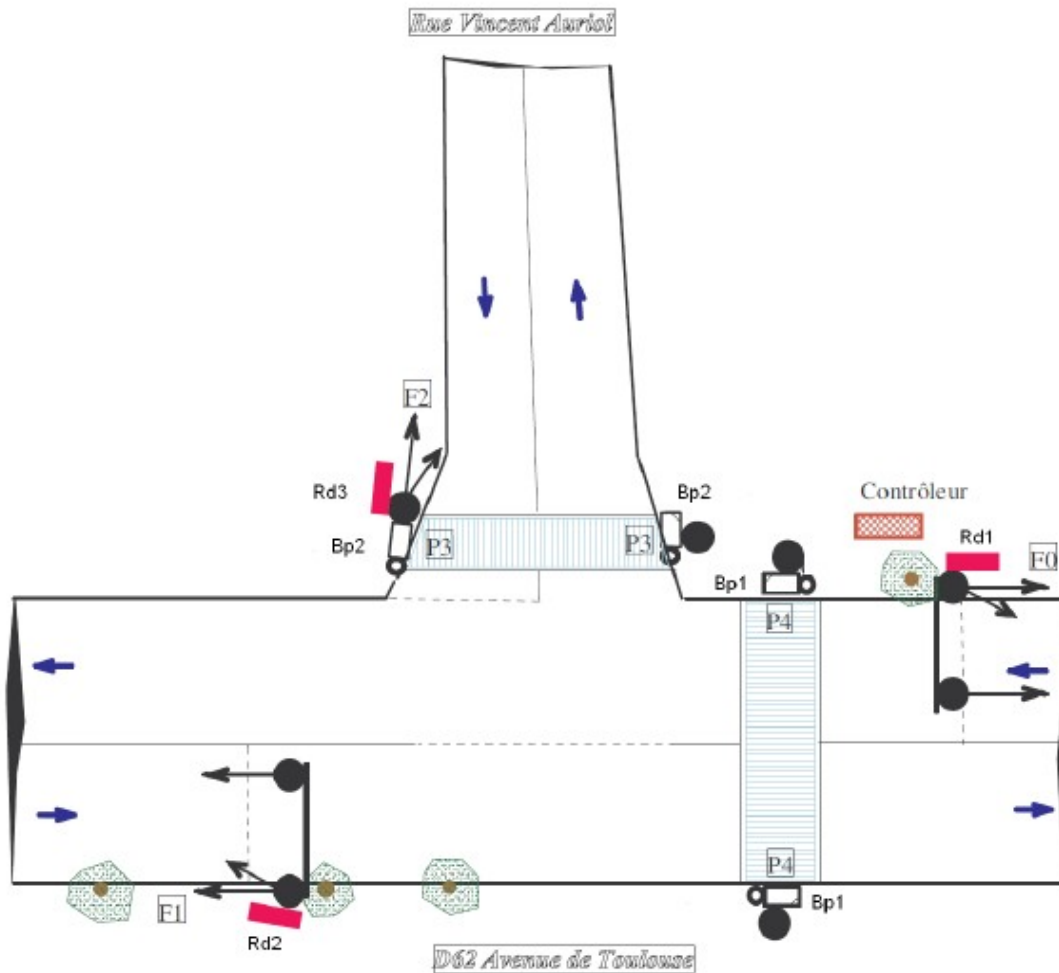
Le principe de fonctionnement peut être résumé de la façon suivante :

- la phase de repos comprend tous les feux au rouge ;
- sur l'axe principal, un détecteur, type radar Doppler, détecte l'arrivée d'un véhicule au niveau de son point de visée, à environ 100 m du feu. Le vert est accordé à ce véhicule après un délai compatible avec la vitesse réglementaire en vigueur (50 km/h), suivant le principe dit du « vert récompense ». En pratique, le vert est donné 1 s après la détection radar. Si le véhicule arrive avec une vitesse excessive, il devra attendre au feu rouge la pénalisation compensatoire de son excès de vitesse en approche ;

- en cas d'approche de véhicules suivant le véhicule « déclencheur », dans le même sens ou en sens inverse après le délai minimum de vert (15 s), le vert est prolongé, tant que l'intervalle entre véhicules appelant est inférieur à 2 s jusqu'à une valeur maximale de 37 secondes ;
- le retour au rouge est fait immédiatement après le passage du dernier véhicule du groupe, après déroulement de la phase de jaune de 3 s ;
- sur l'axe secondaire, la détection des véhicules se fait également par radar mais sans asservissement à la vitesse, le vert est accordé après déroulement des durées de sécurité incompressibles suivant la phase verte de l'axe principal (4 s);
- il est entendu que le fonctionnement décrit ci-dessus pour l'accord du vert sur la phase principale en lien avec la vitesse du véhicule n'est effectif qu'en l'absence d'appel ou de phase de vert sur l'axe secondaire. Si tel est le cas, le vert ne sera accordé sur l'axe principal qu'après déroulement du minimum de vert de l'axe secondaire (10 s) et prolongement tant que l'intervalle entre véhicules appelant est inférieur à 2 s jusqu'à une valeur maximale de 32 secondes, puis déroulement des durées de sécurité (3 s) ;

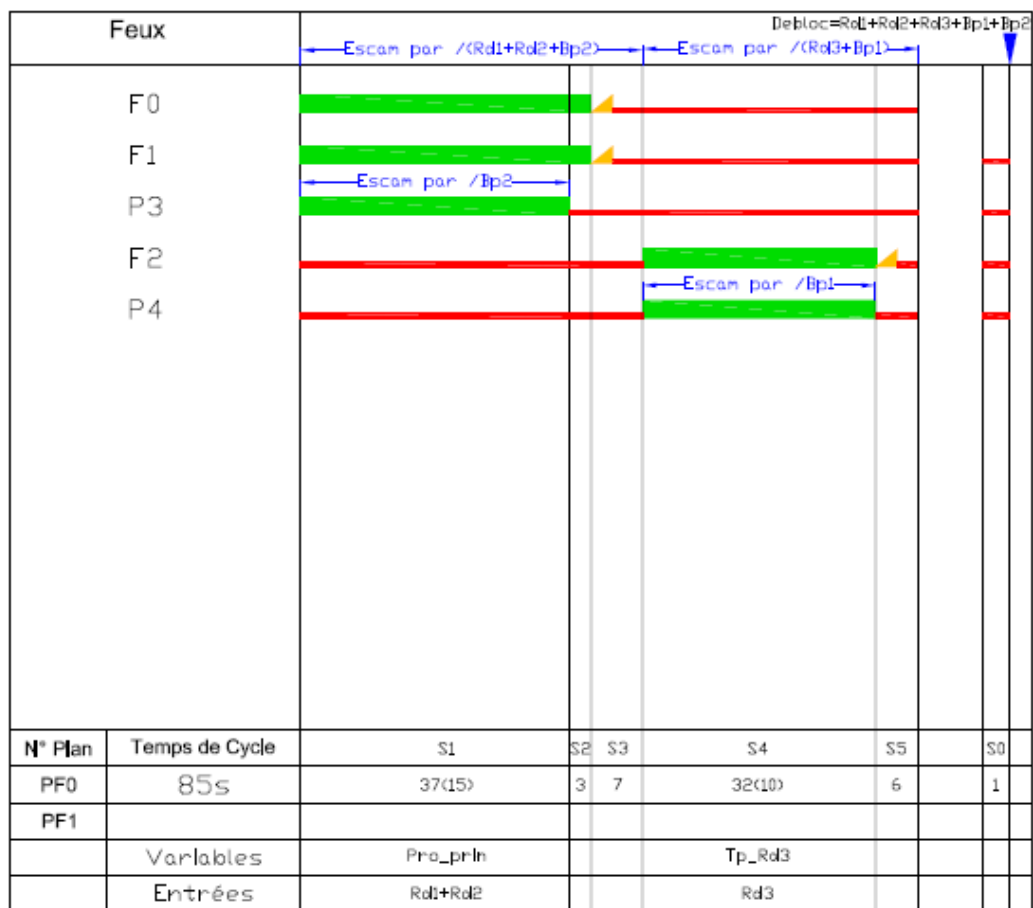
•

Le plan de feux explicatif du fonctionnement, fourni par l'équipementier, est présenté ci-après.



Rue du Négoce 31650 St Orens Tél: 05 61 00 27 03 Fax: 05 61 00 27 88		CARBONNE	31390
Carrefour : D62 Avenue de Toulouse - Rue Vincent Auriol -			
ETDE Cazères	Contrôleur TRAFFY		17/02/2005

DIAGRAMME DE FONCTIONNEMENT



Le carrefour est par défaut au rouge Intégral en S0. Si nous avons un appel piéton, nous donnons le vert la ligne piéton ainsi que la (les) ligne(s) tricolore(s) pouvant être délivrées en même temps.
 Si nous avons une demande via Rd1 ou Rd2, nous délivrons le vert sur F0 et F1 via S1 1s après la détection fournie par les radars. Ce qui doit correspondre à une vitesse d'approche d'environ 50km/h. Le vert sera déclenché à l'arrivée du véhicule si ce dernier respecte la vitesse, sinon il devra marquer un temps d'arrêt au rouge.
 Après la S3, si nous avons sur un appel sur Bp1, nous donnons le vert sur F2 et P4, si nous avons que sur Rd3, nous donnons le vert sur F2. Sinon, on se place sur le point de repos au rouge.

	Agence St ORENS de GAMEVILLE Sud-Ouest Rue du Négoce 31 850 SAINT ORENS DE GAMEVILLE	Tél: +33 (0)2 40 92 37 30 Fax: +33(0)2 40 92 10 15	Date de Mise en service: 1/2005 Modification programmée: 12/12/2008
	Carbonne (31)	CARREFOUR n° — "D62 n°77 Toulouse-Aurial"	N° G.C.: 0013566 Version: A Date: 06/05/2010 Dessiné par: BENOÎT MONNER



Feu et détecteur radar – rue V. Auriol



Feu et détecteur asservi à la vitesse RD62
vers centre ville

3 - Description des moyens de mesure

3.1 - Mesure des débits et des vitesses

Des compteurs mobiles de type routier classique à tubes ont été positionnés pendant 2 semaines complètes (du 29 mars au 11 avril 2010 inclus)¹ en 6 points à proximité du carrefour. Les résultats ont été exploités par ¼ d'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 (notamment 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 un peu plus de 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.

L'implantation des compteurs et leur numérotation est précisée dans le schéma regroupant l'ensemble des matériels de mesure au paragraphe 3.4 - .

Le positionnement des compteurs est résumé comme suit :

Sur la rue Vincent Auriol : N°21, à 10 m en amont du feu

Sur la RD62 :

sens vers centre ville : N°23, à 110 m en amont du feu

N°26, à 10 m en amont du feu

sens vers A64 : N°22, à 125 m en amont du feu, et à l'amont de la route de l'Arize

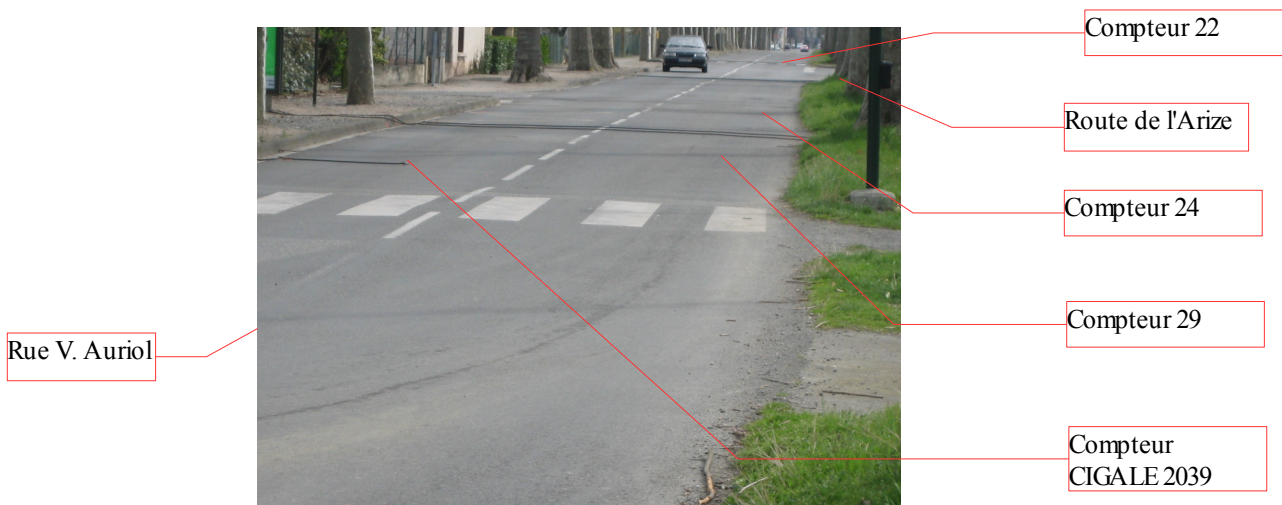
de l'Arize N°24, à 70 m en amont du feu, après l'insertion de la route

N°29, à 10 m en amont du feu

La distance entre les feux des 2 sens de circulation est de 25 m.

A noter que, dans le sens vers A64, l'insertion de la route de l'Arize, non prioritaire, à 110 m du feu, c'est-à-dire dans la zone de détection présumée du radar, nous a incités à positionner un compteur supplémentaire après cette voie. En effet, les véhicules sortant de la route de l'Arize, ont des vitesses beaucoup plus faibles que ceux qui arrivent de la RD62 en mouvement direct.

¹ Le lundi 5 avril (lundi de Pâques) est un jour férié assimilé à un dimanche et donc comptabilisé avec le week-end.



Vue de l'implantation des compteurs de la rue V. Auriol (premier plan) en direction du centre de Carbonne (arrière-plan)

3.2 - 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 pendant 2 semaines complètes (du 29 mars au 11 avril 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'1/4 d'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 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 %).

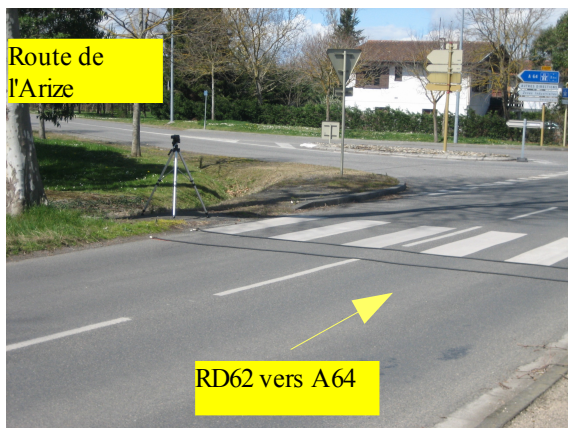


Compteur Cigale implanté au droit du feu asservi à la vitesse – RD62 en direction d'A64

3.3 - Comportements à l'approche et au franchissement du feu

3.3.1 - Matériels utilisés

Les comportements des conducteurs à l'approche et au franchissement du feu ont été analysés à partir d'enregistrements vidéo réalisés le 31 mars 2010, pendant deux heures (une en creux et une en pointe) pour chaque sens de circulation. Les deux photos qui suivent montrent le positionnement du caméscope utilisé, chacun étant situé à 110 m en amont du feu, côté gauche dans le sens de circulation vers A64 et côté droit dans le sens de circulation vers centre ville.



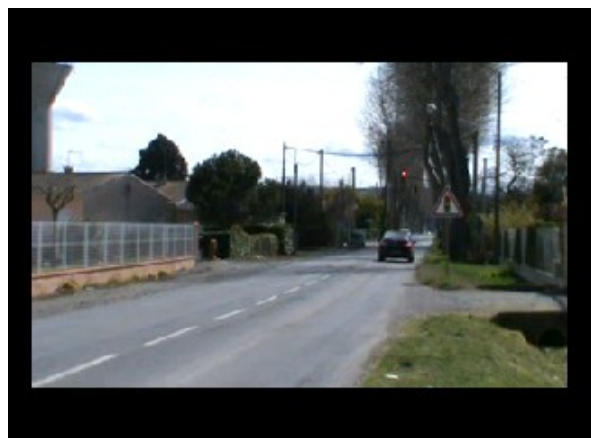
La configuration et l'environnement du carrefour sont précisés sur la photo aérienne (source Google Earth) où les punaises rouges indiquent le début du champ de vision de la caméra pour chaque sens de circulation.



Exemples d'images des caméras



Vers A64



Vers Carbonne centre ville

3.3.2 - 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 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 couverte par la caméra, instant que nous estimons représentatif du moment où le conducteur perçoit le feu ;
- 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 au vert (ce qui permet de mesurer le temps de parcours de la zone précédant le feu) en précisant :
 - 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 ») ;
 - ➔ 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 ;
 - 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 ;
 - ➔ appel sur l'axe transversal ;
 - ➔ retour au rouge consécutif à une phase de vert accordée à du trafic dans le même sens ou en sens inverse sur la RD.

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 (en distinguant dans le sens vers A64 la provenance depuis la RD62 ou depuis la route de l'Arize) ;
- freinage ;
- arrêt au feu ;
- franchissement au feu selon les cas décrits ci-dessus.

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.

3.3.3 - Difficultés rencontrées

Le dépouillement a suscité des difficultés inhérentes aux moyens utilisés et à leur mise en œuvre.

Les prises de vue ont été faites avec un caméscope fixé sur un pied relativement bas placé en bordure de chaussée. En effet, les bas côtés sont très étroits et bordés d'arbres ou clôtures de propriétés, sans disponibilité d'un point haut pour surélever le pied. Dans le sens vers A64 la prise de vue de la gauche de la chaussée introduit des effets de masques dus au passage des véhicules en sens inverse. Dans le sens vers centre ville, la caméra est placée du côté droit, il n'y a donc pas d'effet de masque latéral mais la prise de vue, quasiment parallèle à l'axe de circulation entraîne un « tassement » des véhicules à l'arrêt au feu et des difficultés à saisir l'instant d'arrêt et de franchissement du feu. La difficulté de visibilité au niveau du feu est d'ailleurs toujours ressentie du fait que le feu se trouve à l'arrière-plan de l'image. Pour éviter ces difficultés, il aurait été préférable de positionner la caméra au niveau du feu, visant les véhicules de face, mais la couleur du feu et le freinage des véhicules n'auraient pas pu être saisis, ce qui en annule l'intérêt. Pour résoudre ces problèmes, il faut trouver le zoom offrant le meilleur compromis par rapport aux exigences émises en ce qui concerne le champ de prise de vue.

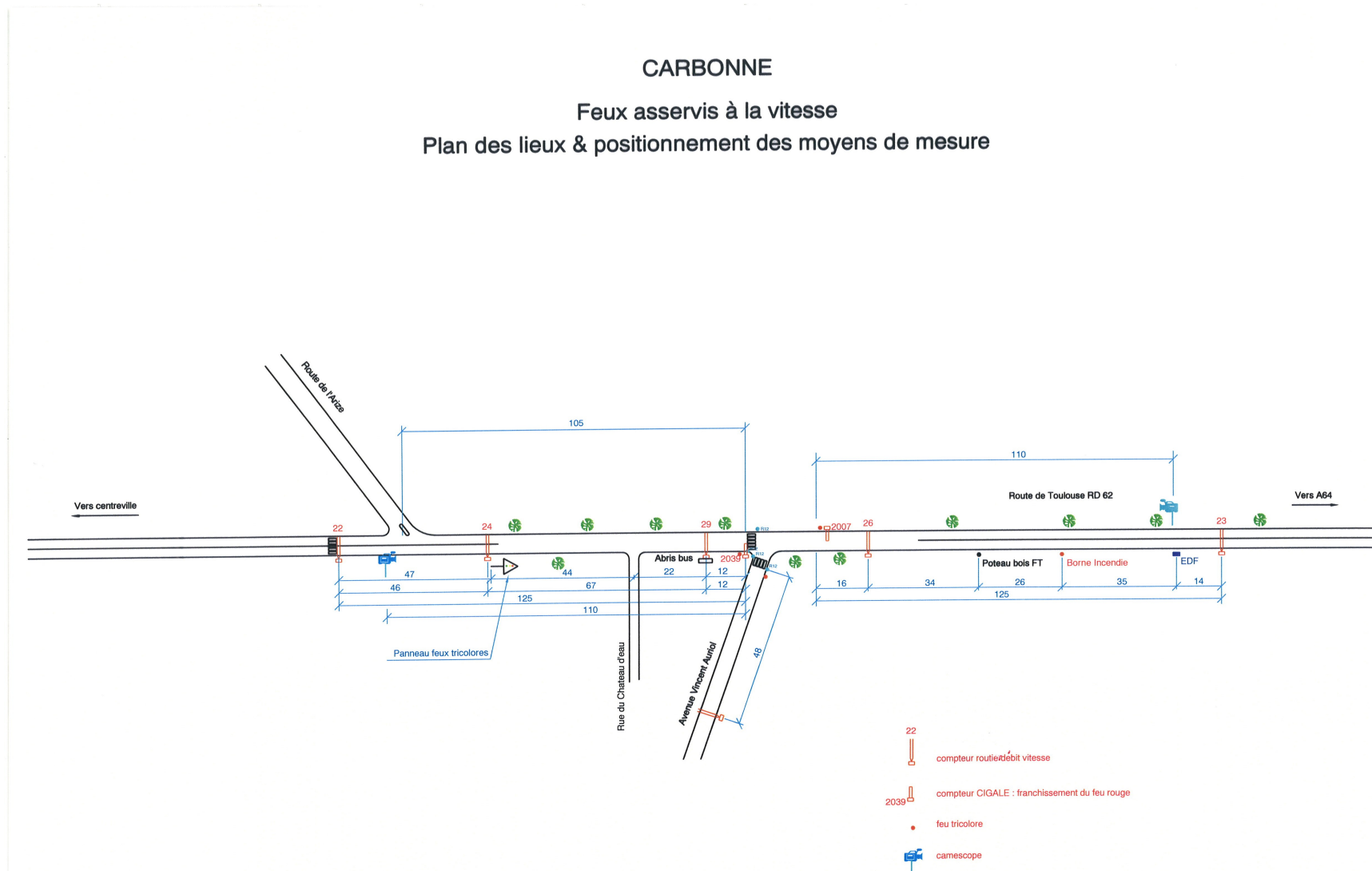
Pour ce qui concerne l'algorithme de reconnaissance des trajectoires des véhicules, les difficultés sont essentiellement liées aux groupes de véhicules qui se suivent de près et pour lesquels les événements des différentes trajectoires sont intercalés.

3.3.4 - Périodes d'observation

Les enregistrements ont été réalisés le 31 mars 2010, par beau temps :

N° période	heure	sens	Type de trafic
1	14 h – 15 h	Vers A64	creux
2	16h30 - 17h30	Vers A64	pointe
3	15h - 16h	Vers Carbonne centre	creux
4	17h30 - 18h30	Vers Carbonne centre	pointe

3.4 - Schéma récapitulatif de description du site et de l'implantation des moyens de mesure



4 - Résultats

4.1 - 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)**
 - moyenne des jours ouvrables
 - moyenne du week-end ou jour férié
 - moyenne de tous les jours

- **trafic horaire moyen des jours ouvrables (véhicules / heure)**
 - période de pointe du matin 7h-9h
 - période creuse de jour (9h-16h)
 - période de pointe du soir (16h-19h)
 - période creuse de nuit (19h-7h)

En moyenne des jours ouvrables, le trafic de l'axe principal (RD62) avoisine 2500 véh/j/sens du côté de l'accès à A64 et 2000 véh/j/sens du côté centre-ville de Carbonne. La voie transversale a un trafic de l'ordre de 1400 véh/j/sens, soit 60 % à 75 % du trafic des branches principales asservies à la vitesse.

L'importance relative du trafic de la voie secondaire est un facteur réduisant l'efficacité du mode d'asservissement à la vitesse ou plutôt réduit la durée pendant laquelle le carrefour peut adopter son mode de fonctionnement nominal d'asservissement. En effet, quand le trafic sur la voie secondaire impose le rouge sur l'axe principal, un véhicule de l'axe principal sera arrêté quelle que soit sa vitesse d'approche.

La pointe du matin n'est pas marquée sur l'axe principal, le débit est plutôt légèrement plus faible que pendant la période creuse de jour. Elle l'est par contre sur l'axe secondaire (desserte d'un collège), ce qui fait que pendant cette période, la demande de la voie secondaire est équivalente à celle de l'axe principal côté centre ville.

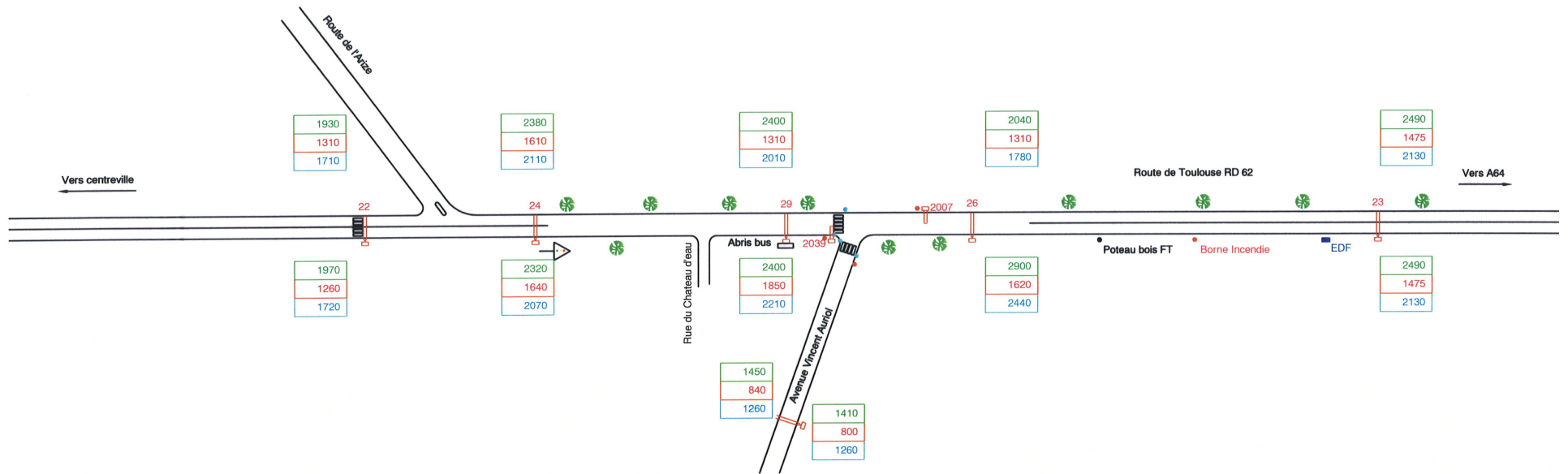
La pointe du soir représente environ 10 % du trafic journalier sur toutes les entrées, sans déséquilibre marqué selon les sens de circulation.

Dysfonctionnement :

Les résultats de débit font apparaître une mauvaise affectation selon les sens pour le compteur N°26 situé sur la RD au droit de la rue V. Auriol, côté A64. Ce compteur affiche une répartition du trafic journalier de 60 % vers A64 et 40 % vers centre alors que le compteur situé à 100 m sur la même voie (aux dessertes riveraines près) donne un trafic équilibré. Ce dysfonctionnement aurait pu faire craindre des incohérences dans les résultats de vitesse mais cela n'a pas l'air d'être le cas.

CARBONNE

Feux asservis à la vitesse Trafics journaliers (Véhicules / jours)

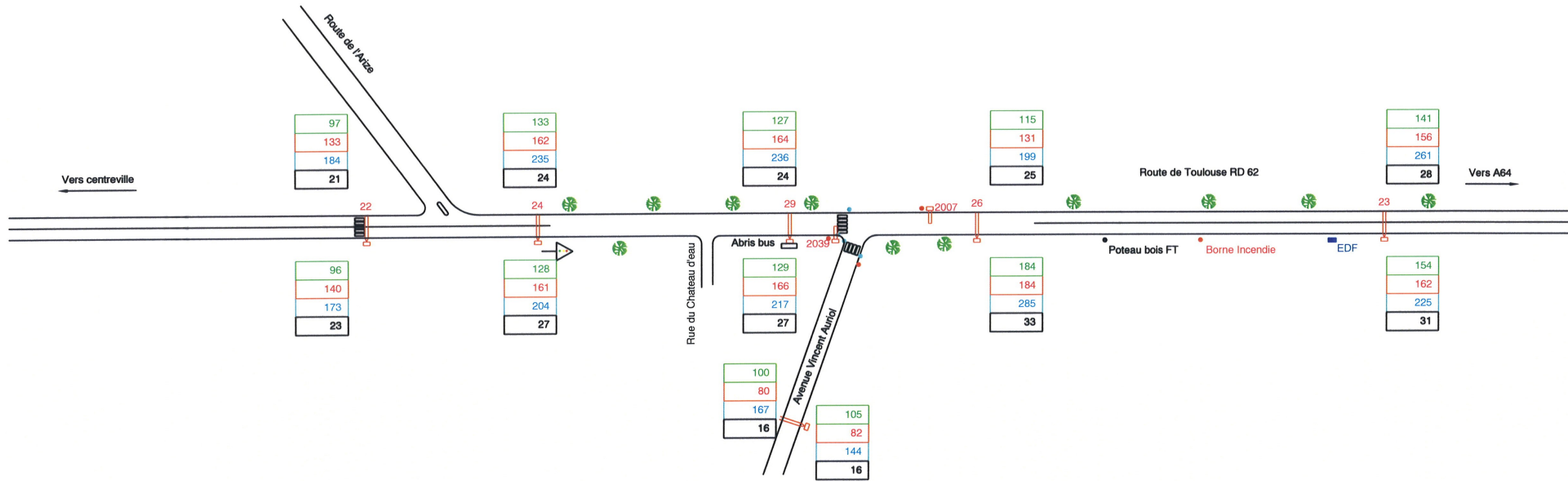


Trafics journaliers 2 sens	Véhicules / jours
Moyenne jours ouvrables	
Moyenne week-end ou férié	
Moyenne tous les jours	

CARBONNE

Feux asservis à la vitesse

Traffic horaires des jours ouvrables (Véhicules / heure)



Traffic horaires jours ouvrables	Véhicules / heure
Pointe matin 07h00 - 09h00	
Creux jour 09h00 - 16h00	
Pointe soir 16h00 - 19h00	
Nuit 19h00 - 07h00	

4.2 - Vitesses pratiquées

4.2.1 - Présentation des résultats

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 moyenne journalière² (km/h)**
 - moyenne des jours ouvrables
 - moyenne du week-end ou jour férié
 - moyenne de tous les jours

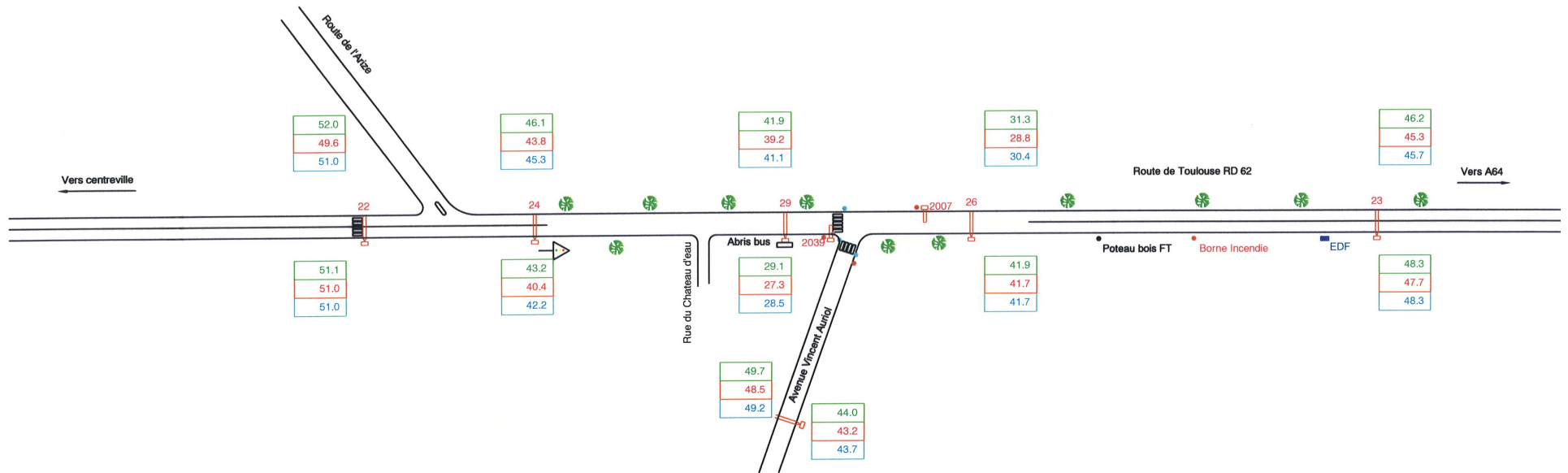
- **vitesse moyenne horaire pendant les jours ouvrables (km/h)**
 - période de pointe du matin 7h-9h
 - période creuse de jour (9h-16h)
 - période de pointe du soir (16h-19h)
 - période creuse de nuit (19h-7h)

- **pourcentage du temps où la vitesse moyenne 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

² Moyenne des vitesses par ¼ d'h pondérées par les débits

CARBONNE

Feux asservis à la vitesse
Vitesse moyenne journalière (km/h)

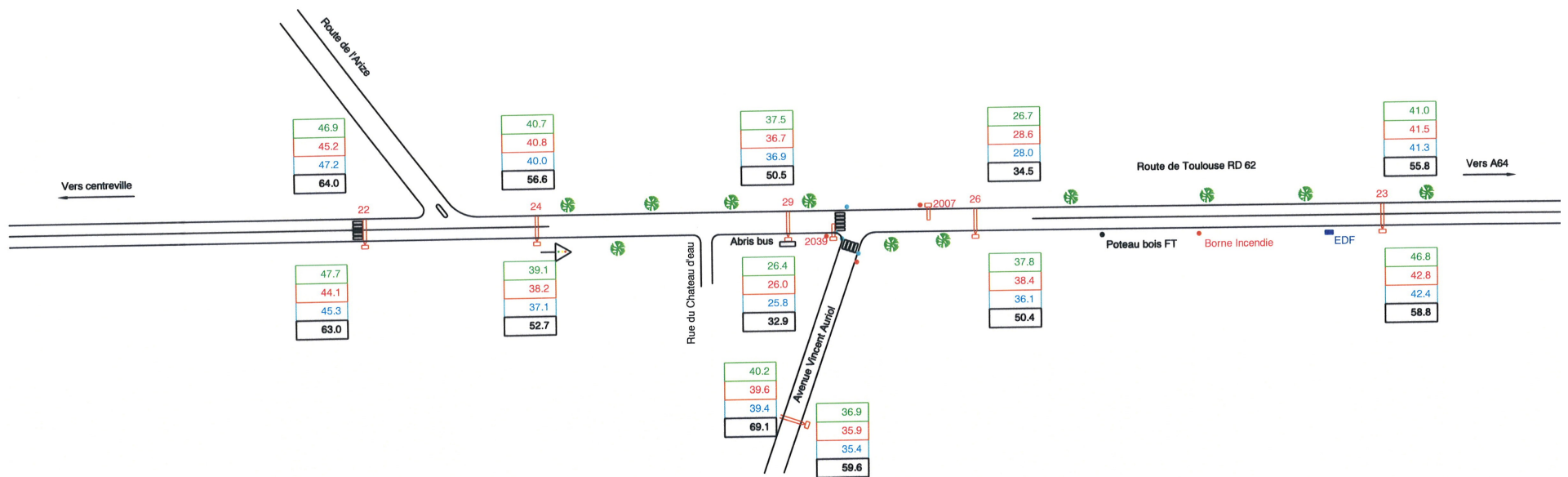


Vitesse moyenne journalière	Kilomètres / heure
Jours ouvrables	
Week-end ou férié	
Tous les jours	

CARBONNE

Feux asservis à la vitesse

Vitesse moyenne horaire des jours ouvrables (km/h)

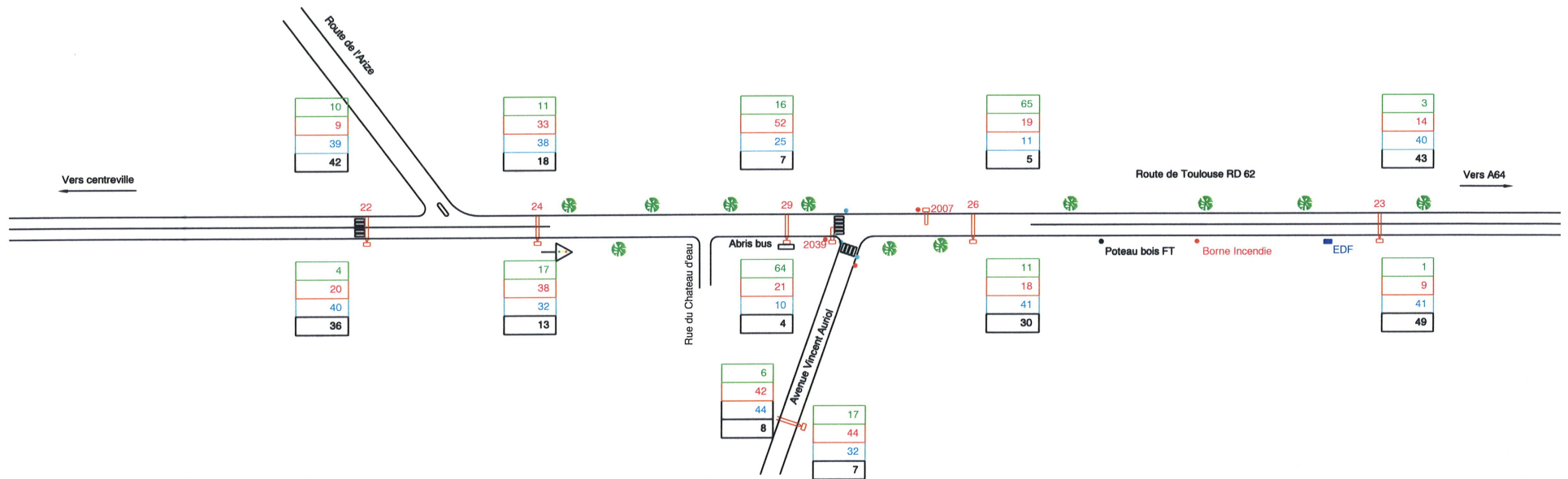


Vitesse moyenne horaire jours ouvrables	Kilomètres / heure
Pointe matin	
Creux	
Pointe soir	
nuit	

CARBONNE

Feux asservis à la vitesse

Pourcentage de véhicules par tranche de vitesse (%)



Pourcentage de véhicules dont la vitesse est :	%
< 30 km/h	
30 à 40 km/h	
40 à 50 km/h	
> 50 km/h	

4.2.2 - Variation des moyennes journalières

La différence de vitesse moyenne selon les types de jours n'est pas très marquée : les vitesses sont plus faibles le week-end, mais l'écart est au maximum de 2 km/h.

Dans la journée, si les variations de vitesse moyenne restent logiquement explicables par les niveaux de débit, les écarts restent modérés : les vitesses sont généralement plus faibles à la pointe du soir, avec au maximum 1 km/h de moins que la moyenne des heures creuses de jour.

4.2.3 - Variations jour / nuit

L'analyse des différences de vitesse entre les périodes de jour et de nuit est très instructive :

- à l'approche immédiate (10 m) des feux asservis à la vitesse sur l'axe principal, on passe de 27 km/h en moyenne de jour à 34 km/h en moyenne de nuit ;
- à l'approche lointaine (100 m) des feux asservis à la vitesse ou en sortie du carrefour sur l'axe principal, on passe de 41 km/h à 56 km/h environ, soit + 15 km/h ;
- sur l'axe secondaire, les écarts jour / nuit sont plus importants : on passe de 36 km/h à 60 km/h en approche du feu (+ 24 km/h) et de 40 km/h à 69 km/h en sortie du carrefour (+ 30 km/h).

La comparaison des comportements entre l'axe principal et l'axe secondaire prouve l'aptitude des feux asservis à la vitesse à limiter la croissance des vitesses la nuit.

4.2.4 - Synthèse à proximité immédiate du carrefour

Vitesses moyennes à proximité du carrefour à feux (km/h)				
	approche des feux (10 m)		sortie du carrefour (10 m)	
	feux asservis axe principal	feu non asservi axe secondaire	feux asservis axe principal	feu non asservi axe secondaire
Jour	27	36	37	40
Nuit	34	60	50	70

L'impact de l'asservissement des feux à la vitesse, mesuré en comparaison de la voie secondaire (non asservie) avec la voie principale asservie se résume à ce qui suit :

- en approche des feux : une réduction de 9 km/h (soit 25 %) de jour et de 26 km/h (soit 43 %) la nuit
- en sortie du carrefour : une réduction de 3 km/h (soit 7 %) de jour et de 20 km/h (soit 30 %) la nuit.

Même s'il est réduit par rapport à celui mesuré en approche des feux, l'impact reste sensible en sortie de carrefour.

4.2.5 - Évolution spatiale des vitesses autour du carrefour

Vitesses moyennes selon la distance approximative du point de mesure par rapport aux feux asservis						
sens	110 m avant	70 m avant	10 m avant	10 m après	70 m après	110 m après
vers A64	51,0	42,2	28,5	41,7		48,3
vers Centre	45,7		30,4	41,1	45,3	51,0

Tableau 1: Vitesse moyenne/ distance aux feux asservis

Le profil d'accélération pendant la traversée et à la sortie du carrefour est similaire pour les deux sens de circulation. D'une moyenne de 30 km/h à 10 m en amont des feux, on passe approximativement à 40 km/h 10 m après la sortie et 50 km/h 100 m après.

En approche, la vitesse moyenne à 110 m en amont du carrefour est de 46 km/h vers le centre et 51 km/h vers A64, elle sera réduite à 30 km/h à 10 m du carrefour, soit une réduction d'environ 40 % sur une distance de 100 m.

4.2.6 - Répartition des vitesses, pourcentage de contrevenants

L'impact de l'asservissement du feu se ressent également très bien au travers de l'analyse de la répartition des vitesses individuelles des véhicules.

Le pourcentage des vitesses inférieures à 30 km/h atteint 65% en approche des feux asservis et seulement 17 % sur l'axe secondaire non asservi.

Les contrevenants à la limitation de vitesse de 50 km/h :

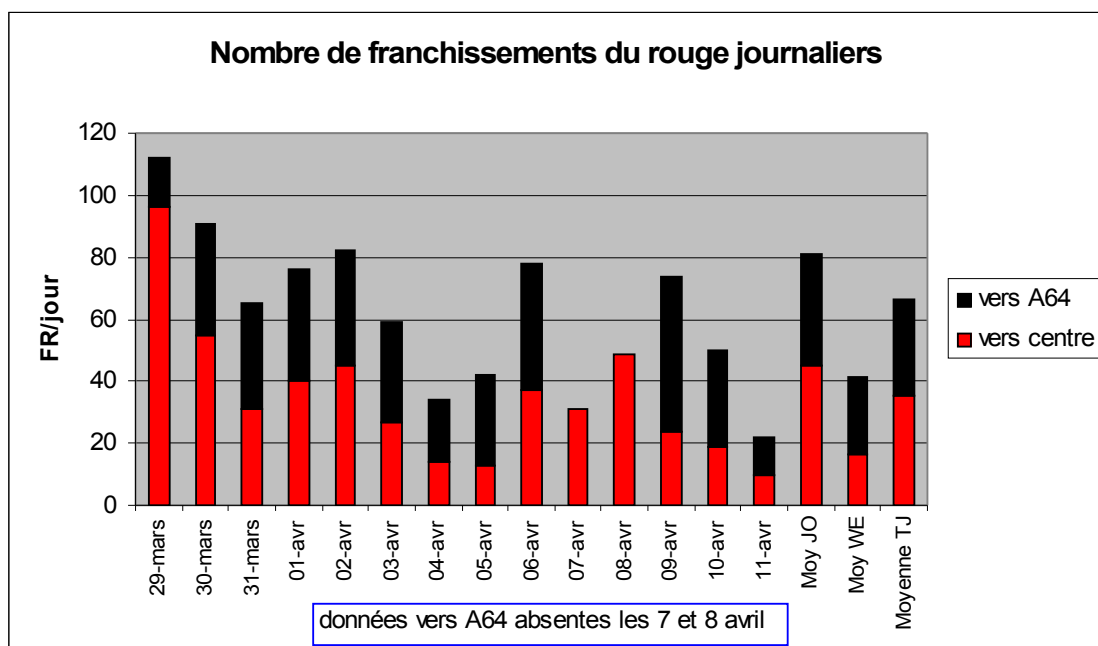
- à l'approche immédiate des feux représentent 4 à 5 % sur l'axe principal, et 7 % sur l'axe secondaire ; à noter que les nombres sont faibles, donc peu fiables ;
- à environ 110 m du carrefour, on dénombre moins de contrevenants en approche qu'en sortie (- 6 points) et moins côté Carbonne que côté A64 (- 7 points).

4.3 - Respect du feu rouge

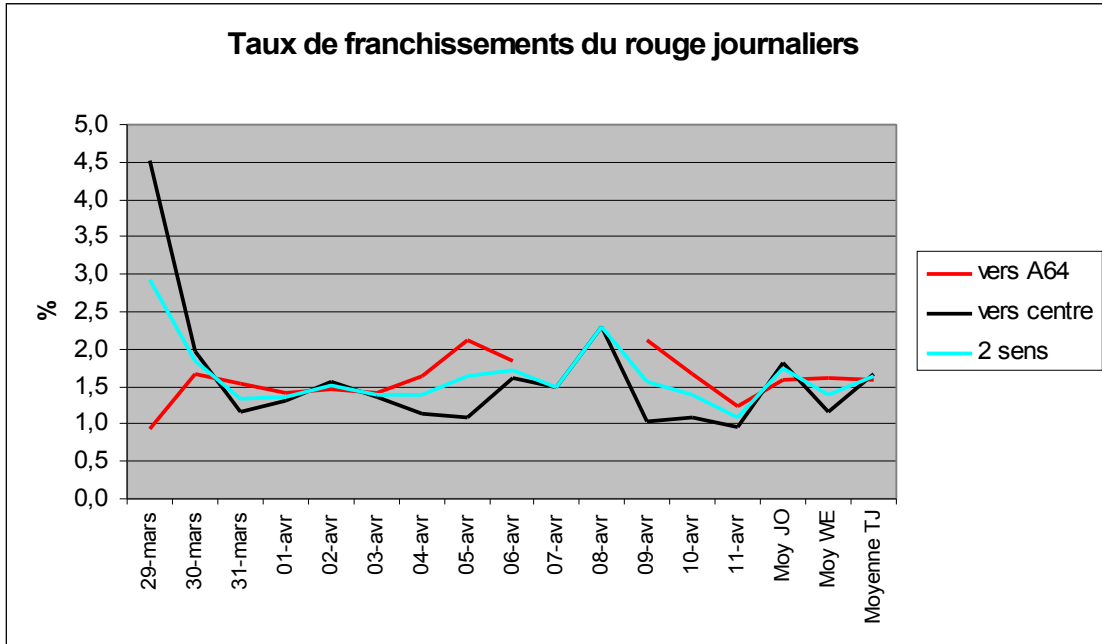
Le détail journalier du nombre de véhicules, des franchissements du feu rouge et des taux d'infraction est indiqué dans le tableau qui suit, distinguant les sens de circulation. Un dysfonctionnement du compteur du sens vers A64 nous a obligés à éliminer les mesures des 7 et 8 avril. De plus la période 0h-12h du lundi 29 mars a été générée à partir des données équivalentes du lundi 12 avril. Il apparaît de ce fait une valeur atypique des franchissements au rouge vers Carbonne centre.

Variations journalières des franchissements du feu sur la RD62										
jour	date	sens vers A64			sens vers Carbone centre			2 sens confondus		
		Franchit au rouge	Total véhicules	taux d'infraction (%)	Franchit au rouge	Total véhicules	taux d'infraction (%)	Franchit au rouge	Total véhicules	taux d'infraction (%)
lundi	29-mars	16	1692	0,9	96	2124	4,5	112	3816	2,9
mardi	30-mars	36	2169	1,7	55	2782	2,0	91	4951	1,8
mercredi	31-mars	34	2222	1,5	31	2643	1,2	65	4865	1,3
jeudi	01-avr	36	2536	1,4	40	3029	1,3	76	5565	1,4
vendredi	02-avr	37	2511	1,5	45	2860	1,6	82	5371	1,5
samedi	03-avr	32	2254	1,4	27	1993	1,4	59	4247	1,4
dimanche	04-avr	20	1220	1,6	14	1241	1,1	34	2461	1,4
lundi férié	05-avr	29	1368	2,1	13	1190	1,1	42	2558	1,6
mardi	06-avr	41	2218	1,8	37	2295	1,6	78	4513	1,7
mercredi	07-avr				31	2098	1,5	31	2098	1,5
jeudi	08-avr				49	2130	2,3	49	2130	2,3
vendredi	09-avr	50	2351	2,1	24	2345	1,0	74	4696	1,6
samedi	10-avr	31	1867	1,7	19	1750	1,1	50	3617	1,4
dimanche	11-avr	12	961	1,2	10	1048	1,0	22	2009	1,1
moyenne jours ouvrables		36	2243	1,6	45	2478	1,8	73	4223	1,7
moyenne week-end		25	1534	1,6	17	1444	1,1	41	2978	1,4
moyenne tous les jours		31	1947	1,6	35	2109	1,7	62	3778	1,6

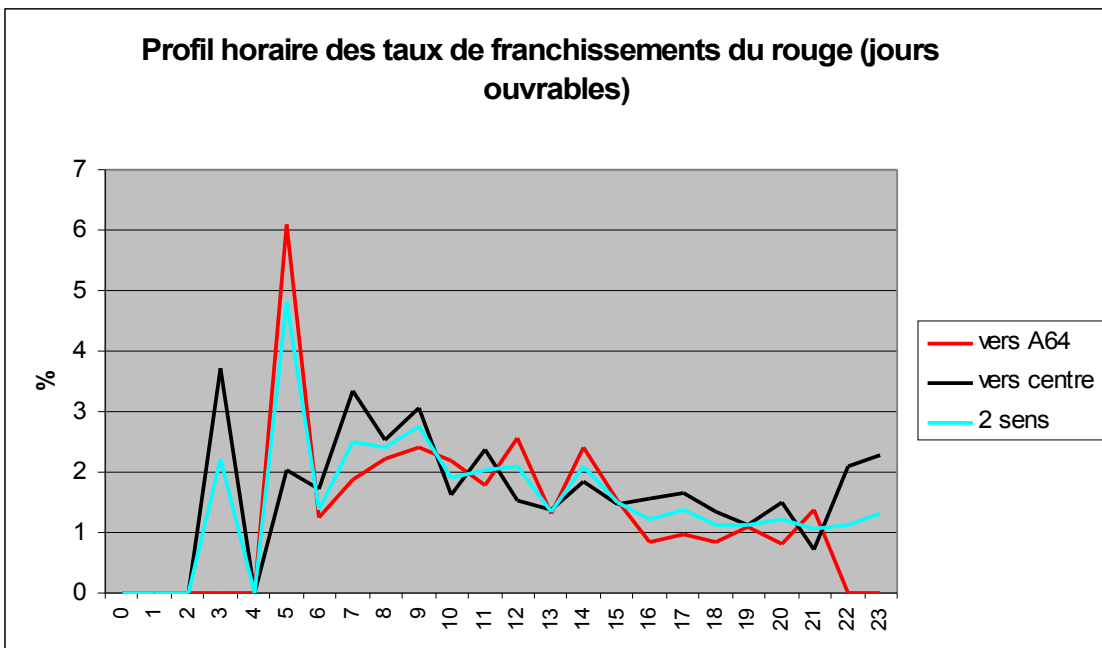
Le taux d'infraction s'établit à 1,6 % en moyenne des jours de mesure et des sens de circulation. C'est un chiffre comparable à ceux observés sur des carrefours urbains classiques. Si en direction d'A64 les taux d'infraction sont identiques selon les types de jours, il apparaît vers Carbone un taux d'infraction nettement plus faible le week-end. 2 sens confondus, le taux moyen d'infraction est de 1,7 % les jours ouvrables et 1,4 % le week-end.



Le nombre de franchissements journaliers (2 sens confondus) varie entre 20 et 90 (hors journée atypique). La moyenne journalière se situe entre 30 et 35 franchissements/jour/sens soit un total 2 sens confondus de 62 franchissements/jour.



Hors journée atypique, les taux d'infraction journaliers sont compris entre 1 % et 2 % et sont en général plus forts en direction d'A64.



Les taux d'infraction qui apparaissent forts la nuit résultent d'une part de l'extrême faiblesse du trafic total, d'autre part du caractère atypique des données de la tranche horaire 5h-6h du 29 mars vers A64. En effet, dans le sens vers A64, il n'y a aucune infraction entre 22h et 5h, ce qui peut être une marque d'une bonne efficacité de l'asservissement à la vitesse dans ces faibles niveaux de débits. Dans la journée, les taux de franchissements illicites sont plus forts à la pointe du matin (2,5 % à 3 %) qu'en période creuse (autour de 2 %) et en période de pointe du soir (autour de 1 %).

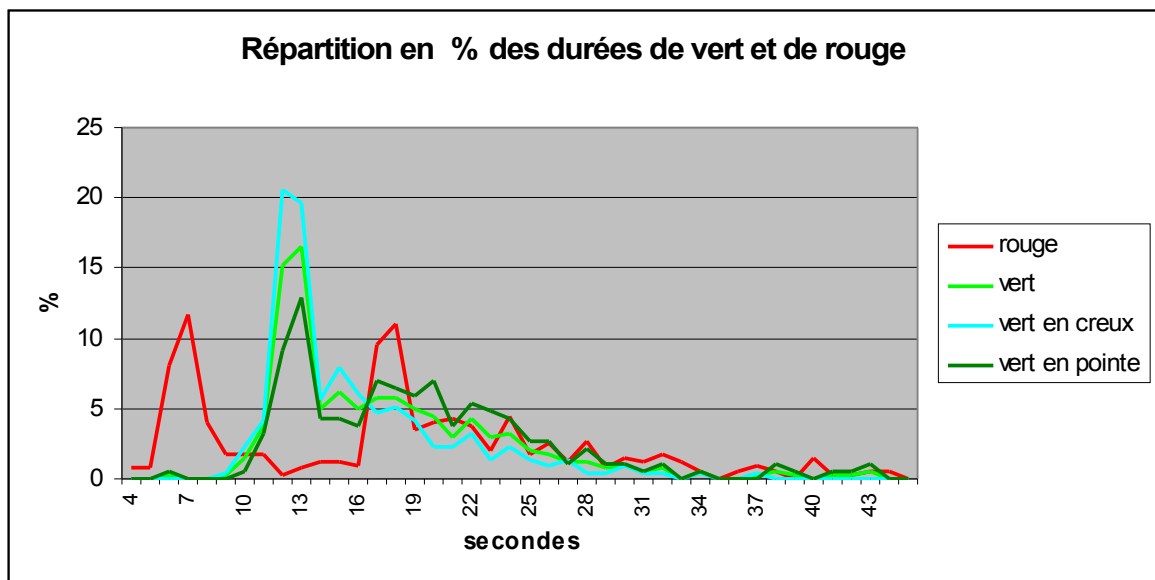
En conclusion, on retiendra un taux de non respect du feu rouge faible (1,6 % du trafic total) garant d'une bonne acceptabilité par les conducteurs du mode de fonctionnement du feu.

4.4 - Comportements à l'approche et au franchissement du feu

Les résultats présentés ci-après sont basés sur l'observation vidéo des feux asservis sur l'axe principal pendant deux heures par sens de circulation, une heure en période creuse de l'après-midi et une heure en période de pointe du soir. On définit donc 4 périodes distinguées par sens et type de trafic dont on pourra, si cela s'avère pertinent, comparer les valeurs moyennes des mesures ou indicateurs.

4.4.1 - Fonctionnement du feu

La période observée comprend 400 cycles de feu dont la durée moyenne de rouge est de 19 s et la durée moyenne de vert (+ jaune) de 17 s, d'où une durée moyenne de cycle de 36 s, ce qui est très court au regard du fonctionnement classique des feux tricolores. La durée de cycle est légèrement plus courte en période creuse (34 s) qu'en période de pointe (39 s).



Les répartitions des durées de vert ont un pic à 12 et 13 secondes, ce pic est moins marqué en pointe où la fréquence des cycles rallongés est plus importante (pour écouler des flux plus denses).

La répartition des durées de rouge a deux pics : l'un à 6 ou 7 s correspond aux cas où l'appel se fait pendant la phase de repos au rouge, ce qui permet d'obtenir rapidement le

vert, l'autre à 17 ou 18 s correspond aux cycles où il y a eu un appel sur la voie transversale avec un vert minimum sur cette voie.

4.4.2 - Comportement au franchissement du feu

Observation du comportement au franchissement du feu										
sens	Nombre de véhicules observés					Répartition en pourcentage				
	vers A64 14h-15h	vers A64 16h30-17h30	vers centre 15h-16h	vers centre 17h30-18h30	total	vers A64 14h-15h	vers A64 16h30-17h30	vers centre 15h-16h	vers centre 17h30-18h30	total
véhicules qui s'arrêtent au rouge et celui-ci est provoqué par										
vitesse excessive	5	3	17	8	33	3,5	1,7	8,4	2,6	4,0
appel sur l'axe transversal	56	69	70	175	370	39,2	38,3	34,5	56,8	44,4
Trafic dans l'axe : dont	6	4	17	3	30	4,2	2,2	8,4	1,0	3,6
véhicule précédent	3		3		6	2,1	0,0	1,5	0,0	0,7
véhicule en sens inverse	2	2	7	2	13	1,4	1,1	3,4	0,6	1,6
vitesse d'un véhicule précédent	1	2	7	1	11	0,7	1,1	3,4	0,3	1,3
véhicules qui arrivent et passent vert celui-ci étant provoqué par des véhicules précédents	60	85	68	109	322	42,0	47,2	33,5	35,4	38,6
véhicules qui ne s'arrêtent pas car leur vitesse est correcte	16	19	31	13	79	11,2	10,6	15,3	4,2	9,5
TOTAL	143	180	203	308	834	100	100	100	100	100

Les observations concernent 834 véhicules soit en moyenne environ 200 approches du feu par heure et 300 dans l'heure la plus chargée (17h30-18h30 vers centre).

Le fonctionnement typique du feu « vert récompense » où le véhicule obtient le vert à son arrivée au feu car sa vitesse est correcte est assez fréquent : 10 % en moyenne, 11 % vers A64, 15 % vers centre ville en période creuse et seulement 4 % vers centre en période de pointe.

En parallèle, les véhicules « punis » par le système, c'est-à-dire obligés de s'arrêter au rouge du fait d'une vitesse excessive sont très peu nombreux : 4 % en moyenne et au maximum 8 % vers centre en période creuse.

Près de la moitié des véhicules (48 %) doivent s'arrêter à cause des tiers : en majorité du fait d'appel sur la voie secondaire (44 %), rarement (4 %) du fait du trafic dans l'axe principal (soit que le feu est repassé au repos au rouge à la suite du passage d'un véhicule précédent dans le même sens ou en sens inverse, soit que le véhicule précédent a dû s'arrêter à cause d'une vitesse excessive). Cette gêne due au trafic transversal est plus importante en période de pointe et en direction du centre ville ; elle affecte dans ce cas 57 % des véhicules.

Inversement, en moyenne 39 % des véhicules bénéficient d'un vert obtenu par des véhicules précédents (dans le même sens ou en sens inverse). Ce bénéfice est le plus important en période creuse pour les véhicules se dirigeant vers A64 (47 %).

4.4.3 - Caractéristiques moyennes des comportements en approche et franchissement du feu

Caractérisation des comportements en approche et franchissement du feu					
sens	vers A64	vers A64	vers centre	vers centre	total
période	14h-15h	16h30-17h30	15h-16h	17h30-18h30	
% de véhicules qui freinent	6,3	13,9	30,5	30,5	22,8
% de franchissement du feu au rouge	7,7	3,9	2,0	1,3	3,1
% de véhicules qui s'arrêtent	46,9	42,2	51,2	60,4	51,9
% de véhicules pour qui le feu est rouge quand ils arrivent à 110 du feu	62,2	48,9	50,7	49,0	51,7

Pour 23 % des véhicules, c'est-à-dire la moitié de ceux qui se sont arrêtés, on a pu observer le freinage par l'allumage des feux STOP.

D'après l'observation vidéo, 3 % des véhicules ont franchi le feu au rouge, ce qui est 2 fois supérieur au comptage systématique des compteurs CIGALE mais qui n'est pas un résultat étonnant. En effet, la saisie vidéo peut être moins précise, vu les conditions de prise de vue lointaine et à faible hauteur.

52 % des véhicules ont dû s'arrêter au feu. Ce pourcentage est plus élevé (60 %) pour la période la plus chargée en trafic (17h30-18h30).

52 % des véhicules voient le feu au rouge quand ils arrivent au début de la zone d'observation, à environ 110 m du feu. Ce pourcentage, plus élevé (62 %) pendant la période où le trafic est le plus faible (14h-15h), montre que cette période est mieux adaptée au fonctionnement du feu en asservissement à la vitesse. Ce résultat est cohérent avec le mode asservi à la vitesse qui fonctionne en position de repos au rouge. Un trafic important nécessitant des prolongations du vert « empêche » le système de revenir très vite en position de repos au rouge, ce qui réduit la possibilité de fonctionnement nominal asservi.

4.4.4 - Durées d'arrêt au feu

moyenne des durées d'arrêt (en secondes)					
sens	vers A64	vers A64	vers centre	vers centre	total
période	14h-15h	16h30-17h30	15h-16h	17h30-18h30	
ensemble	14	19	16	18	17
cause vitesse	4	8	7	8	7
cause trafic axe secondaire	16	20	19	19	19
cause trafic axe principal	11	11	11	9	11

Quand l'arrêt au feu est diagnostiqué comme étant dû à la vitesse excessive du véhicule, dans le cadre du fonctionnement nominal de l'asservissement à la vitesse, la durée moyenne d'arrêt est de 7 s. C'est environ 3 fois moins long que quand l'arrêt est imposé par le trafic sur l'axe secondaire (19 s) et cela représente 40 % du temps d'arrêt moyen (17 s).

4.4.5 - Durées d'approche et de franchissement du feu

Nous nous intéressons dans ce paragraphe au franchissement du feu mais en intégrant à cette notion celle de l'approche du feu sur une zone de 110 m environ en amont du feu. Nous discriminerons les véhicules selon l'état du feu quand ils rentrent dans la zone et selon la façon dont ils franchissent le feu (après arrêt ou sans arrêt au rouge, selon la cause de l'arrêt, selon la prise en compte de l'asservissement à la vitesse etc.).

Par commodité de langage nous appellerons « temps de franchissement » le temps de parcours depuis l'entrée dans la zone jusqu'au franchissement du feu au vert. Cette durée comprend à la fois la durée d'approche du feu et le temps éventuel d'arrêt au feu.

Répartition des véhicules (en %) selon l'état du feu à l'approche et le mode de franchissement								
mode de franchissement du feu								
arrêt au feu à cause de					pas d'arrêt car			
état du feu à l'entrée dans la zone	trafic transversal	autres véhicules dans l'axe	vitesse du véhicule	total avec arrêt	vitesse OK	vert provoqué par d'autres véhicules	total sans arrêt	Total
vert	17,7	2,6	3,1	23,5	3,5	21,3	24,8	48,3
rouge	26,6	1,0	0,8	28,4	6,0	17,3	23,3	51,7
Total	44,4	3,6	4,0	51,9	9,5	38,6	48,1	100,0

Temps de franchissement (zone de 110m) en secondes selon l'état du feu à l'approche et le mode de franchissement								
mode de franchissement du feu								
arrêt au feu à cause de					pas d'arrêt car			
état du feu à l'entrée dans la zone	trafic transversal	autres véhicules dans l'axe	vitesse du véhicule	total avec arrêt	vitesse OK	vert provoqué par d'autres véhicules	total sans arrêt	Total
vert	0:00:34	0:00:20	0:00:17	0:00:30	0:00:14	0:00:11	0:00:12	0:00:21
rouge	0:00:27	0:00:23	0:00:19	0:00:27	0:00:15	0:00:15	0:00:15	0:00:21
Total	0:00:30	0:00:21	0:00:17	0:00:28	0:00:14	0:00:13	0:00:13	0:00:21

Si la répartition des véhicules apparaît très équilibrée selon l'état du feu quand le véhicule entre dans la zone (52 % au rouge, 48 % au vert ou jaune) ou selon que le véhicule s'arrête ou non au feu rouge (52 % d'arrêt), la rapidité des cycles explique des changements fréquents d'état des feux pendant l'approche des véhicules. En fait, un gros quart des véhicules (28 %) entrent au rouge et devront s'arrêter, un autre quart entrent au vert et passeront sans s'arrêter mais une petite moitié verra le feu changer pendant son approche (compte non tenu de l'arrêt éventuel).

Parmi les véhicules bénéficiant du feu vert récompense (10 % du total), 1/3 avaient le feu au vert à l'entrée dans la zone, mais le feu est repassé en phase de repos au rouge avant de finalement donner le passage au véhicule ayant respecté la vitesse limite.

Les différences de temps de franchissement sont faibles et sans doute peu significatives compte tenu de la précision de la saisie, du moins tant qu'on raisonne sur des moyennes globales. Par exemple, le temps de franchissement moyen est de 21 s que le feu soit vert ou rouge au moment où le véhicule entre dans la zone d'approche. Mais les différences observées s'expliquent en général très logiquement comme le montrent les exemples suivants :

- dans le cas où le véhicule doit s'arrêter à cause du trafic transversal, le temps de franchissement est de 27 s quand le feu était déjà au rouge à l'entrée du véhicule dans la zone et de 34 s quand il était au vert et donc qu'une phase complète de rouge a dû se dérouler ;
- en cas d'arrêt au feu, le temps de franchissement est beaucoup plus long s'il est provoqué par du trafic transversal (30 s) que s'il est provoqué par des véhicules dans le même axe (21 s) ou par la vitesse excessive du véhicule (17 s pour le cas d'un fonctionnement nominal d'asservissement) ;
- pour les véhicules qui ne s'arrêtent pas car ils bénéficient du vert provoqué par d'autres véhicules dans le même axe, le temps de franchissement est plus faible (11 s) si le feu était vert quand ils sont entrés dans la zone (dans ce cas le conducteur ne réduit pas ou peu sa vitesse en approche) que si le feu était rouge (15 s) ;
- le temps de franchissement vaut environ 15 s si le feu était rouge à l'entrée du véhicule dans la zone ou quand le véhicule a limité sa vitesse pour bénéficier du vert récompense.

En direction d'A64, on constate une différence de durée de franchissement de 2 s entre les véhicules qui viennent du centre ville de Carbonne par la RD (17 s en moyenne) et ceux qui sortent de la rue de l'Arize (19 s en moyenne). Ces derniers doivent en effet respecter le « cédez le passage » aux véhicules accédant au feu en mouvement direct sur la RD.

5 - Conclusion

L'impact de l'asservissement des feux à la vitesse est sensible sur les vitesses moyennes d'approche du carrefour : mesuré en comparaison de la voie secondaire (non asservie) avec la voie principale asservie, l'impact se résume, en approche des feux, à une réduction de 9 km/h (soit 25 %) de jour et de 26 km/h (soit 43 %) la nuit. Même s'il est réduit par rapport à celui mesuré en approche des feux, l'impact reste sensible en sortie de carrefour.

En revanche l'observation des comportements au franchissement des feux en période creuse ou de pointe de jour, avec des trafics moyens d'environ 200 véhicules/heure par entrée montre que le fonctionnement nominal attendu du feu « vert récompense » au repos au rouge avec obtention ou non du vert selon la vitesse ne concerne que 14 % des véhicules : 10 % qui sont effectivement récompensés et 4 % qui sont punis. Près de la moitié des véhicules (48 %) doivent s'arrêter à cause des tiers : en majorité du fait d'appel sur la voie secondaire (44 %), rarement (4 %) du fait du trafic dans l'axe principal. Inversement, en moyenne 39 % des véhicules bénéficient d'un vert obtenu par des véhicules précédents (dans le même sens ou en sens inverse).

Les durées de cycle sont très courtes : 36 secondes en moyenne, ce qui limite fortement les durées d'arrêt au feu. Quand l'arrêt au feu est dû à la vitesse excessive du véhicule, la durée moyenne d'arrêt est de 7 s, soit environ 3 fois moins longtemps que quand l'arrêt est imposé par le trafic sur l'axe secondaire (19 s).

Les conclusions qui peuvent être tirées de l'observation de ce site de 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) et l'observation de sites toulousains.

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
DDAT / ZELT
12 avenue Edouard Belin
31400 TOULOUSE
Tél : 05 62 25 97 70
Fax : 05 62 25 97 99
Courriel : zelt@developpement-durable.gouv.fr

www-developpement-durable.gouv.fr