CETE du Sud-Ouest
12, av. Edouard Belin
31400 Toulouse
Tel. : +33 (0) 5 62 25 97 70
Fax : +33 (0) 5 62 25 97 99
E-Mail : zelt@equipement.gouv.fr

DETECTION DES FRANCHISSEMENTS DE ROUGE SUR 13 ENTREES DE 5 CARREFOURS DE LA ZELT

Rapport d'expérience

Rédaction : P. Olivero, P. Sauvagnac

Relecture : Catherine Barthe

Juin 2001

Version 3.0

Fiche de synthèse

TITRE	**DETECTION DES FRANCHISSEMENTS DE ROUGE SUR 13 ENTREES DE 5 CARREFOURS DE LA ZELT**
Date de publication	Décembre 2000
Auteur	Patrick OLIVERO ; Pascal Sauvagnac.
Diffusion	CERTU
Demandeur de la prestation	CERTU – Département SYS – Groupe Transports / Mairie de Toulouse – Service Circulation Transports. Suivi : Jacques Nouvier (CERTU) ; Serge Mathieu (Mairie de Toulouse).
Contexte de la prestation	A la demande du CERTU, et avec le concours de la Ville de Toulouse, la ZELT a réalisé en 2000 une campagne de mesure des franchissements illicites de feux de circulation (passage des véhicules au rouge), avec un double objectif : disposer d'une référence permettant de quantifier le phénomène d'indiscipline ; comparer les résultats avec ceux d'une étude similaire réalisée en 1987 par la ZELT sur les mêmes carrefours, pour apprécier l'évolution dans le temps du phénomène. L'expérience a également été l'occasion de tester les performances et la fiabilité des résultats obtenus par un système portable de comptage des franchissements de rouge, développé par la ZELT, en les comparant à ceux obtenus par le système informatique ZELT2 sur un des sites de l'expérience.
Objectif du document	Rapport de présentation de la mise en oeuvre de l'expérience et de ses résultats.
Description succincte des résultats	Les mesures réalisées par la ZELT montrent que les taux de violations de rouge en milieu urbain constitue un phénomène préoccupant : en moyenne un franchissement de rouge a lieu tous les 10 cycles, avec une fréquence très élevée la nuit. Les disparités entre sites sont grandes, mais en général explicables par les caractéristiques du carrefour ou de la régulation. Ce sont autant de pistes qui devraient permettre au projeteur de contribuer à limiter (autant que faire se peut, et certainement pas sans le concours de campagnes d'information et de répression) les phénomènes d'indiscipline. L'étude montre également que le phénomène s'est amplifié au cours des 15 dernières années, puisque l'augmentation du taux de violation "rouge + jaune", rapporté à celui mesuré en 1985, est de l'ordre de 24%. Enfin, le dispositif portable développé par la ZELT sous forme de prototype a donné satisfaction et pourra être utilisé de manière opérationnelle.
Conditions de réalisation de l'expérience	Pas de problèmes particuliers. Aucune défaillance du système ZELT2 qui a confirmé ainsi son aptitude à des tests de longue durée.

Les services techniques de la Ville de Toulouse ont financé la réalisation des boucles électromagnétiques nécessaires à la réalisation des mesures et ont supervisé les travaux.

Nous remercions particulièrement M. Emile Vié, du Service Circulation-Transport, pour la rapidité et l'efficacité de ses interventions.

Ont participé à cette étude

> *Catherine Barthe (ZELT) pour la définition des points de mesure et l'exploitation des données.*
>
> *Bernard Doose (ZELT) et Catherine Barthe (ZELT) pour le développement et la mise en place du système de mesure portable.*
>
> *Michel Druilhe pour le raccordement des boucles aux contrôleurs ZELT.*
>
> *Pascal Sauvagnac (ZELT) pour la programmation et le suivi des mesures sur le système informatique ZELT-2*
>
> *Emile Vié (Mairie de Toulouse) pour la supervision des travaux de réalisation des boucles.*
>
> *Patrick Olivero (ZELT) et Pascal Sauvagnac pour la rédaction du présent rapport.*

Sommaire

Avant- propos 5

1 Le site d'expérimentation et la position des capteurs. 6

2 Les Moyens de Mesure 8

2.1 Système informatique ZELT2 8

2.2 Système portable ZELT 9

3 Présentation des résultats 10

3.1 Considérations générales et terminologie 10

3.2 Résultats globaux (tous sites et toutes périodes confondus) 11

3.2.1 Répartition des franchissements entre les différentes phases 11

3.2.2 Pourcentages de cycles utilisés de manière illicite 12

3.2.3 Répartition des franchissements de rouge en fonction de l'heure 13

3.2.4 Répartition des franchissements de rouge en fonction de l'instant de passage dans le rouge 14

3.2.5 Anticipations du vert 15

3.3 Détail par carrefour et par entrée 17

3.3.1 Carrefour Midi-Crampel 17

3.3.2 Carrefour VIALA – Entrée Jules Julien Coté URSS 19

3.3.3 Carrefour FERETRA 20

3.3.4 Carrefour Le Gorp 23

3.3.5 Carrefour URSS 26

4 Comparaison 1985 - 2000 30

4.1 Résultats globaux 30

4.2 Détail des résultats 31

4.2.1 Variation relative des pourcentages de franchissements dans le jaune et le rouge 31

5 Utilisation du système Portable de la ZELT 33

5.1 Schéma de connexion du système portable sur le carrefour ZELT 33

5.2 Comparaison des résultats du portable et de ZELT2 34

6 Synthèse et conclusion 35

Annexe 1 : Position des points de mesure 38

Annexe 2 : Réalisation et test d'un système portable de détection et enregistrement des franchissements du feu rouge 53

Avant- propos

A la demande du CERTU, et avec le concours de la Ville de Toulouse, la ZELT a réalisé en 2000 une campagne de mesure des franchissements illicites de feux de circulation (passage des véhicules au rouge), avec un double objectif :

- Disposer d'une référence permettant de quantifier le phénomène d'indiscipline.
- Comparer les résultats avec ceux d'une étude similaire réalisée en 1987 par la ZELT sur les mêmes carrefours, pour apprécier l'évolution dans le temps du phénomène.

L'expérience a également été l'occasion de tester les performances et la fiabilité des résultats obtenus par un système portable de comptage des franchissements de rouge, développé par la ZELT, en les comparant à ceux obtenus par le système informatique ZELT2 sur un des sites de l'expérience.

1 Le site d'expérimentation et la position des capteurs.

Les entrées retenues pour cette expérience sont celles décrites dans le document intitulé « Détection et franchissement de feux rouges dans des carrefours ZELT - Plan d'expérience – Version 1.0 – 13 Avril 2000 » (Annexe 1), soit 13 entrées sur 5 carrefours.

Les carrefours et les entrées sont les mêmes que ceux de l' expérience de 1985[1], avec une finesse supplémentaire sur certaines d'entrées résultant de l'emploi de boucles au lieu de tubes pneumatiques (résultats disponibles par voie et non pas par entrée).

Carrefour	Entrée	Nombre de voies
FERETRA	Bd des Récollets	2
FERETRA	Rue du Férétra	1 Voie de droite
FERETRA	Bd des Récollets	2
URSS	Bd des Récollets	1 Voie de droite et direct
URSS	Av. Delacourtie	3
URSS	Gde Rue St Michel	3
URSS	Av. de l'URSS	2 : 1 VP + 1 BUS en direct et TAD
MIDI CRAMPEL	Av. Crampel	1
MIDI CRAMPEL	Av. Crampel	1
LE GORP	Gde rue St Michel	2 (1 VP + 1 BUS)
LE GORP	Rue du Gorp	1
LE GORP	Gde rue St Michel	1
VIALA	Av. Jules Julien	1 tracée (2 effectives)

Sur chacune des voies sélectionnées, ont été installées des boucles électromagnétiques de détection.

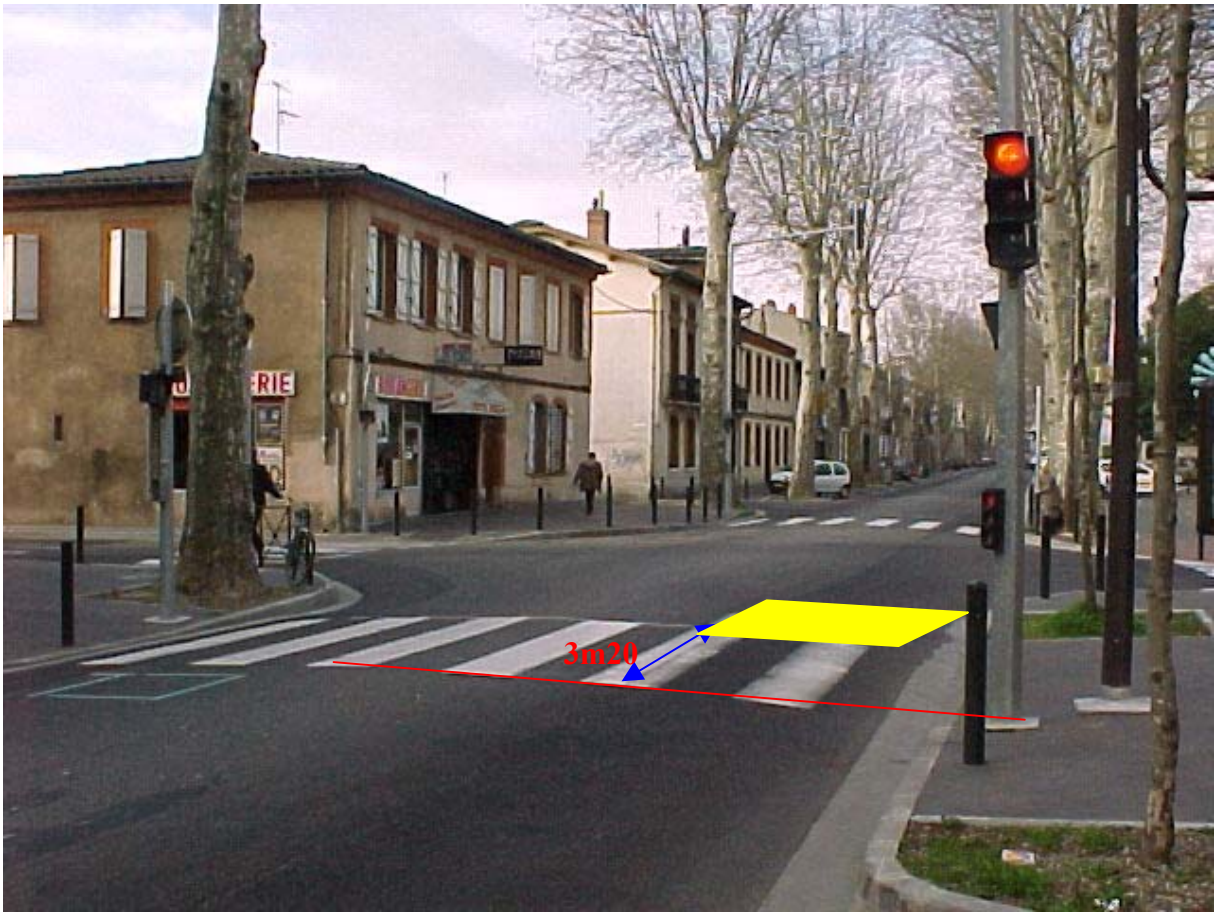
La recherche du meilleur positionnement des boucles a fait l'objet d'une étude spécifique, avec les contraintes suivantes :

[1] Ce n'est pas tout à fait exact : on avait étudié 15 entrées en 1985. En 2000, l'utilisation de boucles a nécessité quelques modifications dans le choix des sites, pour des raisons logistiques, et 13 entrées ont été étudiées. Au total le "tronc commun" entre 1985 et 2000 comprend 12 entrées.

- Dégager suffisamment la boucle de la ligne de feux, afin d'éviter de détecter les véhicules qui, à l'arrêt du feu , tenteraient de « grignoter » un peu de terrain.
- Eviter de positionner les boucles sur le marquage des passages piétons pour limiter les travaux de réfection.
- Faire en sorte que la boucle ne soit pas activée par les flux transversaux ou les mouvements tournants des axes perpendiculaires.

Suivant le positionnement effectif de la boucle, dicté par la configuration géométrique du carrefour, il y aura un écart entre la position de la boucle et le poteau de feu. Ceci induit un décalage temporel entre le passage du véhicule sur la ligne de feu et son passage sur la boucle de détection. Ce décalage a été pris en compte lors de l'exploitation des résultats. Il faut noter que ce principe de correction n'avait pas été appliqué en 1985, ce qui peut induire une imprécision dans la comparaison des franchissements de feux dans le jaune et dans les premières secondes de rouge[2]. La position des boucles est décrite dans le document « Détection des franchissements de rouge dans des carrefours ZELT – Recherche de positionnement des boucles de détection – version 2.0 – 9 Mars 2000 » annexé au présent rapport.

Exemple : CARREFOUR MIDI CRAMPEL - entrée CRAMPEL côté Demoiselles



[2] L'ordre de grandeur de cette correction est inférieur à 1 seconde.

2 Les Moyens de Mesure

Comme précisé plus haut, un des buts est d'établir une comparaison des résultats avec ceux d'une campagne de mesures réalisée en 1985 par la ZELT avec des moyens de mesure totalement différents.

Cette expérience de 1985, et ses résultats, sont décrits dans un rapport ZELT :

Franchissements de 6 carrefours dans le jaune et dans le rouge, avril 1987

Le matériel COMPUS utilisé en 1985 avait été développé par le CETE NORMANDIE CENTRE. Il comprenait :

- Un capteur pneumatique (un tube unique pour l'ensemble des voies concernées par l'entrée de carrefour étudiée)
- Un relais électromécanique branché sur l'alimentation « vert » du répétiteur de feux
- Une valise de comptage et d'enregistrement portable implantée à proximité immédiate du capteur et du poteau de feu

Les moyens de mesure utilisés pour l'expérimentation 2000 sont différents. Ils comprennent plusieurs types de matériels :

- Pour la détection : des boucles électromagnétiques placées sur chaque voie de circulation, au droit des lignes de feux.
- L'ensemble des «équipements terrains » de la ZELT : carte de détection, interface ZELT, réseau de transmission, ainsi qu'un matériel portable développé par la ZELT.
- Pour l'analyse et le stockage des informations, le système informatique ZELT2 et le boîtier électronique du matériel portable (utilisation limitée à une seule entrée).

2.1 Système informatique ZELT2

Les programmes informatiques spécifiquement développés pour cette expérience recueillent en temps réel les données des boucles de détection électromagnétique placées à proximité des lignes de feu et les états des lignes de feux associées. La confrontation des dates de passage des véhicules sur une boucle avec les dates de changements de couleurs de feux permet d'identifier le nombre de véhicules dans chaque couleur de feux. Ces informations sont ensuite enregistrées dans des fichiers informatiques.

Le principe de fonctionnement du programme informatique est le suivant : ZELT2 surveille les changements d'états des détecteurs et des lignes de feux associées.

- A chaque changement d'état des détecteurs (front montant), on incrémente un compteur associé à la phase du cycle et on enregistre l'horodatage du passage du véhicule.

- A chaque changement de la valeur de la ligne de feux associée à la boucle, on stocke dans un fichier la valeur du compteur comme étant le débit de la phase avec la date de début de la phase.

Au terme de l'expérience, deux fichiers sont générés pour chaque détecteur : un fichier contenant les évènements véhicule et un fichier contenant les débits par phase.

2.2 Système portable ZELT

Le système est composé d'un boîtier ELECTRONIQUE connecté à un micro-ordinateur portable PSION modifié par nos soins.

- Il reçoit en entrée les informations de couleur du feu (vert, jaune, rouge) en provenance directe des lignes de feux (110 V~ à 220 V~)
- Il assure la détection de véhicules par boucle électromagnétique placée au niveau de la ligne de feu.

En sortie, il génère les impulsions correspondant aux 4 types d'événements (passage au vert, jaune, rouge du feu et détection de véhicules), impulsions qui sont traduites et transmises au micro PSION modifié.

Au niveau du PSION, un programme écrit en langage OPL (langage propre au PSION) permet de stocker sous forme de fichier texte les informations suivantes :

- Code 2 + horodate du passage du feu au vert
- Code 0 + nombre de véhicules passés dans le vert (enregistré au moment du passage du feu au jaune)
- Code 4 + horodate du passage du feu au rouge
- Code 6 + horodate du passage d'un véhicule alors que le feu est jaune
- Code 8 + horodate du passage d'un véhicule alors que le feu est rouge

3 Présentation des résultats

3.1 Considérations générales et terminologie

Nous nous intéressons essentiellement aux franchissements des feux de circulation pendant la phase de rouge. En effet, la phase de rouge est la seule phase pour laquelle le code de la route prescrit un arrêt obligatoire[3]; c'est donc la phase dont la violation comporte le plus de risques.

Toutefois, nous fournirons également des données sur les franchissements pendant la phase de jaune car, comme on le verra, la comparaison des résultats 2000 avec ceux de 1985 nécessite la prise en compte globale des franchissements pendant les phases rouge et jaune.

Pour simplifier l'écriture, nous parlerons de "**franchissement R**" pour désigner un franchissement pendant la phase de rouge, de "**franchissement J**" pour un franchissement pendant la phase de jaune et de "**franchissement R+J**" pour les franchissements dans le rouge ou dans le jaune.

L'expression "**franchissement illicite**" désignera exclusivement un franchissement pendant la phase de rouge.

Nous distinguerons parfois, au sein des franchissements R, deux catégories :

- **L'anticipation du vert** : il s'agit de franchissements R se produisant au cours des 5 dernières secondes du rouge.
- **Le franchissement au rouge de dégagement** : il s'agit de franchissements R se produisant au cours des deux premières secondes du rouge.

Nous employons l'expression "**véhicule observé**" ou "**franchissement observé**" pour désigner un véhicule qui a fait l'objet d'un relevé de sa date de franchissement du feu ; il va de soi que le mot "observé" ne renvoie pas à une observation humaine, puisque toutes les mesures ont été automatiques.

Nous employons l'expression "**cycle utilisé de manière illicite" ,** parfois abrégée en "**cycle illicite**" pour désigner un cycle au cours duquel au moins 1 véhicule est passé dans le rouge.

Enfin, pour contourner une difficulté classique, nous nous plions à la coutume qui veut que l'on exprime en points (pts) l'évolution en valeur absolue d'une variable exprimée par un pourcentage, et en pour-cent (%) son évolution en valeur relative[4].

---

[3] Rappelons que l'article 7 de l'arrêté du 24 novembre 1967, modifié par l'arrêté du 20 juin 1991 précise, en ce qui concerne le feu jaune fixe : "un feu jaune fixe signifie aux conducteurs de véhicules interdiction de franchir la ligne d'effet du signal. Cette interdiction ne joue pas dans le cas où, à l'allumage du feu jaune, le conducteur ne peut plus arrêter son véhicule dans des conditions de sécurité suffisante avant la ligne d'effet du signal".

[4] Exemple : un taux qui est passé entre deux dates de 20% à 30% a augmenté de 10 points, ce qui représente une évolution de 50 %.

3.2 Résultats globaux (tous sites et toutes périodes confondus)

3.2.1 Répartition des franchissements entre les différentes phases

Au total le recueil de données a porté sur plus d'un million de véhicules (**1 378 757 véhicules)**.

La répartition des franchissements, tous sites et toutes périodes confondus, est la suivante :

Le Chiffre à retenir :

2,9 % des franchissements de feux ont lieu pendant la phase de rouge

	Nombre de véhicules observés	**Pourcentage de franchissements par couleur**
Rouge	39 689	**2,9 %**
Jaune	82 649	6,0 %
Total franchissements J+R	122 338	8,9 %
Vert	1 256 419	91,1 %
Total	1 378 757	100 %

Globalement, les franchissements de rouge se répartissent comme suit :

	Nombre de franchissements	**%**
Rouge de dégagement	23 621	**59,5%**
Anticipation du vert	2 825	7,1%
Autre période du rouge	13 243	33,4%
Total Rouge	39 689	100 %

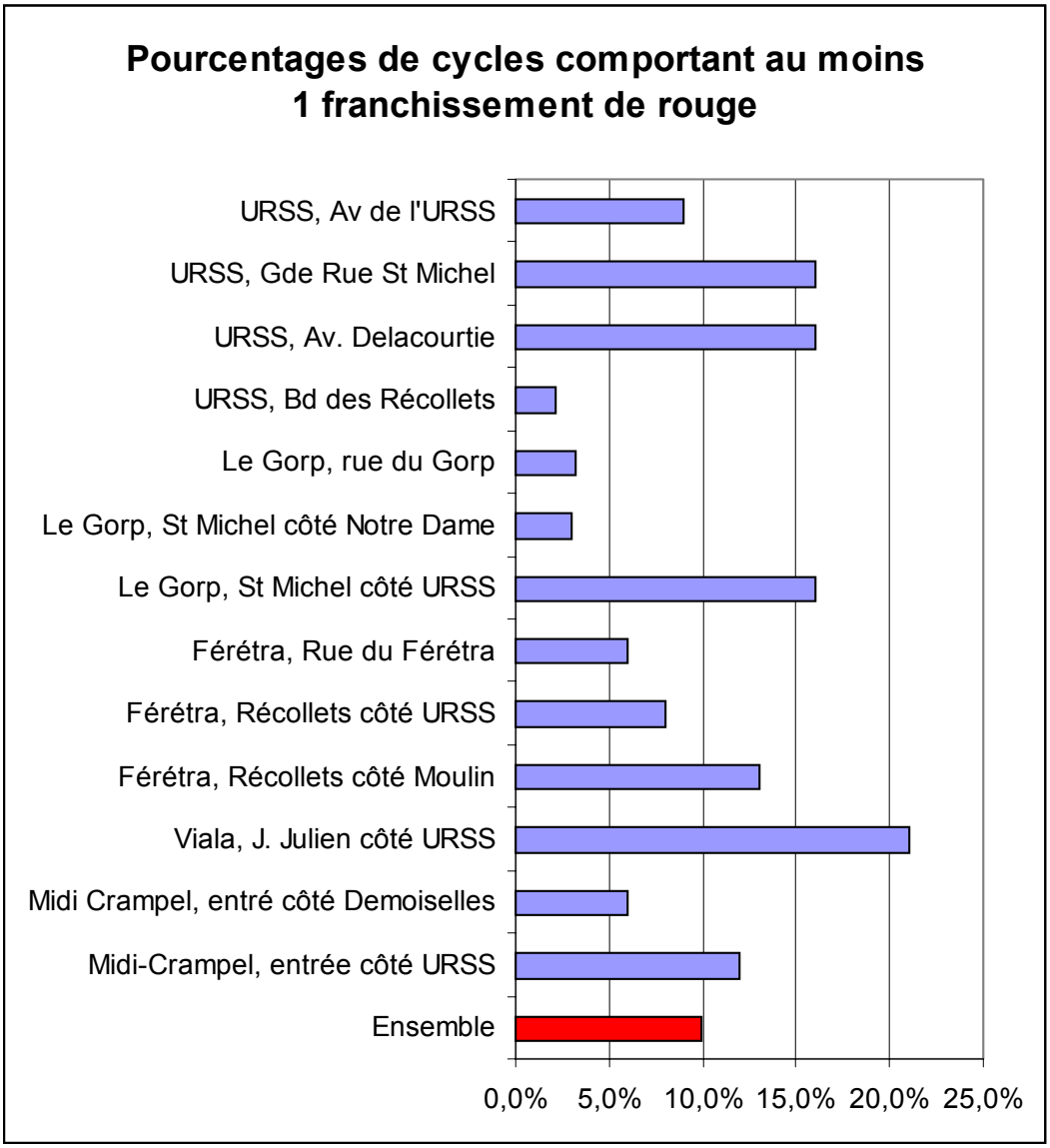
3.2.2 Pourcentages de cycles utilisés de manière illicite

Les cycles sont dits "utilisés de manière illicite" quand ils comportent au moins, pour l'entrée considérée, un franchissement dans le rouge.

Les disparités entre les diverses entrées étudiées seront commentées dans le paragraphe §3.3 qui suit.

Le Chiffre à retenir :

10% des cycles comportent au moins un franchissement de rouge (tous sites et toutes périodes confondus).



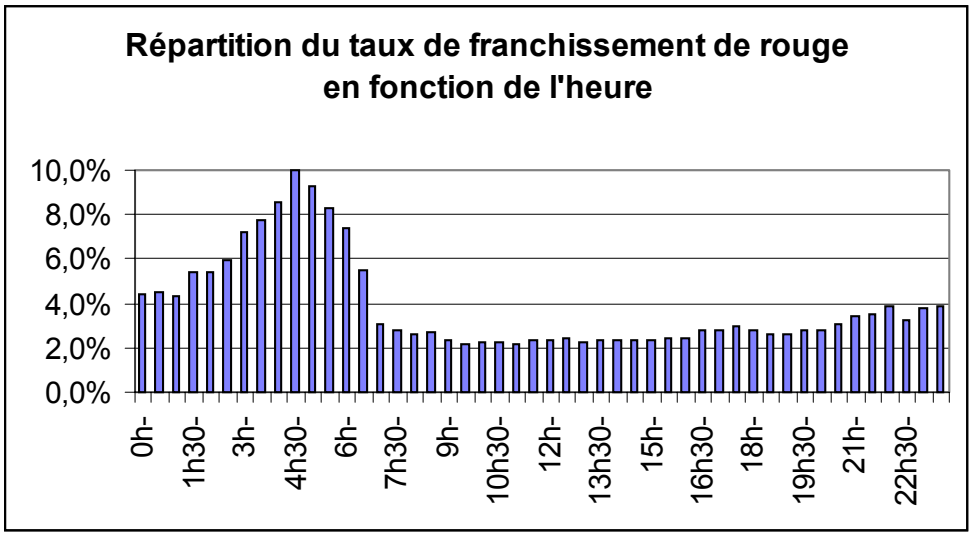
3.2.3 Répartition des franchissements de rouge en fonction de l'heure

Le taux de franchissement de rouge (tous sites confondus) est sensiblement constant autour de 2,5%, entre 7h30 et 20h.

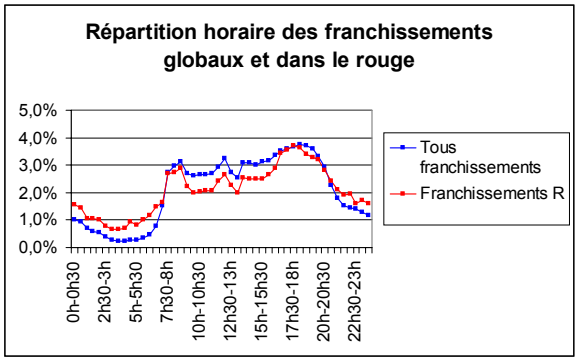
Il commence à croître significativement à partir de 20h, pour atteindre un maximum entre 4h30 et 5h30, puis décroît jusqu'à 7h30.

Le chiffre à retenir :

Entre 4h30 et 5h30, 10% des franchissements de feux sont effectués pendant le rouge.



La répartition du nombre de franchissements de rouge en fonction de l'heure dépend évidemment de la variation horaire du trafic. Le décalage entre les 2 courbes illustre le "poids" des heures nocturnes[5].



[5] Attention : ne pas confondre ce graphe avec le précédent ; il s'agit ici du rapport entre le nombre de franchissements survenus pendant la période horaire considérée et le nombre journalier des franchissements de ce type.

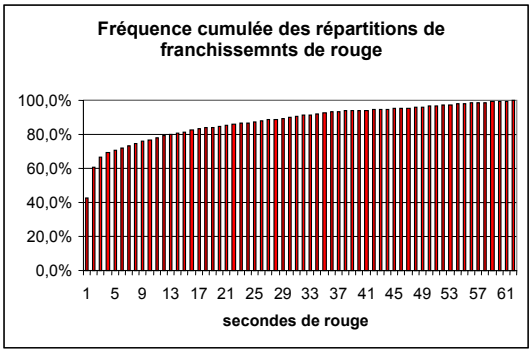
3.2.4 Répartition des franchissements de rouge en fonction de l'instant de passage dans le rouge

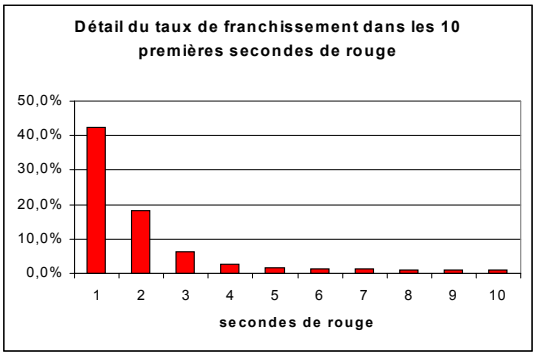
Dans ce paragraphe, l'origine des temps est l'instant d'apparition du rouge.

Les graphes ci-dessous illustrent la fréquence cumulée des franchissements de rouge en fonction de l'instant de franchissement et le détail du taux de franchissement de rouge au cours des 10 premières secondes.

Le chiffre à retenir :

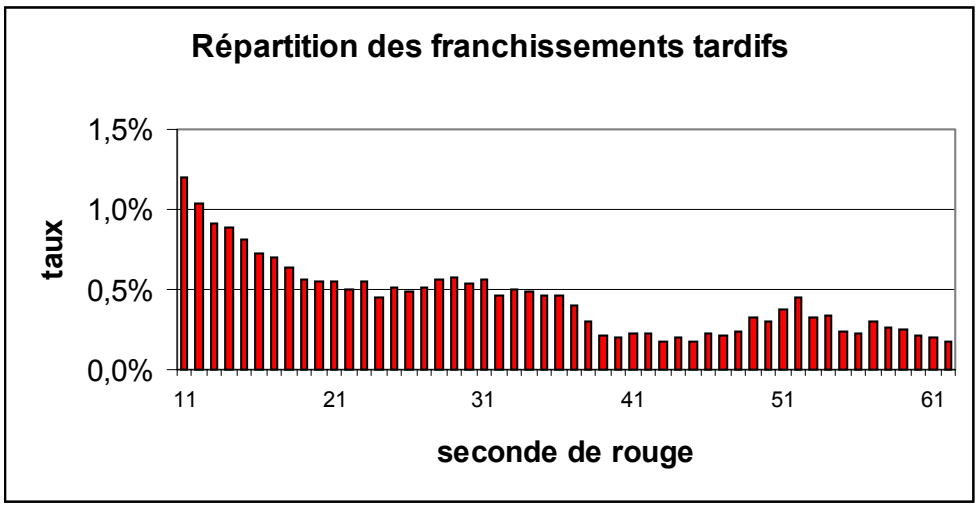
25% des franchissements de rouge ont lieu au delà de la dixième seconde de rouge.





Environ 70% des franchissements de rouge ont lieu au cours des 3 premières secondes de rouge et 75% au cours des 10 premières secondes.

Un quart des franchissements de rouge ont lieu à des instants très tardifs.

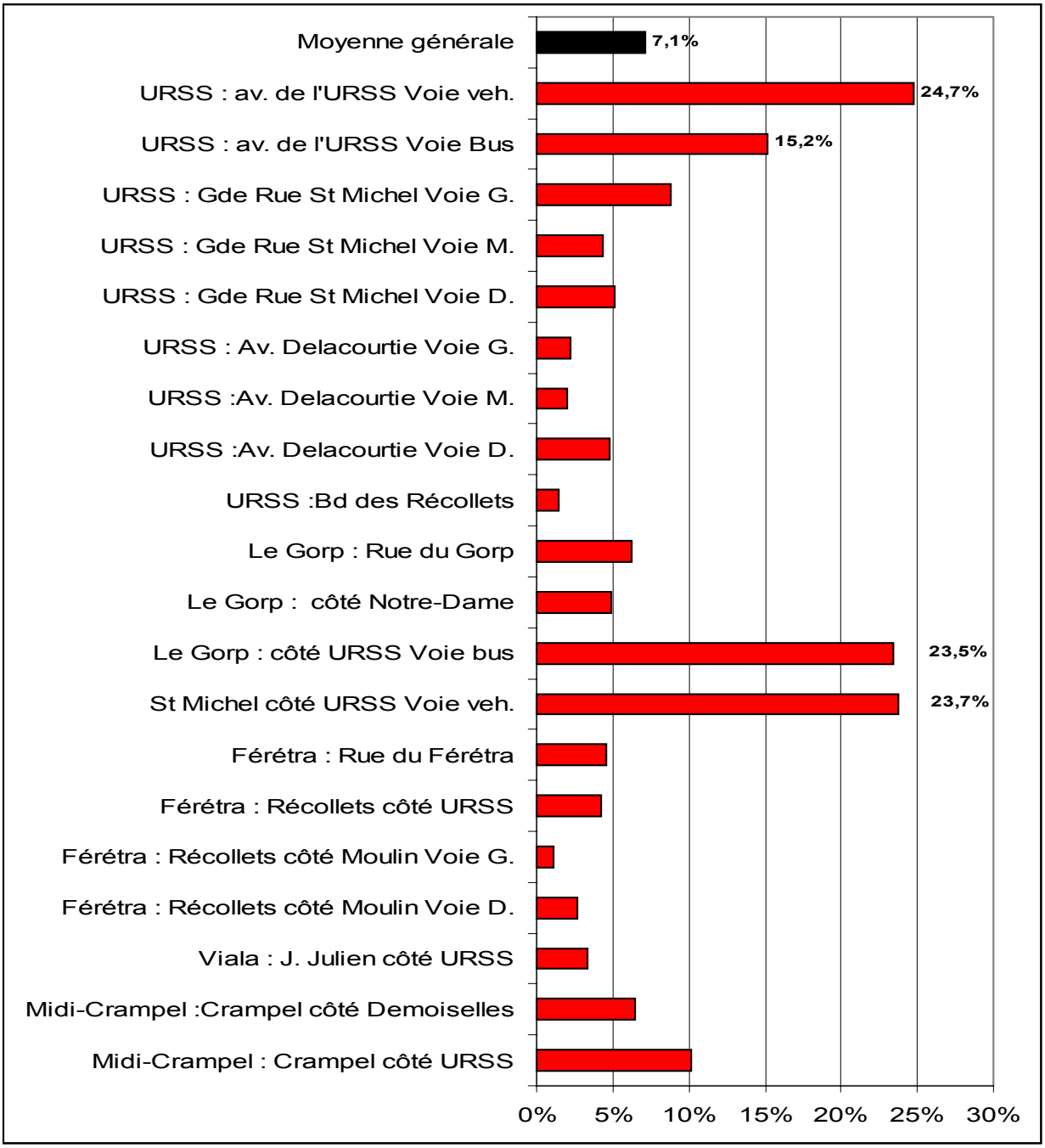


Certains de ces franchissements tardifs correspondent à des anticipations du vert, analysées dans le paragraphe qui suit.

3.2.5 Anticipations du vert

Nous rappelons que nous appelons **anticipation du vert** les franchissements qui se sont produits au cours des 5 dernières secondes de rouge.

A retenir : forte particularité des entrées de carrefour dotées d'une anticipation bus.



Commentaires

Ce phénomène d' anticipation représente globalement **7,1 %** des franchissements de rouge ; il est à peu près uniformément réparti entre les différentes entrées (de 2% à 10% environ), avec toutefois **deux exceptions remarquables** : les deux entrées (URSS et Le Gorp) qui bénéficient d'un système permettant le démarrage anticipé des bus par allumage du "vert bus" quelques secondes avant le "vert véhicule"[6].

Sur ces entrées, des taux d'anticipation[7] du vert sont observés à la fois sur la voie bus elle-même et sur la voie adjacente.

Il apparaît clairement que les voies bus disposant d'un système permettant le départ anticipé des bus (avenue de l'URSS), induisent des phénomènes particuliers sur la voie véhicule adjacente et sur la voie bus elle-même :

- Sur la voie bus elle-même : il est vraisemblable qu' une partie de ces anticipations sont provoquées par les bus eux-mêmes ou par les véhicules qui utilisent le couloir bus de manière licite ou illicite ; nous avons pu constater in situ une "sur-anticipation" des démarrages dans ce couloir[8].

- Sur la voie adjacente : il est indéniable, et ce phénomène est clairement observable in situ, que le démarrage anticipé du bus tend à provoquer un démarrage (ou dans le meilleur des cas un démarrage avorté) du premier véhicule en attente dans la file adjacente, et parfois de quelques véhicules qui le suivent.

---

6 Anticipation de 8 secondes au Gorp et de 7 secondes à URSS.

7 Attention : malencontreusement, le mot "anticipation" désigne deux choses très différentes dans ce paragraphe : d'une part la manœuvre illicite consistant, pour un automobiliste, à s'engager quelques secondes avant l'apparition du vert ; d'autre part le dispositif de régulation permettant aux bus arrêtés au rouge de démarrer quelques secondes avant le trafic général. Dans ce dernier cas, l'anticipation est évidemment parfaitement licite.

8 Nous avons vérifié que ces anticipations de vert n'étaient pas exclusivement nocturnes : au Gorp, 88% des anticipations ont lieu en période diurne ; à URSS : 62%.

3.3 Détail par carrefour et par entrée

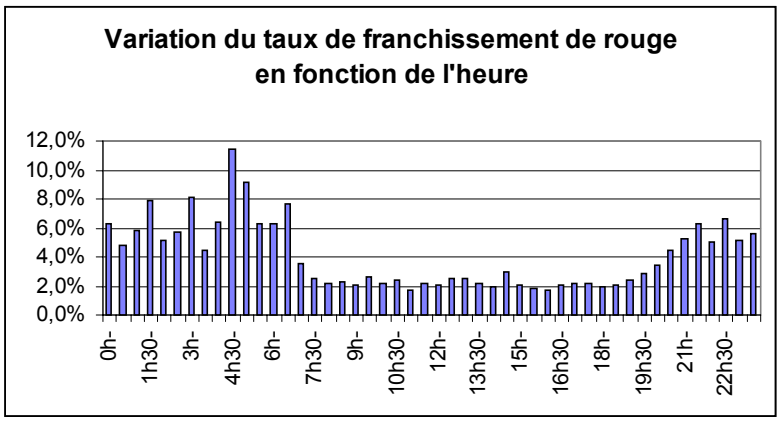
3.3.1 Carrefour Midi-Crampel

3.3.1.1 Entrée côté "URSS"

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**2,8 %**
Jaune	5,3 %
Vert	91,9 %
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	43,3%
Anticipation du vert	10,1%
Autre période du rouge	46,6%
Total	100 %

12 % de cycles utilisés de manière illicite [9]



Commentaires

Les caractéristiques de cette entrée sont conformes à la moyenne à l'exception d'un taux plus élevé de franchissements en période "avancée" du rouge.

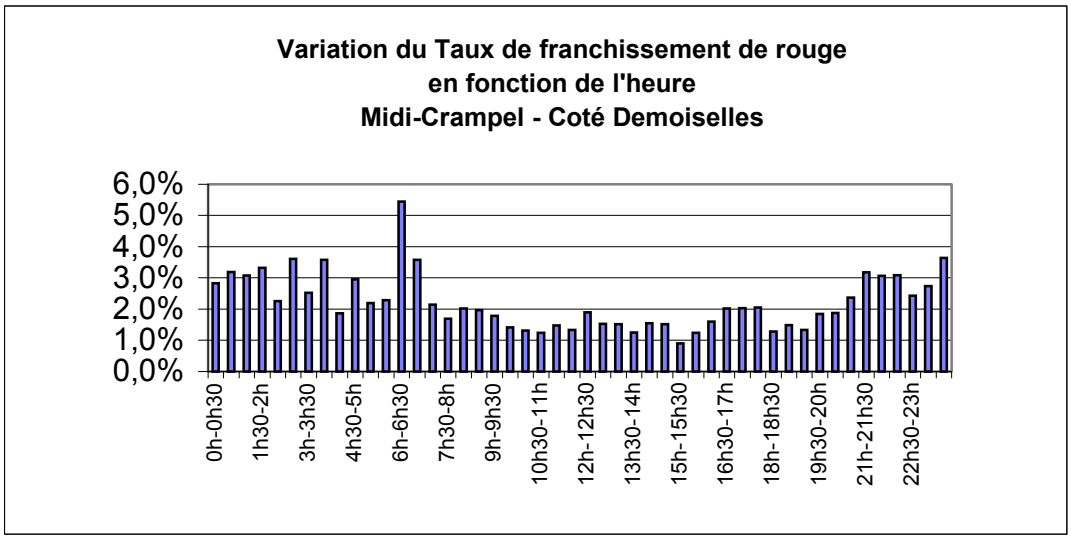
[9] Nous rappelons que nous désignons par l'expression « cycle utilisé de manière illicite », un cycle de feu durant lequel au moins un véhicule est passé dans le rouge.

3.3.1.2 Entrée côté Demoiselles

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**1,8%**
Jaune	5,6 %
Vert	92,6 %
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	70%
Anticipation du vert	6,5%
Autre période du rouge	23,5%
Total	100 %

6 % de cycles de feu utilisés de manière illicite [9]



Commentaires

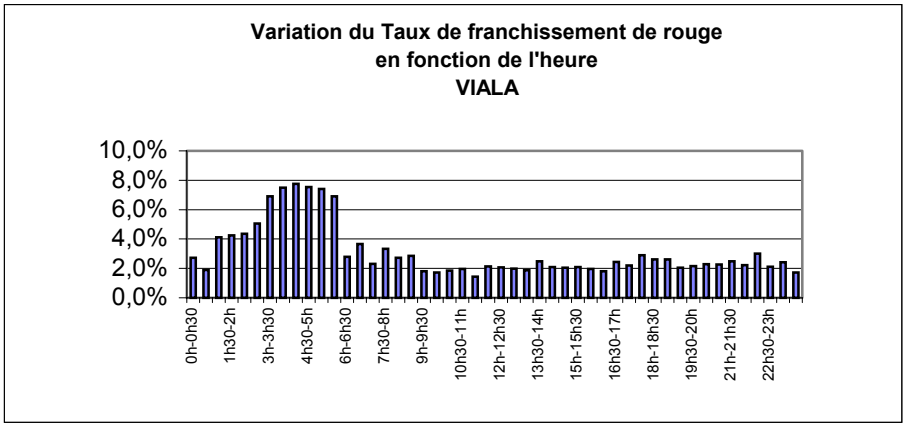
Cette entrée a des caractéristiques plus favorables que la moyenne, avec en particulier un taux plus faible de franchissements de rouge en période nocturne.

3.3.2 Carrefour VIALA – Entrée Jules Julien Coté URSS

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**2,4%**
Jaune	6,4 %
Vert	91,2 %
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	67,5%
Anticipation du vert	3,4%
Autre période du rouge	29,1%
Total	100 %

21% de cycles utilisés de manière illicite [9]



Commentaire
Taux très élevé de franchissements illicites dans le rouge de dégagement (les 2 premières secondes du rouge). Une explication réside peut-être dans le fait que certains usagers se "règlent" sur le feu aval situé à une cinquantaine de mètres, qui présente un décalage à la fermeture.

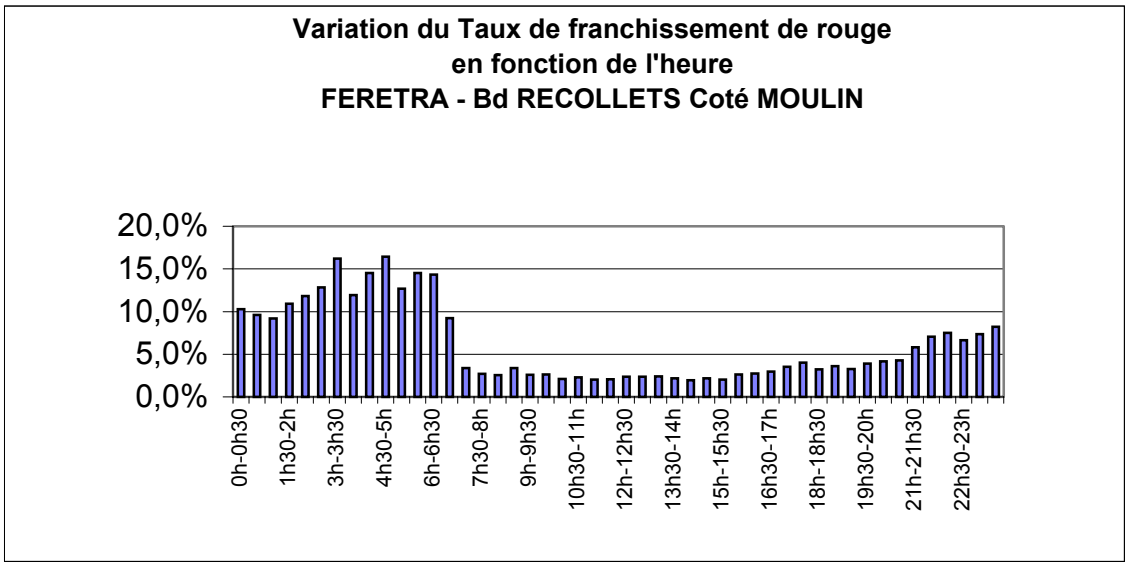
3.3.3 Carrefour FERETRA

3.3.3.1 Entrée Bd des Récollets coté Moulin

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**3,6%**
Jaune	8,2 %
Vert	88,2 %
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	73%
Anticipation du vert	1,9%
Autre période du rouge	25,1%
Total	100 %

13 % de cycles de feu utilisés de manière illicite[9]



Commentaire

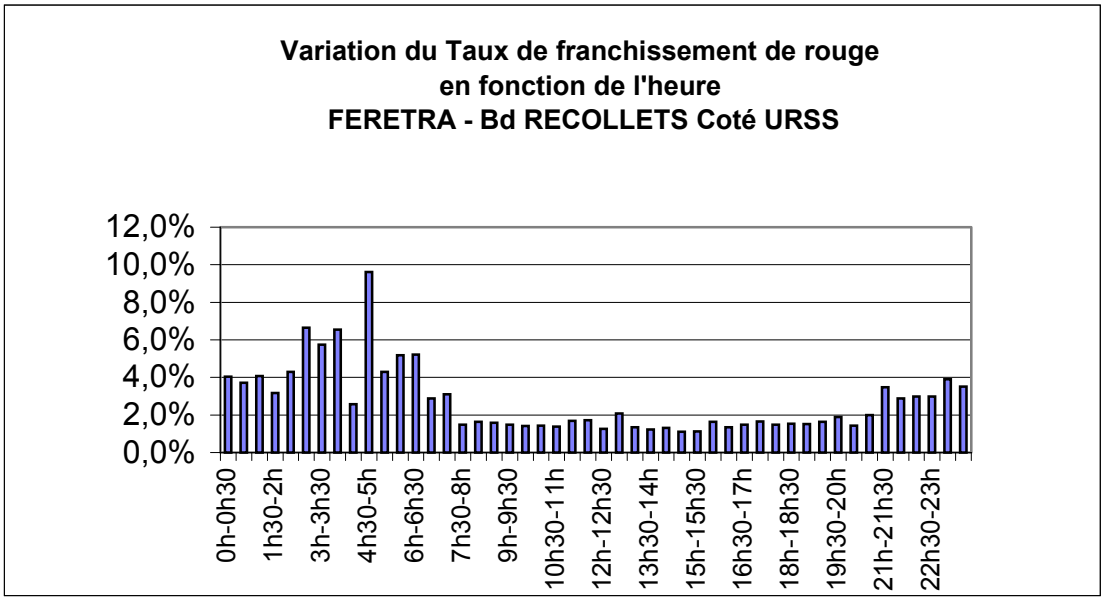
Très fort taux de franchissement dans le rouge de dégagement et très fort taux de franchissement dans le rouge en période nocturne. Ces caractéristiques très défavorables pour la sécurité résultent vraisemblablement d'une bonne visibilité sur le courant antagoniste.

3.3.3.2 Entrée Bd des Récollets coté URSS

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**1,8%**
Jaune	4,7 %
Vert	93,5 %
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	70,5%
Anticipation du vert	4,3%
Autre période du rouge	25,2%
Total	100 %

8 % de cycles de feu utilisés de manière illicite[9]



Commentaires

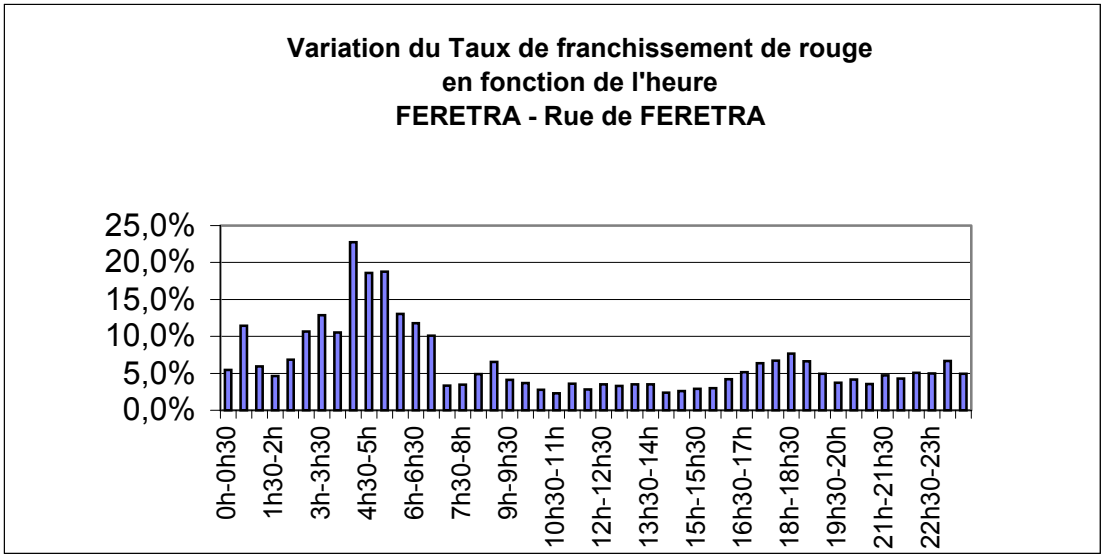
Taux de franchissement dans le rouge inférieur à la moyenne, avec une part élevée de franchissements dans le rouge de dégagement.

3.3.3.3 Entrée Rue de Feretra

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**4,6%**
Jaune	6,3 %
Vert	89,1 %
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	54,8%
Anticipation du vert	4,6%
Autre période du rouge	40,6%
Total	100 %

6 % de cycles de feu utilisés de manière illicite[9]



Commentaires

Pourcentage de franchissements au rouge plus élevé que la moyenne. "Pointe" nocturne très forte. A noter une émergence notable de franchissements au rouge à l'heure de pointe du soir, correspondant certainement à des situations saturées comportant des blocages internes au carrefour.

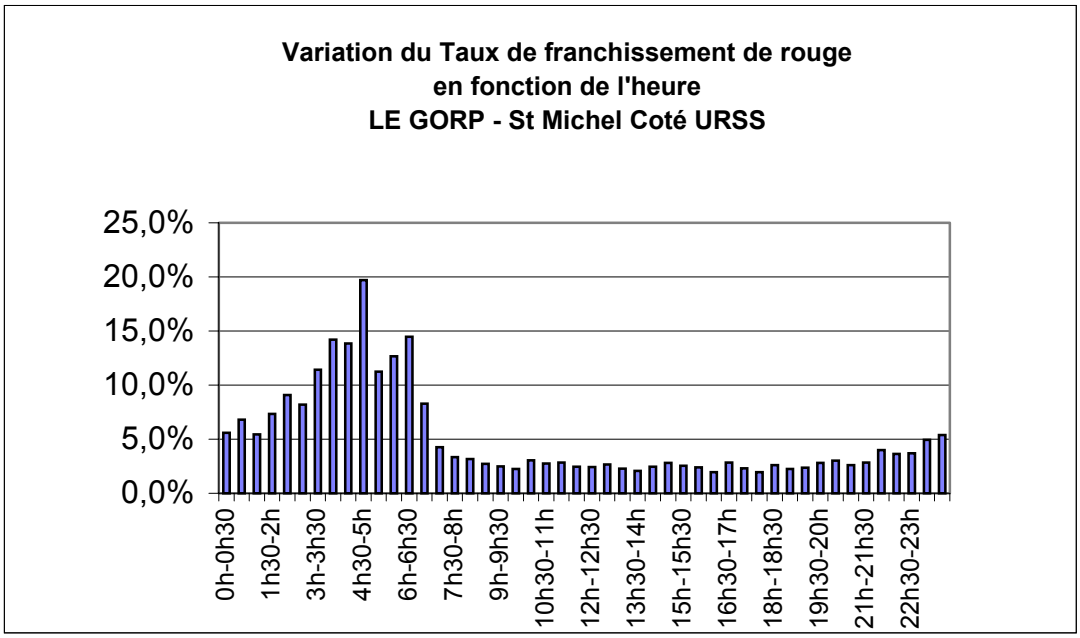
3.3.4 Carrefour Le Gorp

3.3.4.1 Entrée Rue St MICHEL côté URSS (1 voie Véhicule + 1 voie Bus)

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**3,3%**
Jaune	5,6 %
Vert	91,2 %
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	51,3%
Anticipation du vert	23,5%
Autre période du rouge	25,2%
Total	100 %

16 % de cycles de feu utilisés de manière illicite [9]



Commentaires

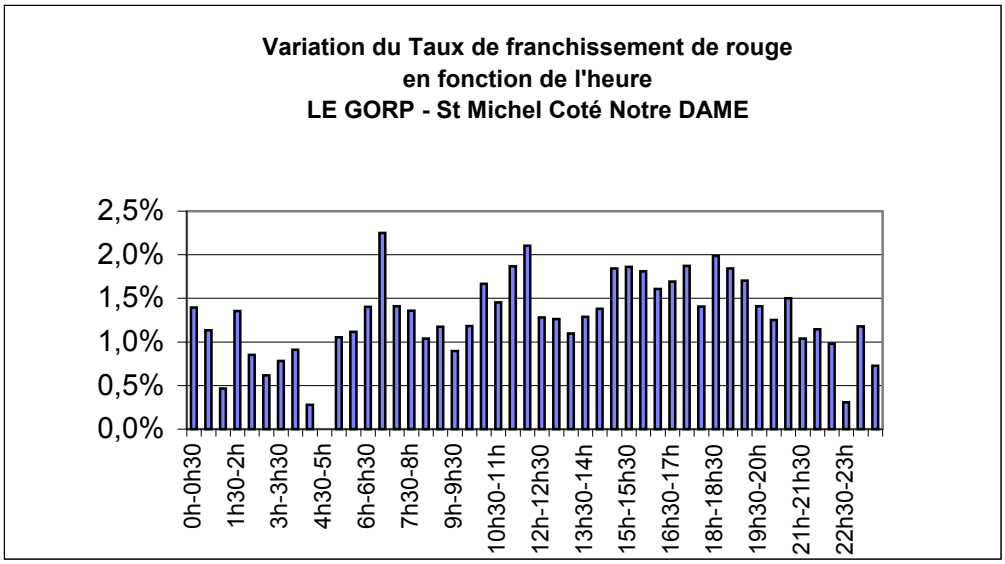
Taux de comportements illicites plus élevés que la moyenne. Deux constatations explicatives : d'une part la présence d'une anticipation pour les bus, dont on a vu qu'elle avait une influence sur le taux d'anticipation du vert ; d'autre part un dysfonctionnement constaté sur cette entrée qui a fonctionné la nuit avec des cycles très courts.

3.3.4.2 Entrée Rue St MICHEL côté NOTRE DAME

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**1,5%**
Jaune	3,5%
Vert	95%
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	67,4%
Anticipation du vert	5%
Autre période du rouge	27,6%
Total	100 %

3 % de cycles de feu utilisés de manière illicite[9, 10]



Commentaires

Situation très favorable sur cette entrée, avec en particulier de faibles taux de franchissements illicites la nuit. Explication évidente : le courant concerné dispose du vert permanent la nuit (sauf appel sur la transversale, rue du Gorp).

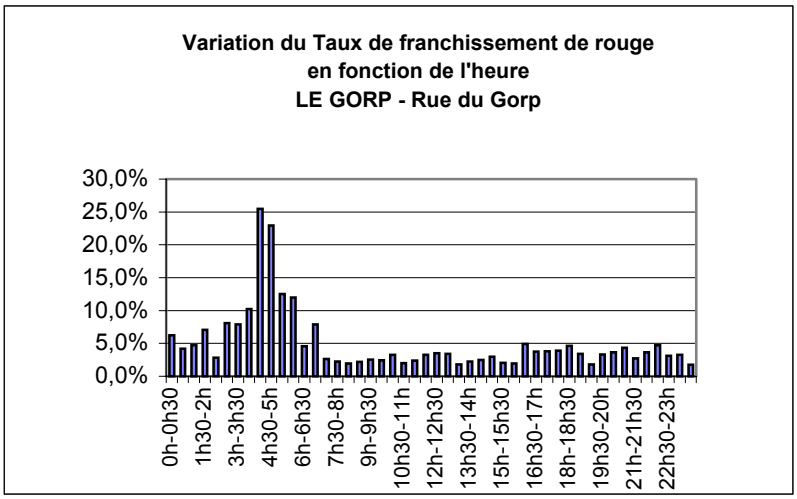
[10] Attention : résultat biaisé par le fait que l'entrée dispose d'un vert permanent(sauf appel sur le Gorp) en période nocturne. La notion de cycle n'a plus de signification la nuit.

3.3.4.3 Entrée Rue du GORP

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**3,2%**
Jaune	5,6%
Vert	91,2%
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	50,5%
Anticipation du vert	6,3%
Autre période du rouge	43,2%
Total	100 %

3 % de cycles de feu utilisés de manière illicite[9, 11]



Commentaire : c'est en quelque sorte le "revers de la médaille" de la situation précédente : l'entrée rue du Gorp est "au rouge" la nuit , sauf demande détectée par micro-régulation. Ce fonctionnement semble susciter un taux de franchissement de rouge très élevé la nuit[12].

[11] Attention : ce pourcentage est biaisé par le fait que, la nuit, le feu est au rouge permanent, en attente d'appel de micro-régulation.

[12] Cette explication n'est pas totalement satisfaisante car la micro-régulation devrait réduire au minimum le temps d'attente pour l'usager qui se présente au rouge rue du Gorp, et les comportements "impatients" devraient être limités.

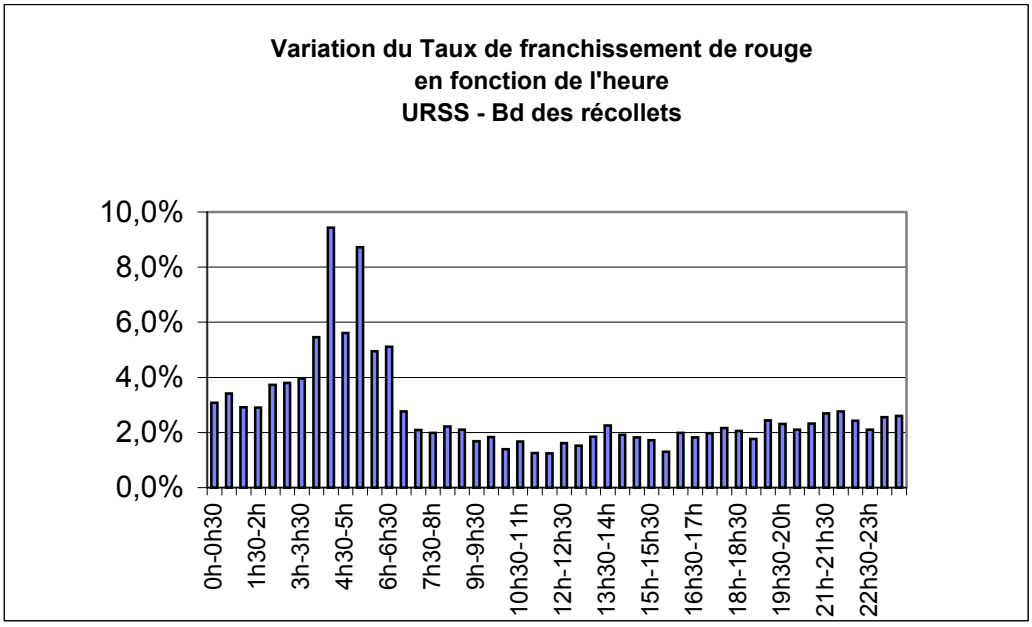
3.3.5 Carrefour URSS

3.3.5.1 ENTREE Bd des RECOLLETS

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**2,1%**
Jaune	4,3%
Vert	93,6%
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	76,9%
Anticipation du vert	1,4%
Autre période du rouge	21,7%
Total	100 %

12 % de cycles de feux utilisés de manière illicite[9]



Commentaire

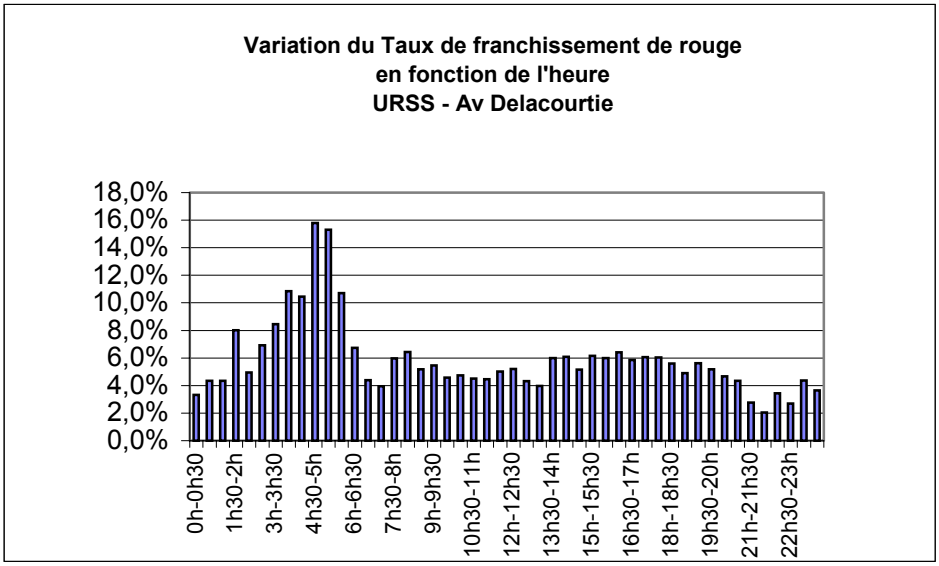
L'entrée a des caractéristiques conformes à la moyenne des sites étudiés, à l'exception du taux de franchissement dans le rouge de dégagement (2 premières secondes du rouge), plus élevé que la moyenne. Il est possible que la distance relativement importante entre les lignes de feux antagonistes incite les automobilistes à une prise de risque.

3.3.5.2 ENTREE AV. DELACOURTIE (mesure sur 3 voies de circulation)

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**5,3%**
Jaune	8,8%
Vert	85,9%
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	54,2%
Anticipation du vert	2,6%
Autre période du rouge	43,2%
Total	100 %

16 % de cycles de feux utilisés de manière illicite[9]



Commentaire : situation plus défavorable que la normale. On a vérifié que la spécificité était liée à un taux de franchissement de rouge très élevé sur la voie de "tourne-à-gauche" (environ 12%), et particulièrement élevé pour cette voie en période nocturne, y compris dans les secondes "avancées" du rouge. L'explication vraisemblable réside dans le fait que les courants "Delacourtie t.à.g." et "Recollets direct et t.à.d." sont antagonistes. Les franchissements tardifs correspondent certainement à des insertions dans les créneaux. Nous n'excluons pas également, compte-tenu de la position des boucles, la possibilité de passages "parasites" de véhicules en provenance de Recollets (ou même des t.a.g. en provenance de la Grd Rue StMichel) sur la boucle de la voie de gauche de Delacourtie.

3.3.5.3 ENTREE GRAND RUE ST MICHEL

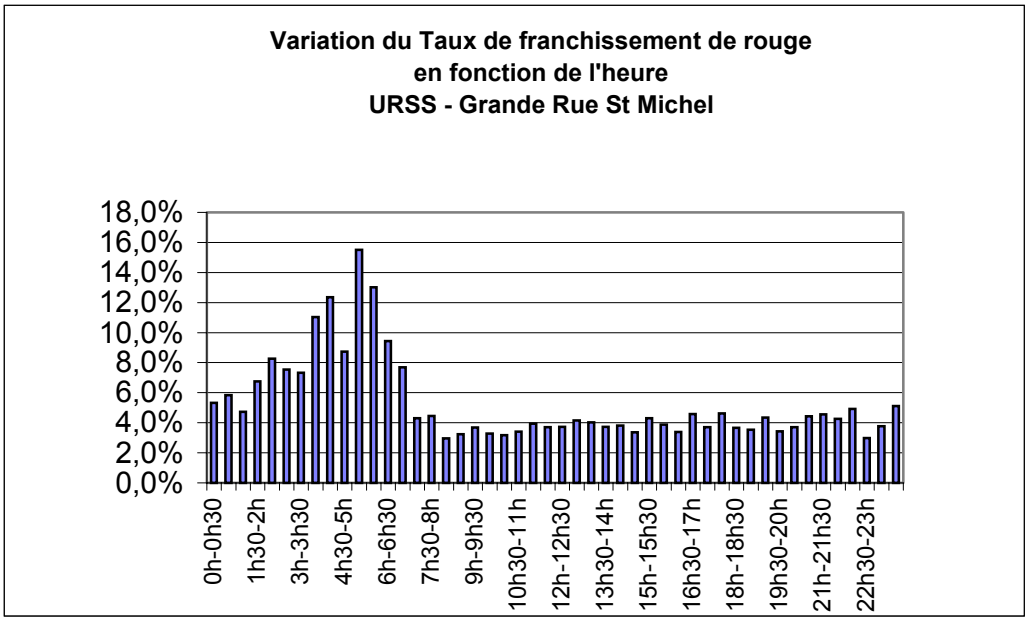
% de franchissements en fonction de la couleur du feu

Rouge	**4,2%**
Jaune	7,1%
Vert	88,7%
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge

Rouge de dégagement	45,4%
Anticipation du vert	5,6%
Autre période du rouge	49%
Total	100 %

16 % de cycles de feux utilisés de manière illicite[9]



Commentaire

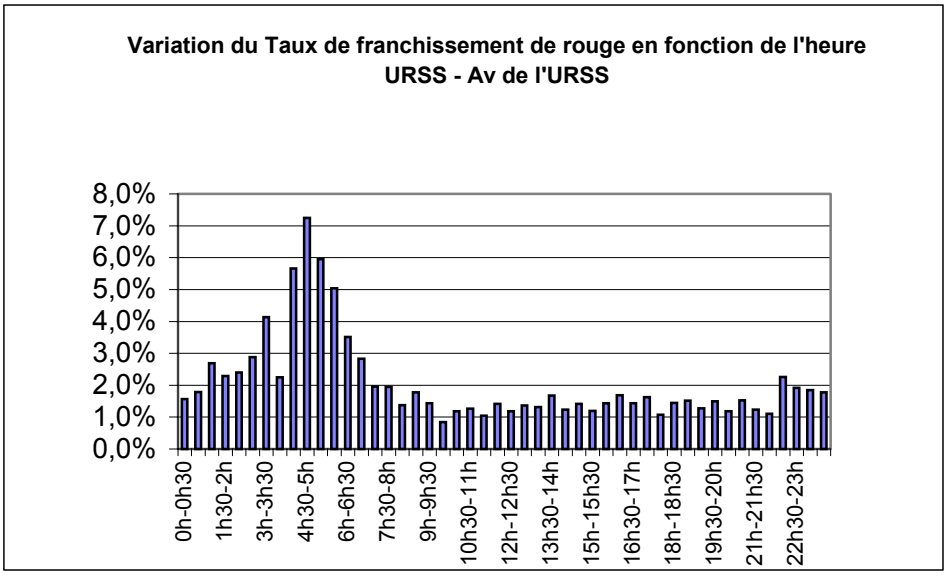
Les taux de comportements illicites sont légèrement supérieurs à la moyenne, et vraisemblablement dus à une bonne visibilité sur les courants antagonistes.

3.3.5.4 ENTREE AVENUE DE L'URSS

% de franchissements en fonction de la couleur du feu	
Rouge	**1,6%**
Jaune	3,9%
Vert	94,5%
Total	100%

Répartition des franchissements au rouge	
Rouge de dégagement	54,9%
Anticipation du vert	23,1%
Autre période du rouge	21,9%
Total	100 %

9 % de cycles de feux utilisés de manière illicite[9]



Commentaire
Situation plutôt meilleure que la normale, mais avec un taux plus élevé d'anticipation du vert, certainement lié à la présence du dispositif d'anticipation pour les bus (cf. §3.2.5, p. 15).

4 Comparaison 1985 - 2000

4.1 Résultats globaux

Nous comparerons uniquement, entre 1985 et 2000 **le pourcentage total de franchissements J+R (jaune + rouge)**, pour les 12 entrées étudiées aussi bien en 1985 qu'en 2000.

Le chiffre à retenir :

La variation du taux d'augmentation de franchissements du rouge entre 1985 et 2000 est de 1,7 points, soit 24 %.

Il ne nous semble pas possible de procéder à une comparaison pertinente des franchissements dans le jaune d'une part et dans le rouge d'autre part, en raison d'imprécisions dont sont entachés les résultats de 1985. Ces imprécisions sont de deux types :

- D'une part, comme nous l'avons déjà indiqué, il n'avait pas été procédé en 1985 à une correction destinée à prendre en compte le décalage entre la ligne de feu et le tube pneumatique.
- D'autre part, la précision sur la date était de 1 seconde en 1985 (datation à la seconde échue), contre 0,125s en 2000.

Au total ces imprécisions sont susceptibles de provoquer une erreur maximale de 2 secondes dans la date des franchissements de feu relevés en 1985.

Cette imprécision n'a certainement qu'une influence marginale sur le nombre total de franchissements J+R, puisqu'elle ne concerne que des "effets de bord" qui se compensent partiellement, mais elle est susceptible de fausser la répartition de ces franchissements entre jaune et rouge.

	1985	2000
Franchissements dans le vert	92,8 %	91,1%
Franchissements illicites	7,2 %	8,9 %

Il résulte de ces chiffres que la part du pourcentage de franchissements illicites dans le nombre total de franchissements a augmenté de 1,7 points, soit :

23,6 % entre 1985 et 2000[13].

On verra toutefois, dans le chapitre suivant, que cette variation n'est pas uniforme pour toutes les entrées de carrefour étudiées.

[13] Attention : ne pas confondre l'augmentation en valeur absolue du phénomène (qui est ici de 1,7 pts) et l'augmentation en valeur relative, rapportée à l'année 1985 (23,6 %).

4.2 Détail des résultats

4.2.1 Variation relative des pourcentages de franchissements dans le jaune et le rouge

Nom du carrefour	Nom de l'entrée	% J+R en 2000	Rappel % J+R en 1985	Evolution 1985-2000	Augmentation 2000/1985
Midi Crampel	Crampel côté URSS	8,2%	10,0%	-1,9pts	-23,2 %
Midi Crampel	Crampel côté Demoiselles	7,4%	9,0%	-1,6pts	-21,6 %
Viala	J. Julien côté URSS	8,8%	7,1%	+ 1,7pts	+ 19,3 %
Férétra	Récollets côté Moulin	11,8%	6,9%	+ 4,9pts	+ 41,5 %
Férétra	Récollets côté URSS	6,5%	6,9%	-0,4pts	-6,2 %
Férétra	Rue du Férétra	10,9%	10,5%	+ 0,4pts	+ 3,7 %
Le Gorp	St Michel côté URSS	8,8%	6,8%	+ 2 pts	+ 22,7 %
Le Gorp	St Michel côté Notre Dame	4,9%	7,1%	-2,2pts	-44,9 %
URSS	Bd des Récollets	6,4%	6,1%	+ 0,3pts	+ 4,7 %
URSS	Av. Delacourtie	14,1%	15,1%	-1,0pts	-7,1 %
URSS	Gde Rue St Michel	11,3%	7,2%	+ 4,1pts	+ 36,3 %
URSS	Av de l'URSS	5,5%	3,0%	+ 2,5pts	+ 45,5 %
Ensemble 1	**Toutes les entrées**	**8,9%**	**7,2%**	**1,7pts**	**+ 23,6 %**
Ensemble 2	**Sans les entrées du Gorp(voie busl), sans les entrées de Midi-Crampel, sans l'entrée Av URSS (voie Bus)**	**10,08%**	**7,93%**	**2.15pts**	**+27,16%**

Commentaire : les exceptions notables à la croissance du taux de franchissement entre 1985 et 2000 (certaines entrées de Crampel et Le Gorp), s'expliquent certainement par la mise en place postérieure à 1985 d'une micro-régulation permettant d'avoir un vert permanent (hors appel sur la transversale) sur l'axe principal.

Nous avons donc constitué un ensemble 2 de carrefours en supprimant les entrées présentant des particularités de fonctionnement qui faussent les comparaisons 1985/2000. On constate que l'augmentation relative des taux de franchissement est encore plus forte et atteint 27 %.

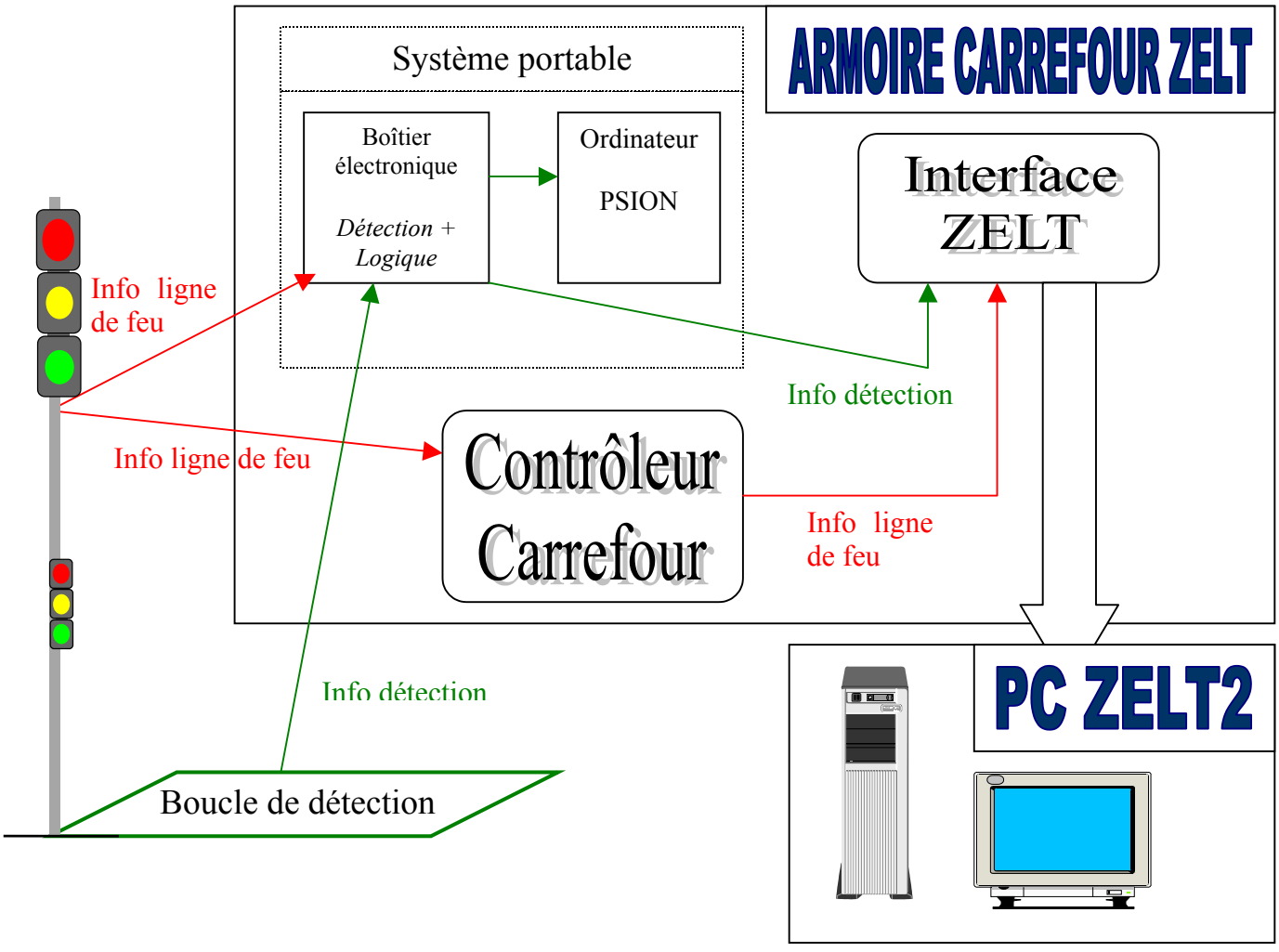
5 Utilisation du système Portable de la ZELT

La description et le test en laboratoire du système portable a fait l'objet d'un document intitulé « Réalisation et test d'un système portable de détection et enregistrement des franchissements du feu rouge » annexé[14].

Un des objectifs de l'étude était de comparer les résultats obtenus à l'aide de ce système portable, et ceux obtenus par le système ZELT2.

L'appareil a été installé sur l'entrée Récollets Coté Moulin du carrefour FERETRA.

5.1 Schéma de connexion du système portable sur le carrefour ZELT



Le boîtier électronique du système portable est composé d'une carte détecteur qui analyse les perturbations électromagnétique de la boucle de détection. Ce boîtier transmet à l'interface ZELT l'information de détection de véhicules.

[14] Système développé par Bernard Doose, électronicien à la ZELT.

L'information « ligne de feu » est transmise à la fois au contrôleur du carrefour et au boîtier électronique du système portable.

Le contrôleur de carrefour transmet l'information ligne de feu à l'interface de communication ZELT.

L'interface ZELT transmet au système informatique ZELT 2 avec une précision de 12,5 ms à la fois l'information ligne de feu et l'information de détection.

Une synchronisation horaire du système portable et du système ZELT2 a été faite avant le lancement des expériences.

5.2 Comparaison des résultats du portable et de ZELT2

Les résultats obtenus avec les deux systèmes pour la période du 13/09/00 au 2/10/00 sont les suivants :

Nombre de véhicules			Ecart Portable / Zelt2	
	Portable	Zelt2	En %	en valeur
Véhicules au rouge	4255	3994	6,1	261
Véhicules au jaune	7011	6997	0,2	14
Véhicules au vert	73965	74112	-0,2	-147
Total	85231	85103	0,2	128

Nombre de changements de couleur du feu

Passage du feu au rouge	23943	23934	0,0	9
Passage du feu au jaune	23951	23936	0,1	15
Passage du feu au vert	23937	23923	0,1	14
Total	71831	71793	0,1	38

Répartition des véhicules en pourcentage			Ecart
au rouge	5,0 %	4,7 %	+ 0,3 pts
au jaune	8,2 %	8,2 %	0,0 pts
au vert	86,8 %	87,1 %	-0,3 pts

Il est difficile d'avancer des explications totalement satisfaisantes aux légères différences constatées ; il est possible qu'un dysfonctionnement ponctuel de l'interface ZELT en soit la cause ; des investigations complémentaires sont en cours.

6 Synthèse et conclusion

A la demande du CERTU, et avec le concours de la Ville de Toulouse, la ZELT a réalisé en 2000 une campagne de mesure des franchissements illicites de feux de circulation (passage des véhicules au rouge), avec un double objectif :

- Disposer d'une référence permettant de quantifier le phénomène d'indiscipline.
- Comparer les résultats avec ceux d'une étude similaire réalisée en 1987 par la ZELT sur les mêmes carrefours, pour apprécier l'évolution dans le temps du phénomène.

L'expérience a également été l'occasion de tester les performances et la fiabilité des résultats obtenus par un système portable de comptage des franchissements de rouge, développé par la ZELT, en les comparant à ceux obtenus par le système informatique ZELT2 sur un des sites de l'expérience.

Les programmes informatiques spécifiquement développés sur le système ZELT2 pour cette expérience recueillent en temps réel les données des boucles de détection électromagnétique placées à proximité des lignes de feu et les états des lignes de feux associées. La confrontation des dates de passage des véhicules sur une boucle avec les dates de changements de couleurs de feux permet d'identifier le nombre de véhicules dans chaque couleur de feux. Ces informations sont ensuite enregistrées dans des fichiers informatiques.

Au total le recueil de données réalisé par le système informatique ZELT2 a porté sur plus d'un million de véhicules (**1 378 757 véhicules)**.

- En moyenne, tous sites et toutes périodes confondus**, 2,9 % des franchissements de feux ont lieu pendant la phase de rouge** et 6% pendant la phase de jaune.

1 % des franchissements sont des franchissements de rouge qui ont lieu après les deux premières secondes de rouge c'est à dire lorsque le feu antagoniste est vert et que le risque est maximum. Cela a concerné pendant l'expérience 14 000 véhicules.

- Les franchissements de rouge sont répartis comme suit :

Rouge de dégagement	**59,5%**
Anticipation du vert	7,1%
Autre période du rouge	33,4%
Total Rouge	100 %

- Les cycles utilisés de manière illicite (comportant au moins un franchissement de rouge) constituent **10%** du total des cycles (toutes périodes et tous sites confondus).
- Le taux de franchissement de rouge (tous sites confondus) est sensiblement constant (autour de 2,5%) entre 7h30 et 20h. Il commence à croître significativement à partir de 20h, pour atteindre un maximum entre 4h30 et 5h30, puis décroît jusqu'à 7h30.

- Environ 70% des franchissements de rouge ont lieu au cours des 3 premières secondes de rouge et 75% au cours des 10 premières secondes. **Un quart des franchissements de rouge ont donc lieu à des instants très tardifs** (au delà de la dixième seconde).

- Le phénomène d'anticipation du vert (franchissement au cours des 5 dernières secondes de rouge) représente globalement **7,1 %** des franchissements de rouge ; il est à peu près uniformément réparti entre les différentes entrées (de 2% à 10% environ), avec toutefois **deux exceptions notables** : les entrées qui bénéficient d'un système permettant le démarrage anticipé des bus par allumage du "vert bus" quelques secondes avant le "vert véhicule" connaissent des taux de violation de rouge du type "anticipation du vert" 3 fois supérieurs à la moyenne générale (environ).

L'analyse détaillée par carrefour et par entrée permet d'identifier les situations les plus problématiques et de proposer quelques pistes d'explication :

- Carrefour VIALA – Entrée Jules Julien Coté URSS : taux très élevé de franchissements illicites dans le rouge de dégagement (les 2 premières secondes du rouge). Une explication réside peut-être dans le fait que certains usagers se "règlent" sur le feu aval situé à une cinquantaine de mètres, qui présente un décalage à la fermeture.

- Carrefour FERETRA - Entrée Bd des Récollets, coté Moulin : très fort taux de franchissement dans le rouge de dégagement et très fort taux de franchissement dans le rouge en période nocturne. Ces caractéristiques très défavorables pour la sécurité résultent vraisemblablement d'une bonne visibilité sur le courant antagoniste.

- Carrefour FERETRA - Entrée Bd des Récollets coté URSS : taux de franchissement dans le rouge inférieur à la moyenne, mais part des franchissements dans le rouge de dégagement élevée.

- Carrefour FERETRA - Entrée Rue de Férétra : pourcentage de franchissements au rouge plus élevé que la moyenne. "Pointe" nocturne très forte. A noter une émergence notable de franchissements au rouge à l'heure de pointe du soir, correspondant certainement à des situations saturées comportant des blocages internes au carrefour.

- Carrefour LE GORP - Entrée Rue St MICHEL côté URSS : taux de comportements illicites plus élevés que la moyenne. Deux constatations explicatives : d'une part la présence d'une ouverture anticipée du vert bus, dont on a vu qu'elle avait une influence sur le taux d'anticipation du vert sur la voie bus et sur la voie adjacente ; d'autre part un dysfonctionnement constaté sur cette entrée qui a fonctionné la nuit avec des cycles très courts.

- Carrefour LE GORP – Entrée rue du Gorp : taux de franchissement de rouge très élevé la nuit.

- Carrefour URSS - Entrée Bd des RECOLLETS : taux élevé de franchissement dans le rouge de dégagement (2 premières secondes du rouge), plus élevé que la moyenne. Il est possible que la distance relativement importante entre les lignes de feux antagonistes incite les automobilistes à une prise de risque.

- Carrefour URSS - Entrée Av. DELACOURTIE : taux de franchissement de rouge très élevé sur la voie de "tourne-à-gauche" particulièrement en période nocturne, y compris dans les secondes "avancées" du rouge. Les franchissements tardifs

correspondent certainement à des insertions dans les créneaux, ou au passage sur la boucle de véhicules des courants antagonistes.

- Carrefour URSS - Entrée Grd Rue St Michel : les taux de comportements illicites sont légèrement supérieurs à la moyenne, et vraisemblablement dus à une bonne visibilité sur les courants antagonistes.

- Carrefour URSS - Entrée Grd Rue St Michel : taux élevé d'anticipation du vert, certainement lié à la présence du dispositif d'anticipation pour les bus.

Nous avons comparé, entre 1985 et 2000, le pourcentage total de franchissements J+R (jaune + rouge), pour les 12 entrées étudiées aussi bien en 1985 qu'en 2000 : la variation relative du taux de ces franchissement, entre ces 2 dates, correspond à une augmentation de **24 %** environ (soit 1,7 points).

***

Les mesures réalisées par la ZELT montrent donc que les taux de violations de rouge en milieu urbain constituent un phénomène préoccupant : en moyenne un franchissement de rouge a lieu tous les 10 cycles, avec une fréquence très élevée la nuit.

Les disparités entre sites sont grandes, mais en général explicables par les caractéristiques du carrefour ou de la régulation. Ce sont autant de pistes qui devraient permettre au projeteur de contribuer à limiter (autant que faire se peut, et certainement pas sans le concours de campagnes d'information et de répression) les phénomènes d'indisciplines.

L'étude montre également que le phénomène s'est amplifié au cours des 15 dernières années, puisque l'augmentation du taux de violation de rouge et du jaune, rapporté à celui mesuré en 1985, est de l'ordre de 24%.

Enfin, le dispositif portable développé par la ZELT sous forme de prototype a donné satisfaction et pourra être utilisé de manière opérationnelle.

Cette étude pourrait être utilement complétée par une étude d'accidentologie mettant en relation les accidents constatés sur les carrefours étudiés au cours des dernières années, et les comportements observés par la ZELT. En effet, le lien entre les comportements illicites et la dangerosité du carrefour semble intuitivement fort, et il l'est certainement, mais peut-être l'est-il de manière inégale selon les situations. L'étude d'accidentologie permettrait sans doute de préciser l'importance relative des différents enjeux en matière de sécurité.

Annexe 1 : Position des points de mesure

DETECTION DES FRANCHISSEMENTS DE ROUGE DANS DES CARREFOURS ZELT

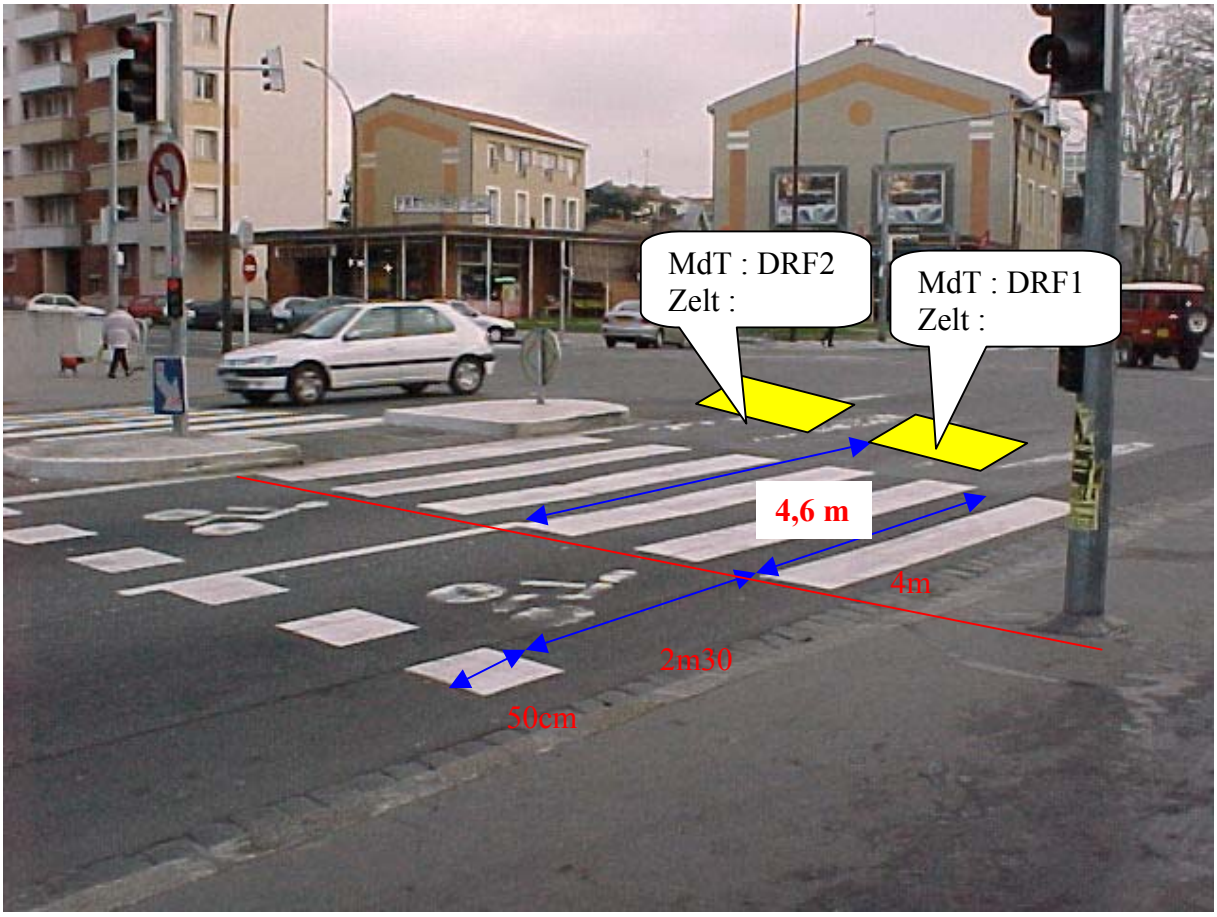
POSITIONNEMENT DES BOUCLES DE DETECTION

Version 3.0

9 septembre 2000

Catherine BARTHE

CARREFOUR FERETRA – ENTREE Bd des RECOLLETS côté Jean MOULIN

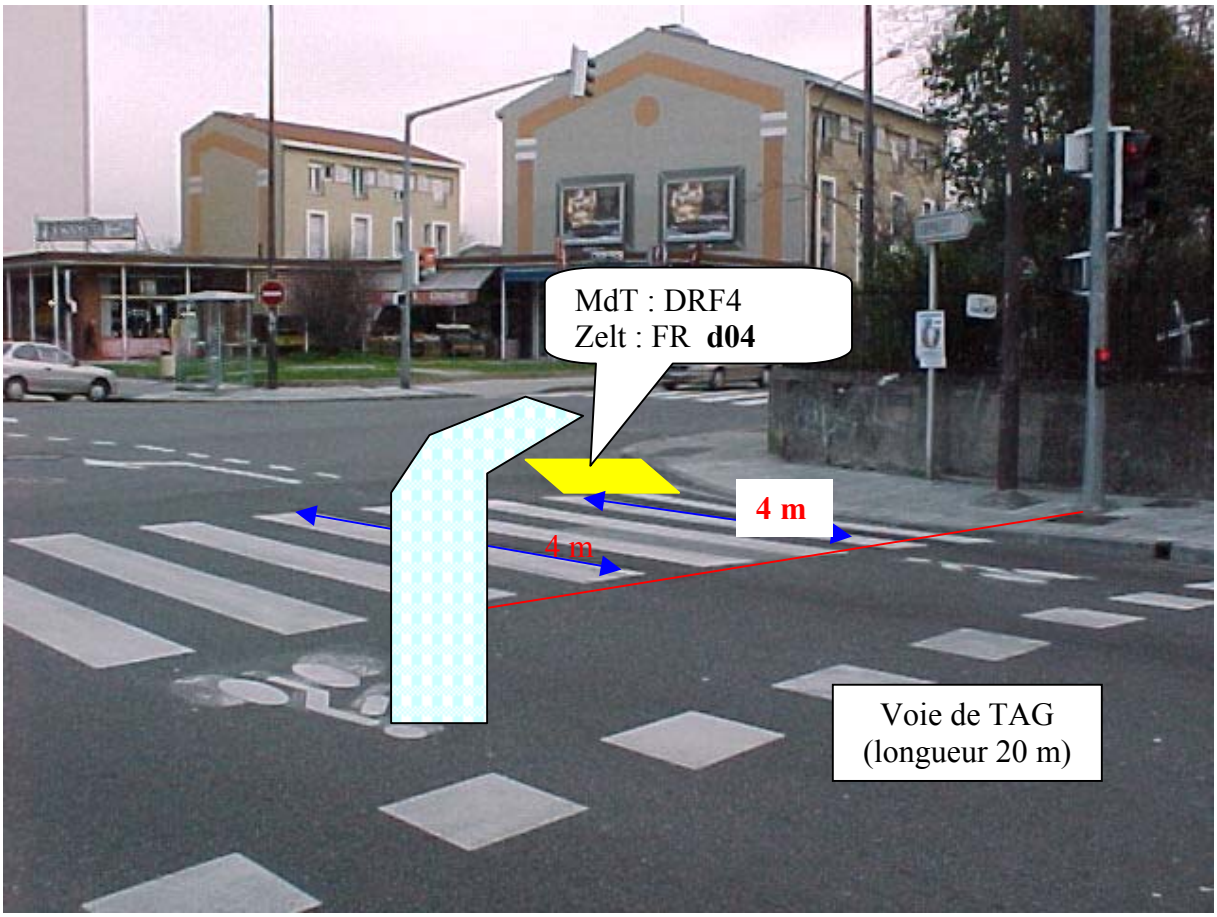


Commentaires :

A priori, aucun flux de véhicules ne peut empiéter sur la zone jaune, sur laquelle pourraient être placées les boucles.
Il semble préférable de poser une boucle par voie.
La ligne d'effet des feux, matérialisée en deçà du passage pour 2 roues n'est pas respectée (ni même par les bus), certains véhicules avancent jusqu'à la ligne rouge, limite du P.P., au droit du poteau de feu.

Raccordement : chambre de tirage Ville ou chambre de tirage ZELT, situées sur le trottoir droit, à quelques mètres du poteau de feu.

CARREFOUR FERETRA – ENTREE Rue du FERETRA

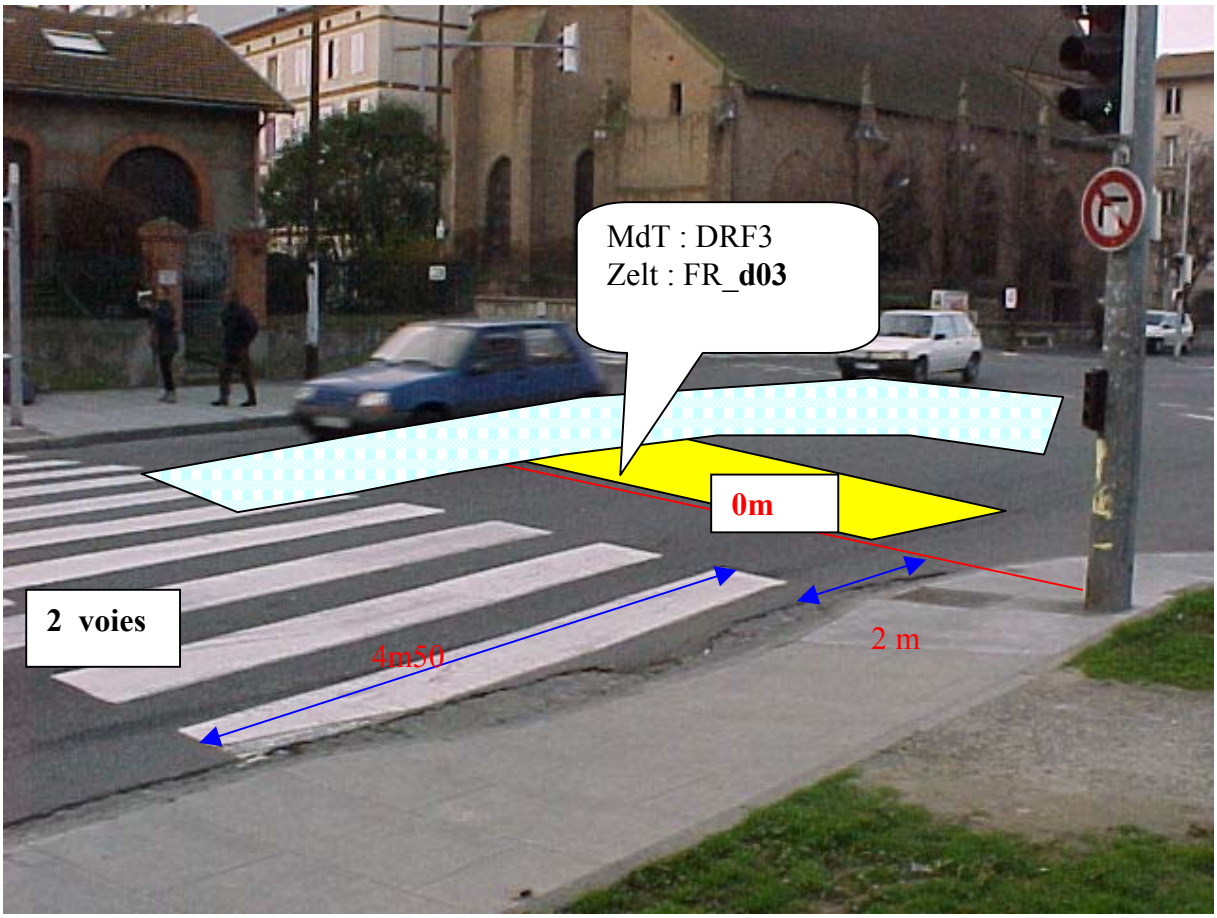


Commentaires :

Les véhicules en TAG depuis les Récollets (URSS) empiètent sur le P.P. face à la voie de gauche de FERETRA (zone bleutée). Une boucle positionnée après le P.P. ne pourrait raisonnablement pas dépasser la limite de la voie de droite, comme indiqué dans la zone jaune.

Raccordement : chambre de tirage ville à proximité du poteau de feu.

CARREFOUR FERETRA – ENTREE Bd des RECOLLETS côté URSS

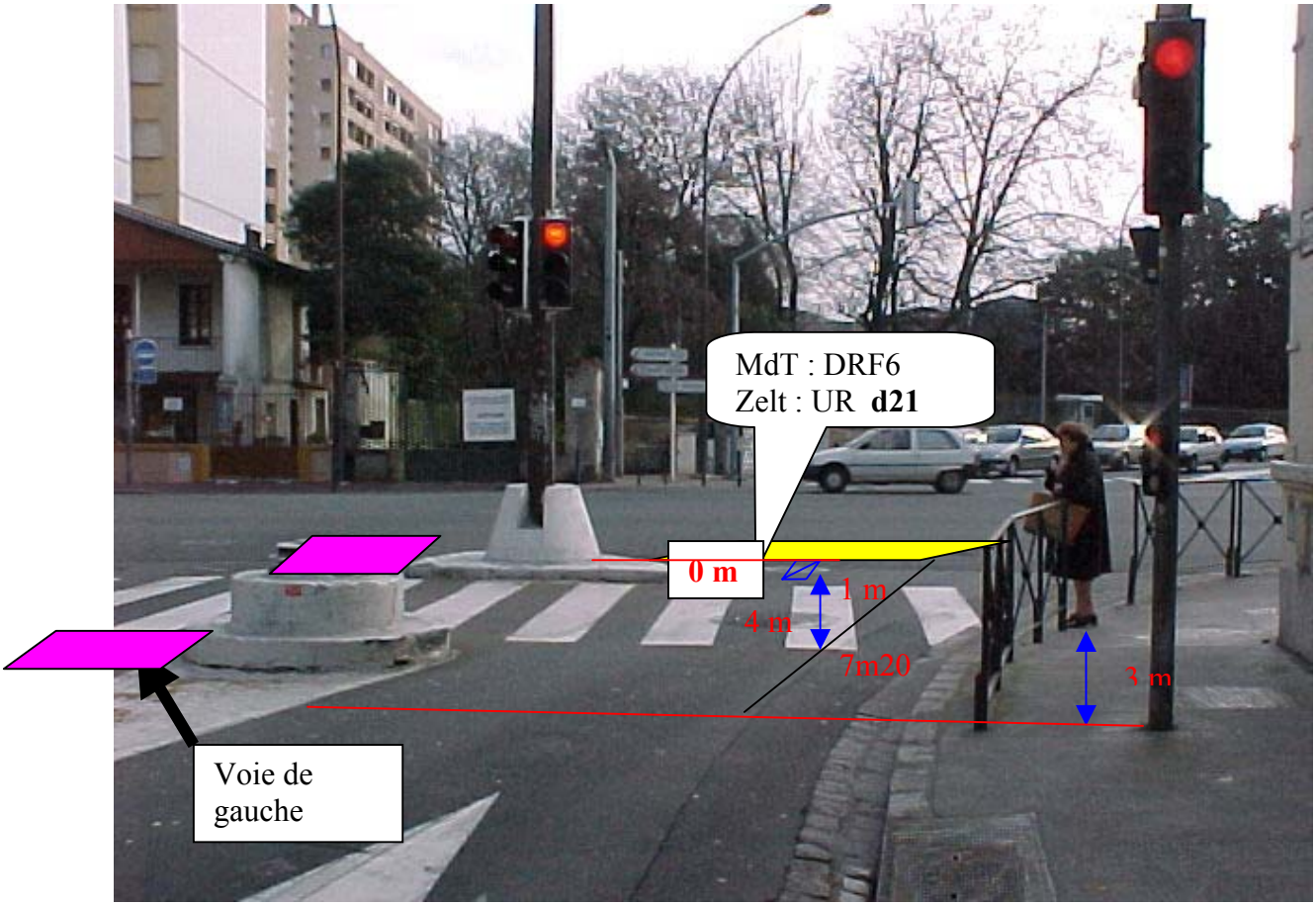


Commentaires :

La zone jaune située entre le P.P. et la ligne au droit du poteau de feu pourrait être utilisée pour le positionnement de la boucle, mais il ne faudra pas dépasser la 4ème barre blanche du P.P. car les véhicules en tourne à gauche de la rue Achille Viadieu empiètent régulièrement sur la 5ème barre (comme figuré par la zone bleutée). Il peut y avoir un risque de rater des véhicules excentrés de la voie de gauche.

Raccordement : chambre de tirage Ville à côté du poteau de feu.

CARREFOUR de l'URSS – ENTREE Bd des RECOLLETS



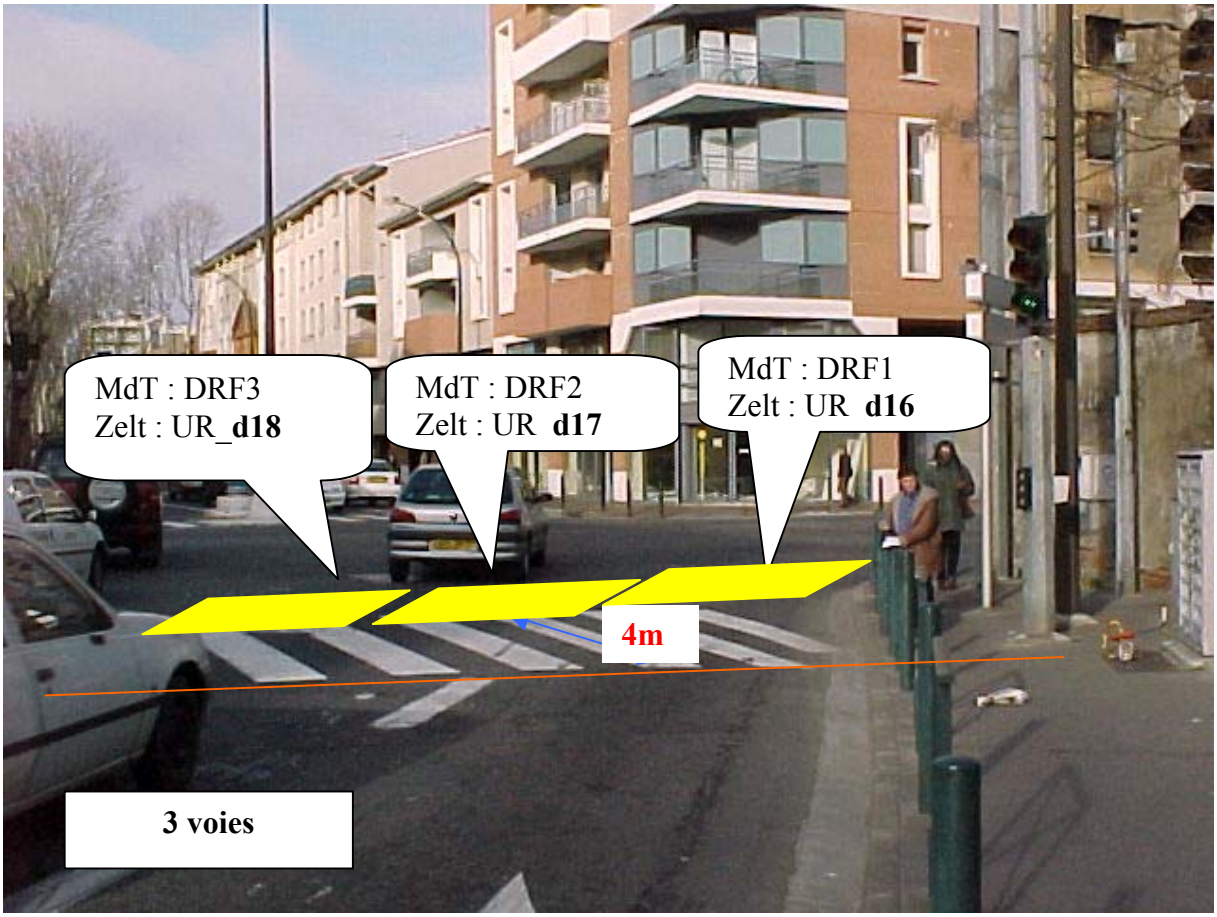
Commentaires :

Pour la voie de direct et tourne à droite (sur laquelle est centrée la photo ci-dessus), l'implantation de la boucle dans la zone jaune située entre le P.P. et la bordure de l'îlot supportant le poteau de rappel de feu paraît tout à fait possible. La boucle devra prendre l'ensemble de la largeur de la voie, y compris la partie de dégagement des véhicules en tourne à droite.

Quant à la voie de tourne à gauche, située à gauche des îlots circulaires (mal visible sur la photo), le positionnement d'une boucle paraît très problématique de par le fait que les véhicules en tourne à gauche depuis le boulevard de l'URSS empiètent sur le passage piéton, et passent souvent au ras de l'îlot circulaire support du poteau de feu. Les deux emplacements roses où les risques d'empiètement sont réduits sont très courts (ne pas dépasser les deux premières barres blanches du P.P.), les risques de rater les véhicules déportés sur la gauche étant par conséquent importants. Le traitement de cette voie d'entrée paraît très délicat, il sera abandonné. D'ailleurs, il n'avait pas été réalisé lors de la précédente étude.

Raccordement : Chambre de tirage ZELT située de l'autre côté de la voie, sur le trottoir de la Grande Rue St Michel à proximité du poteau de feu de cette dernière voie.

CARREFOUR de l'URSS – ENTREE AV. DELACOURTIE

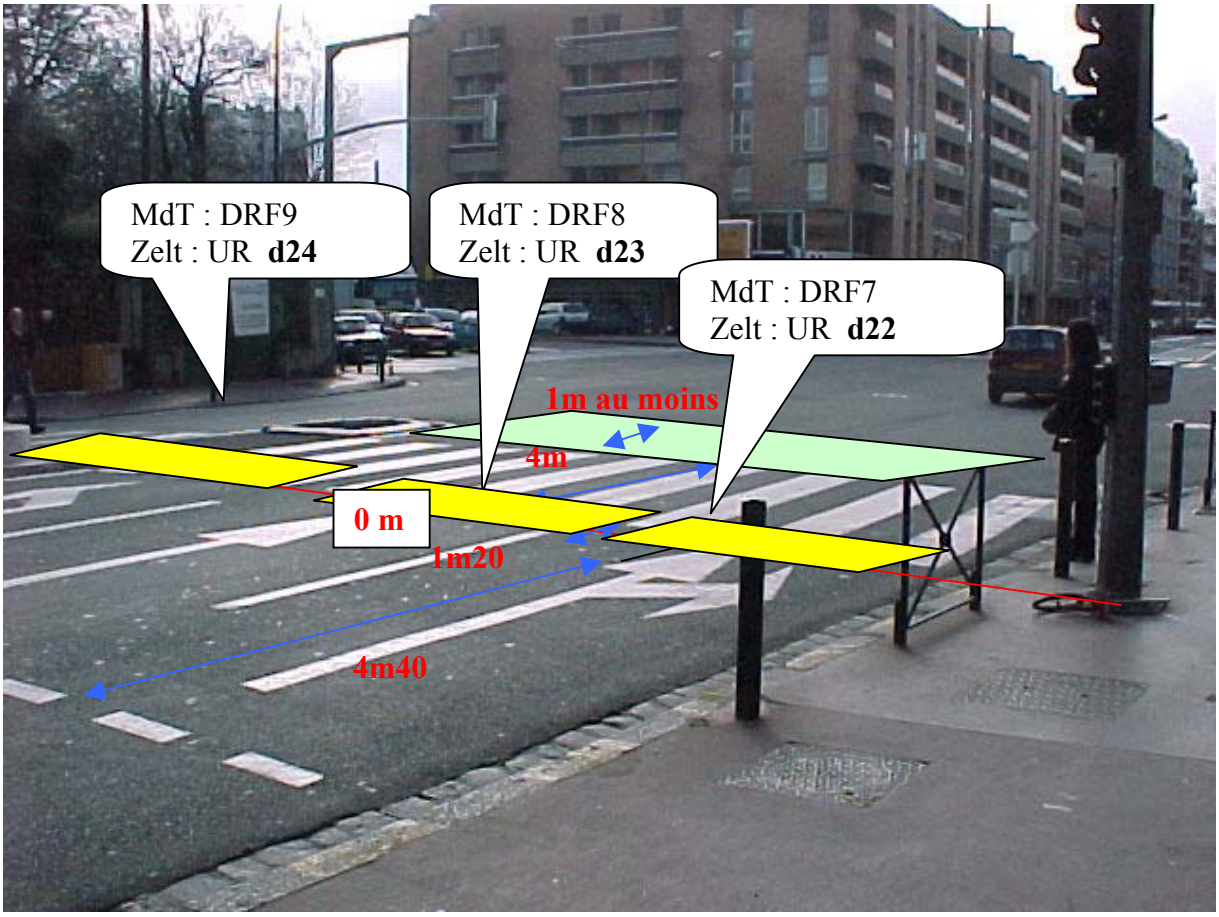


Commentaires :

La possibilité de positionnement des boucles (a priori une boucle par voie) dans la zone jaune au delà du passage piéton, est problématique pour la boucle captant le flux de la voie de tourne à gauche. En effet, il y a des risques d'empiètement par les tourne à gauche venant de la Grand Rue St Michel mais aussi par les véhicules en direct de l'entrée Récollets.

Raccordement à l'armoire.

CARREFOUR de l'URSS – ENTREE GRAND RUE ST MICHEL

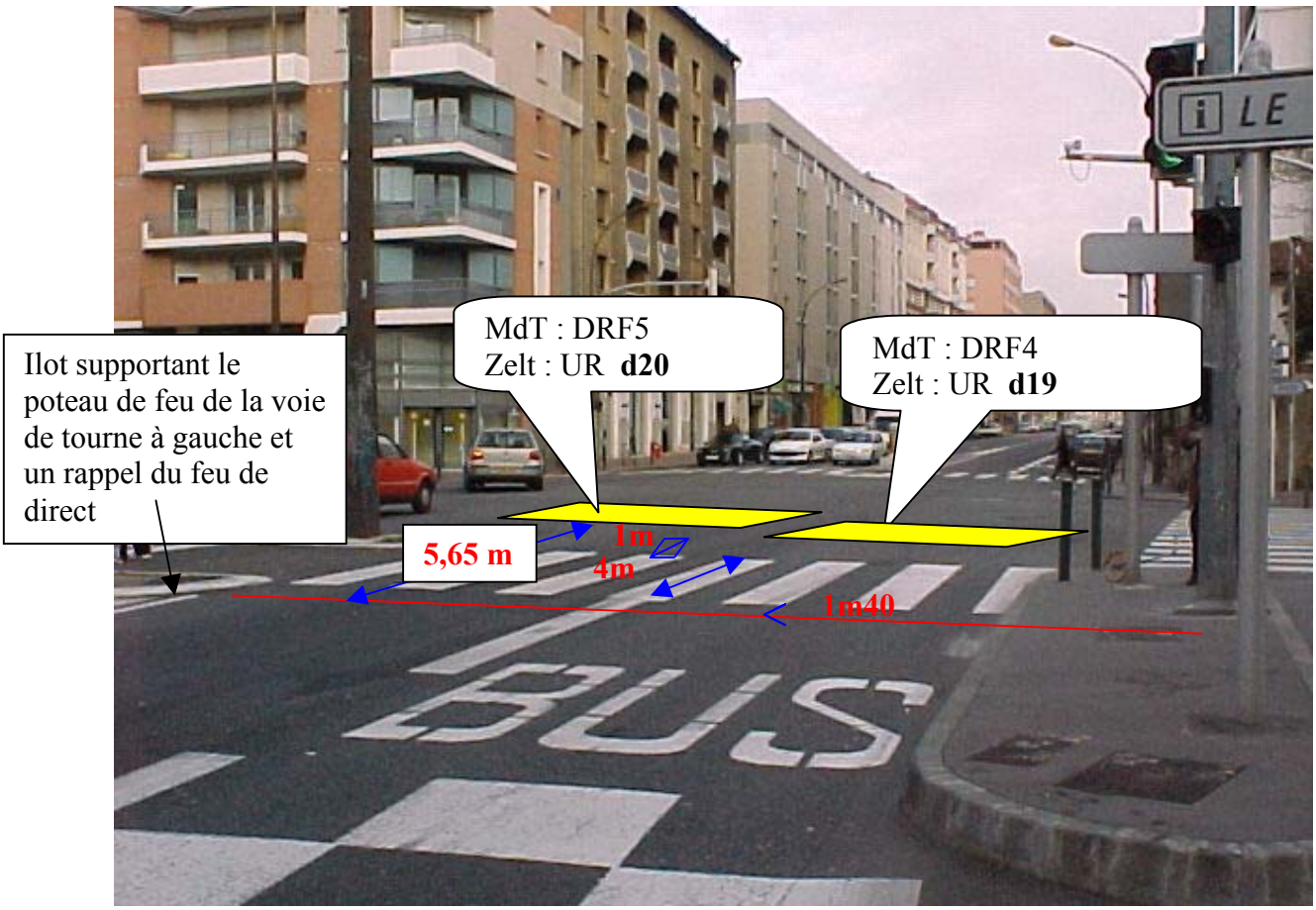


Commentaires :

Vu la distance importante (4m40) entre la ligne d'effet théorique des feux et le poteau l'implantation de la (ou des) boucle(s) sera possible dans une zone de 1m20 entre le poteau de feu et le début du marquage du P.P., en la positionnant au ras du P.P. comme par exemple figuré dans la zone jaune. Si ce choix n'était pas fait, la zone verte d'au moins 1m au delà du P.P. n'est traversée par aucun flux de véhicules gênants.

Raccordement : chambre de tirage ZELT dans l'angle du trottoir droit.

CARREFOUR de l'URSS – ENTREE AVENUE DE L'URSS

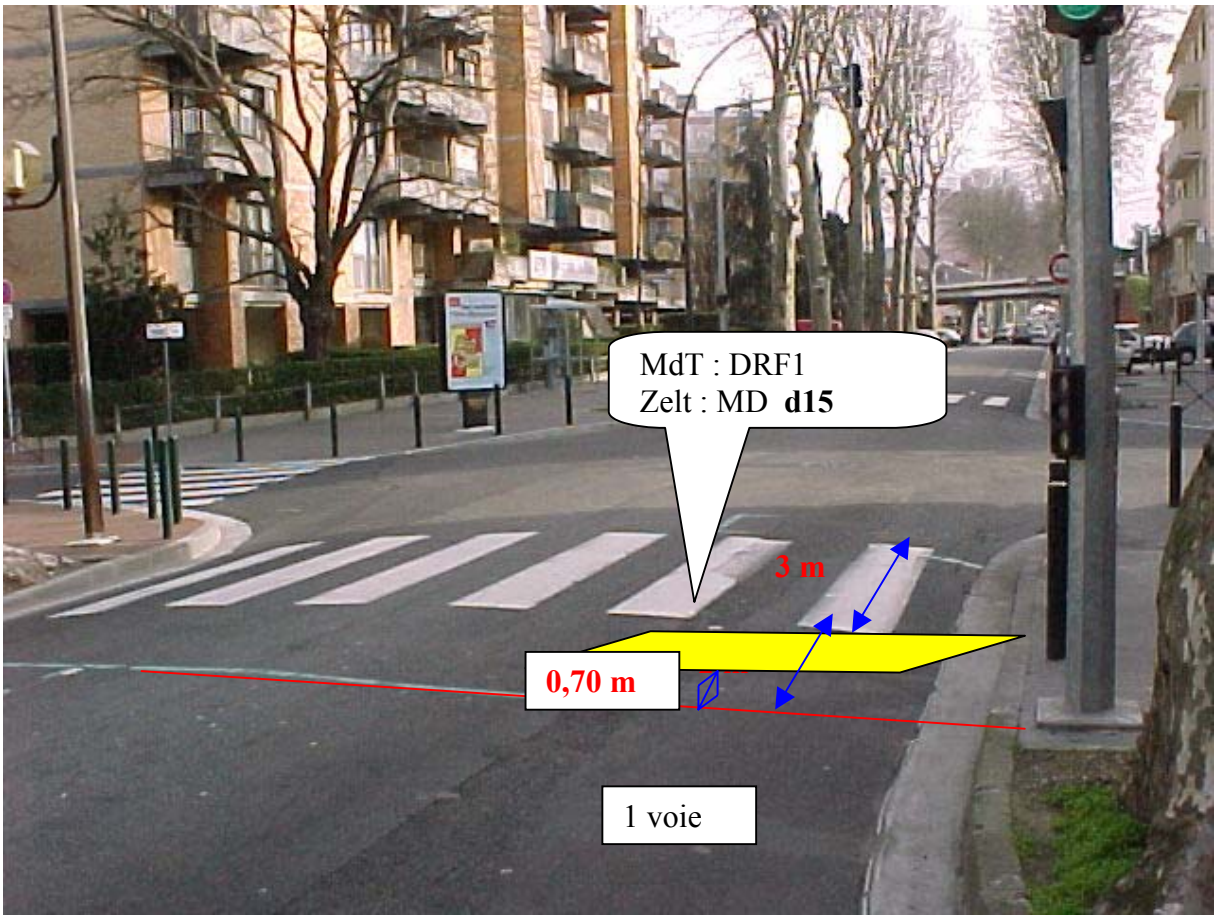


Commentaires :

La zone jaune au delà du passage piéton, au droit de l'îlot central supportant l'éclairage n'est traversée par aucun flux gênant, c'est un emplacement possible pour la boucle. L'espace de 1m40 entre le poteau de feu et le début du marquage du P.P. risque par contre de supporter des véhicules avancés, d'autant que le feu situé à gauche de la voie véhicules est situé à 70 cm au delà de la ligne (rouge) d'effet du feu de droite. La voie de tourne à gauche de cette entrée, située à gauche de l'îlot séparateur (véhicules gris et rouge de la photo) ne pourra être traitée, car il y a ambiguïté totale entre les véhicules de ce flux et ceux du tourne à gauche de Delacourtie et même du direct de la rue St Michel. De plus, cette voie n'avait pas été traitée lors de l'étude précédente.

Raccordement : chambre de tirage Ville sur l'îlot central supportant les poteaux de feu

CARREFOUR MIDI CRAMPEL : ENTREE CRAMPEL côté URSS

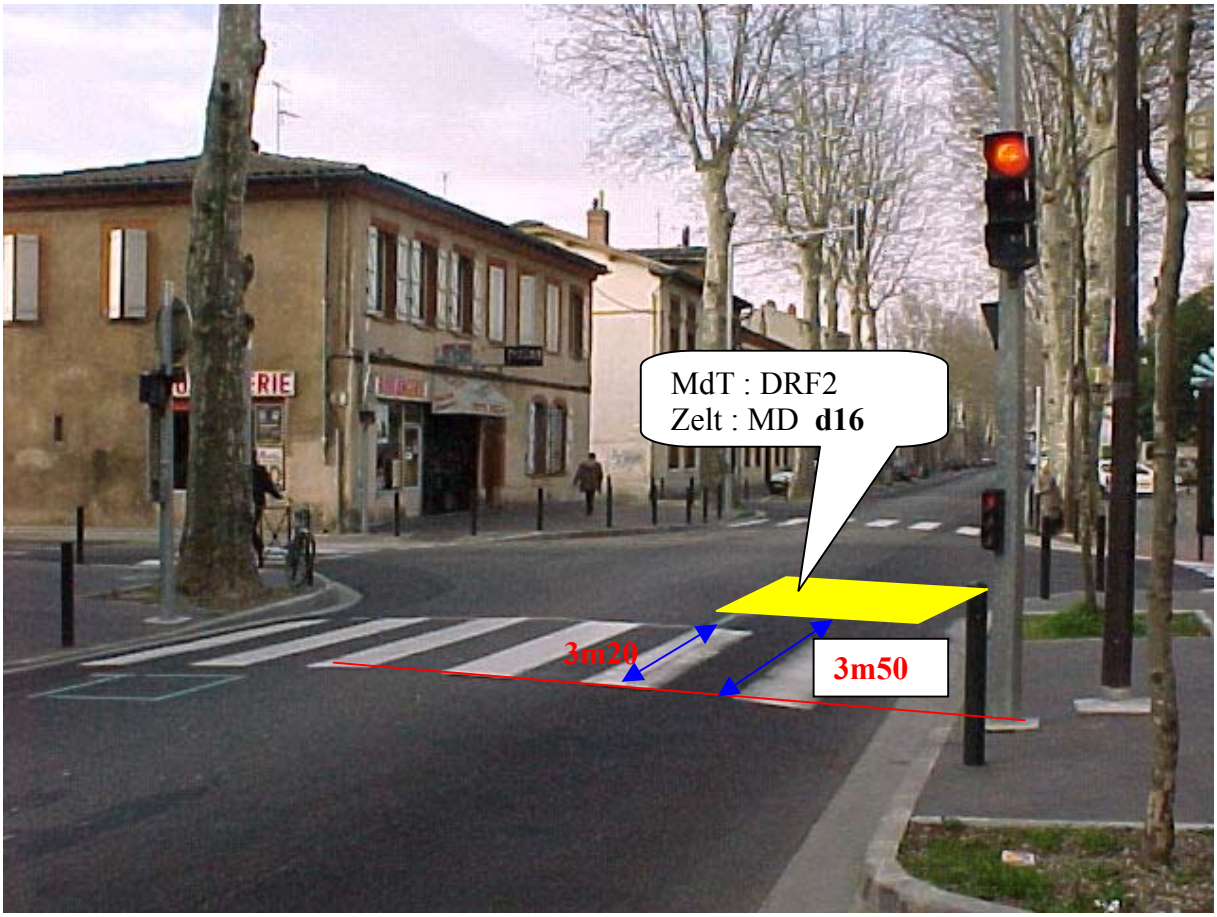


Commentaires :

Vu la distance de 2m entre la ligne de feu théorique (ligne rouge non matérialisée) et le marquage du P.P., l'implantation d'une boucle dans la zone jaune au ras du P.P. semble raisonnable. Toutefois, si on l'implantait au delà du P.P., il faudrait se limiter au début de la deuxième barre blanche du marquage pour éviter les risques d'empiètement par les tourne à gauche de la rue du Midi. Un marquage au sol de la ligne de feu est souhaitable pour limiter l'approche des véhicules en deçà du poteau.

Raccordement : chambre de tirage Ville et ZELT à proximité du poteau de feu.

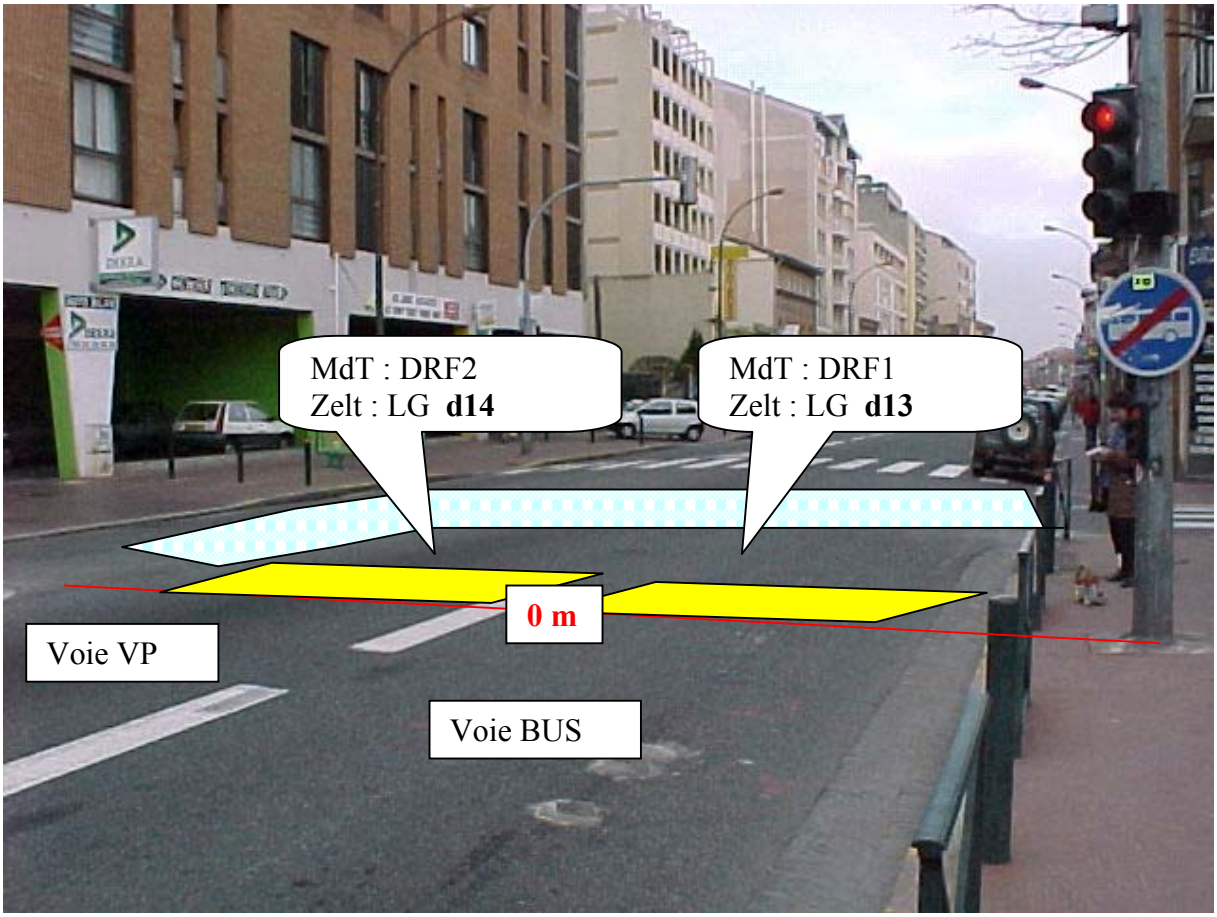
CARREFOUR MIDI CRAMPEL : entrée CRAMPEL côté Demoiselles



Commentaires : possibilité d'implantation de la boucle au ras du P.P. mais attention à ne pas dépasser (comme dans la zone jaune figurée sur la photo) la deuxième barre blanche du passage piéton, pour éviter l'empiètement par les véhicules en tourne à droite de la rue du Midi.

Raccordement : chambre de tirage Ville à proximité du poteau de feu.

CARREFOUR LE GORP Entrée Rue St MICHEL côté URSS



Commentaires :

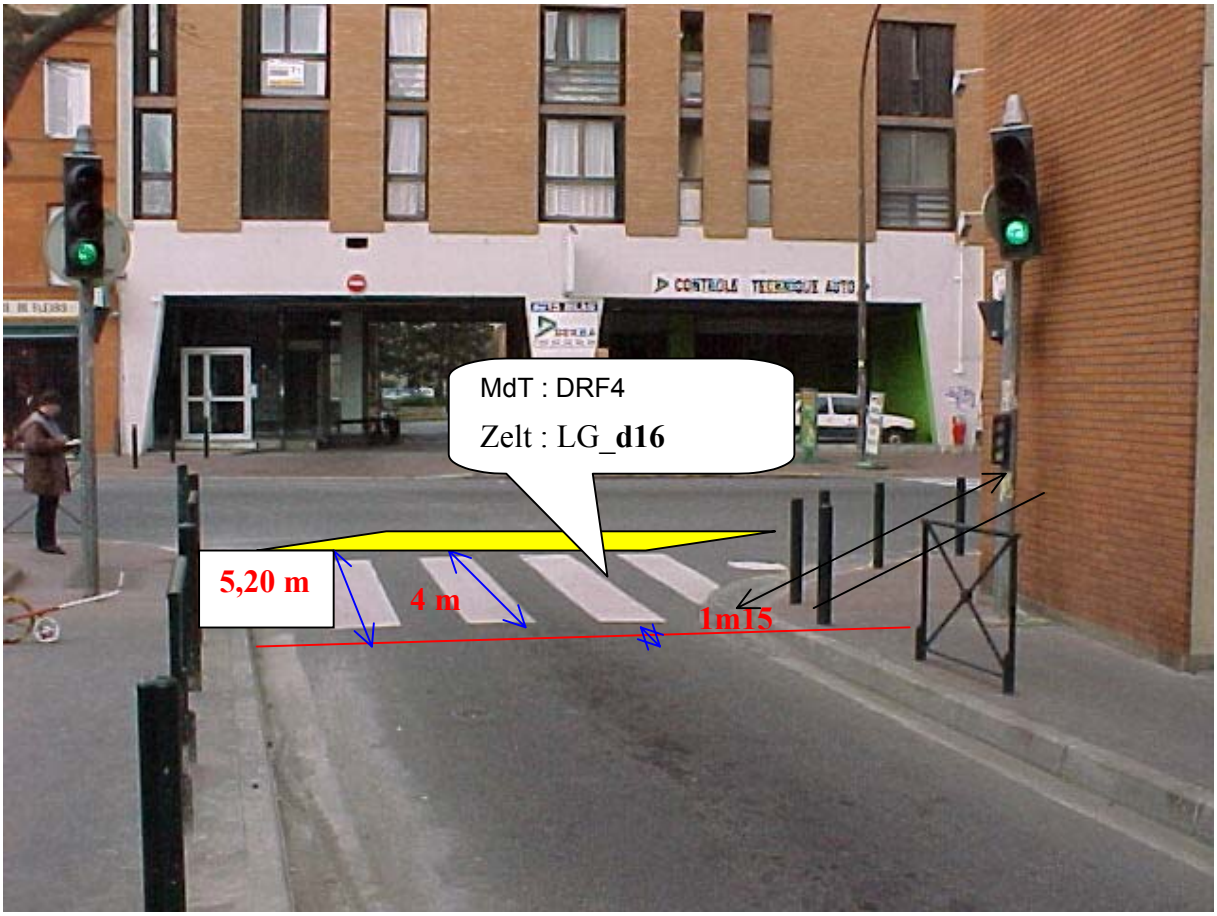
Aucun marquage au sol n'est disponible : ni ligne d'effet des feux, ni passage piéton. La boucle pourrait être implantée au delà du poteau (zone jaune).

Un marquage de la ligne d'effet du feu en amont du poteau serait souhaitable.

A priori, pas de risques d'empiètement par les véhicules en tourne à gauche de la rue du Gorp (zone bleu clair).

Raccordement à l'armoire ou à la chambre de tirage à proximité du poteau de feu (à préciser).

CARREFOUR LE GORP Entrée Rue du GORP

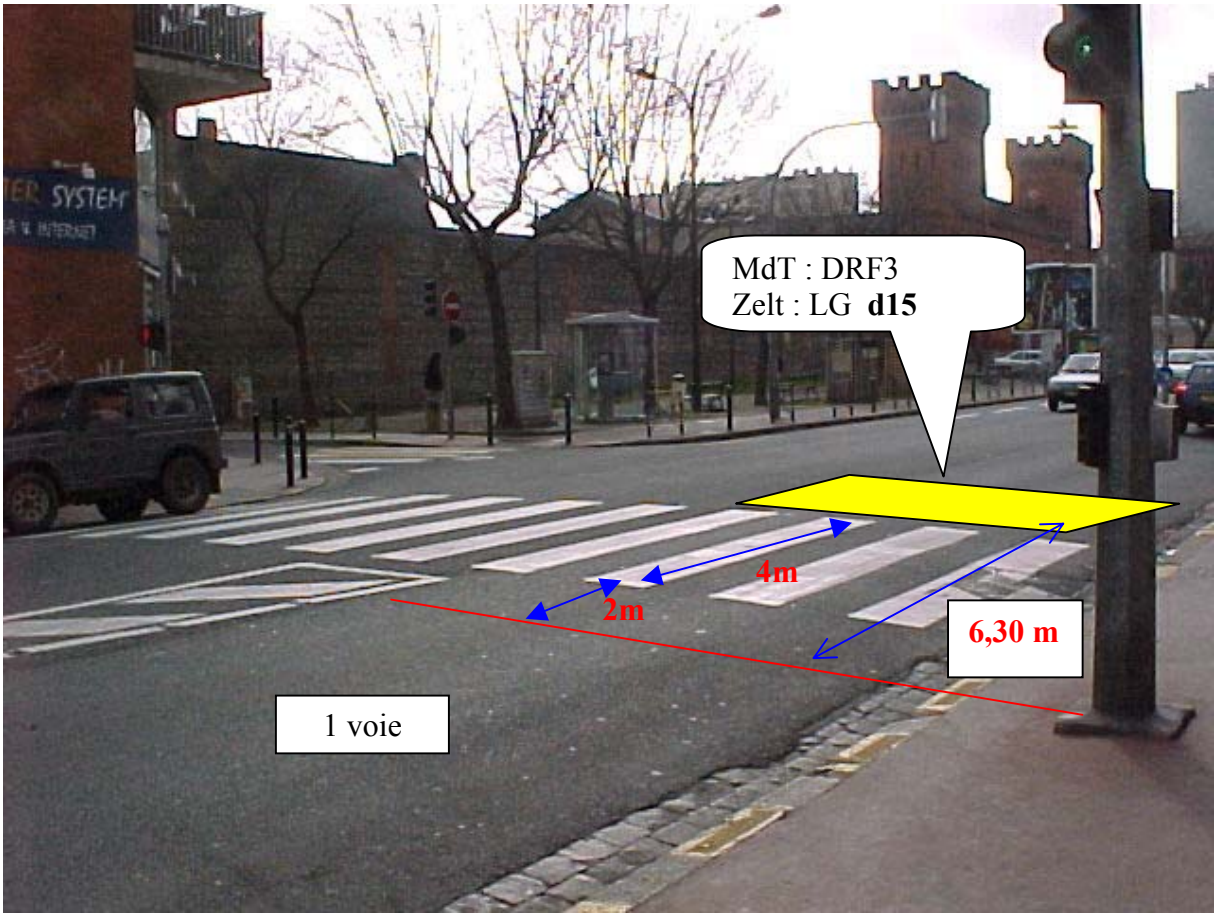


Commentaires :

Il est possible d'implanter la boucle dans la zone jaune de 50 cm au delà du marquage du P.P. sans risques à priori qu'elle soit influencée par les mouvements directs de la rue St Michel.

Raccordement : chambre de tirage ZELT en amont du poteau de feu

CARREFOUR LE GORP Entrée Rue St MICHEL côté NOTRE DAME

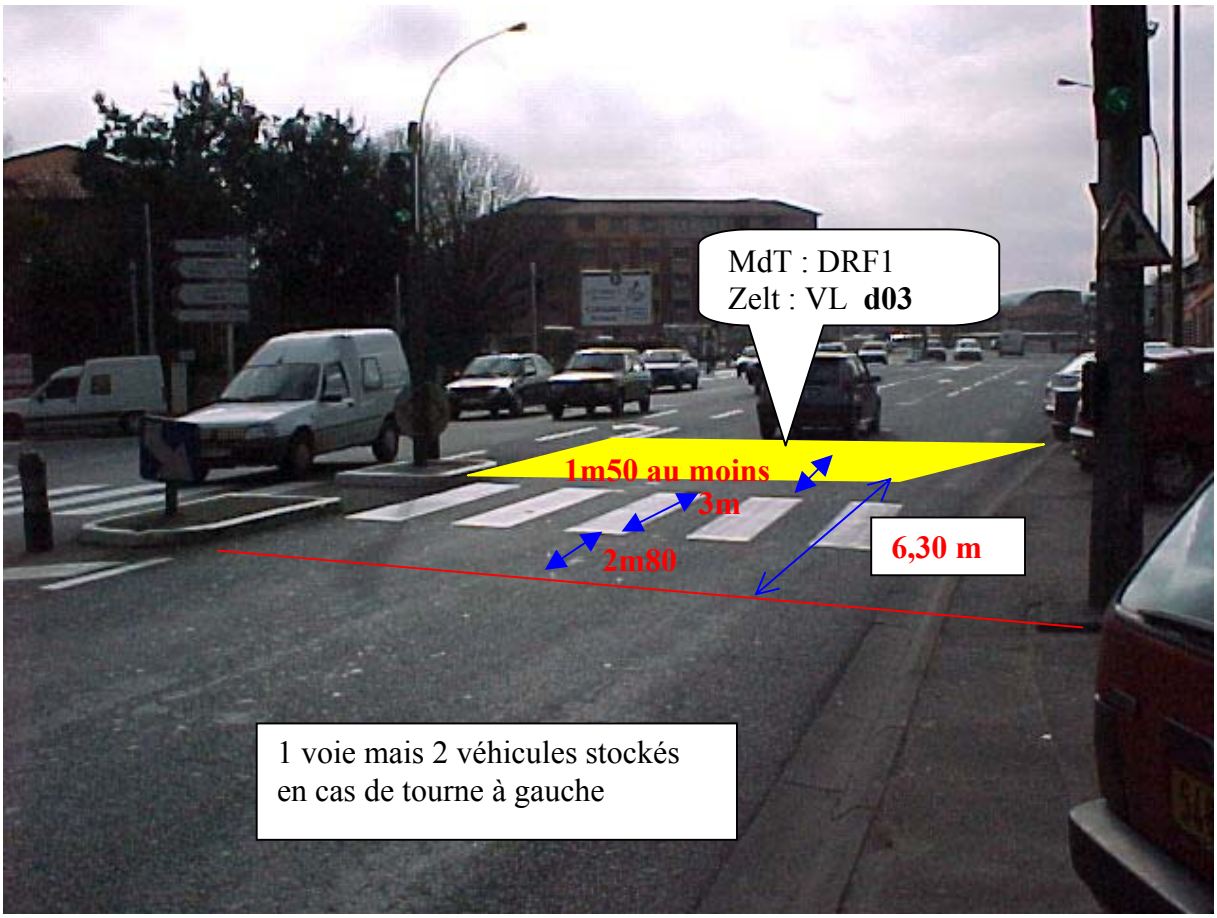


Commentaires :

Pas de risques d'empiètement par des véhicules gênants dans la zone jaune limitée à la 4ème barre blanche du marquage du P.P.

Raccordement à la chambre de tirage ZELT située sur le trottoir droit relativement loin (une vingtaine de mètres).

CARREFOUR VIALA ENTREE AV. JULES JULIEN côté URSS



Commentaires :

Pas de problème d'implantation dans la zone d'au moins 1m50 située au delà du P.P. au droit de l'îlot supportant le poteau de rappel du feu.

Raccordement à la chambre de tirage située sur cet îlot central supportant le rappel du feu.

Annexe 2 : Réalisation et test d'un système portable de détection et enregistrement des franchissements du feu rouge

REALISATION ET TEST D'UN SYSTEME PORTABLE DE DETECTION ET ENREGISTREMENT DES FRANCHISSEMENTS DU FEU ROUGE

Conception et réalisation du système électronique : **Bernard DOOSE**
Programmation du PSION et tests : **Catherine BARTHE**

Version 1.3
13 / 04/ 2000

DESCRIPTION DU SYSTEME DE DETECTION

Le système est composé d'un boîtier ELECTRONIQUE connecté à un micro-ordinateur portable PSION modifié.

Le boîtier ELECTRONIQUE a été conçu et réalisé entièrement par Bernard DOOSE au laboratoire d'électronique de la ZELT.

- Il reçoit en entrée les informations de couleur du feu (vert, jaune, rouge) en provenance directe des lignes de feux (110 V~ à 220 V~)
- il assure la détection de véhicules par boucle électromagnétique placée au niveau de la ligne de feu[15].

En sortie, il génère les impulsions correspondant aux 4 types d'événements (passage au vert, jaune, rouge du feu et détection de véhicules), impulsions qui sont traduites et transmises au micro PSION modifié, comme l'appui respectivement sur les touches D, C, B, A. Précisons que la modification du micro portable PSION permet également d'alimenter le PSION par le boîtier électronique, évitant ainsi l'utilisation de la pile du PSION[16].

Au niveau du PSION, un programme écrit en langage OPL (langage propre au PSION) permet de stocker sous forme de fichier texte les informations suivantes :
- code 2 + horodate du passage du feu au vert
- code 0 + nombre de véhicules passés dans le vert (enregistré au moment du passage du feu au jaune)
- code 4 + horodate du passage du feu au rouge
- code 6 + horodate du passage d'un véhicule alors que le feu est jaune
- code 8 + horodate du passage d'un véhicule alors que le feu est rouge

L'horodate est exprimée en secondes à partir de 0 heures (c'est à dire 3600*heure + 60*minute + seconde de l'horloge système du PSION). Elle est codée sur deux caractères après écriture en base 250. Si l'horodate dépasse 62500 (250*250), le code est augmenté de 1 dans le premier octet (c'est à dire par exemple qu'un passage au vert est codé 2 au premier octet si l'heure est inférieure à 62500, et est codé 3 au premier octet si l'heure est supérieure à 62500.

---

[15] La position et la forme de la boucle sont déterminants pour l'efficacité et la crédibilité du système dans l'optique de la détection des franchissements du rouge. Il faut en particulier que la boucle soit suffisamment avancée pour ne pas détecter les véhicules à l'arrêt au feu rouge, qu'elle ne risque pas de gêner la traversée des piétons, qu'elle ne détecte pas les flux transversaux ....Les problèmes liés au positionnement de la boucle ne seront pas traités dans la présente note.

[16] En cas de débranchement du boîtier électronique, le relais d'alimentation est repris par la pile du PSION, de sorte qu'il n'y ait pas de risque de perte de données

PROBLEMES LIES A LA TAILLE DES FICHIERS PRODUITS SUR PSION

Comme on l'a décrit ci-dessus, l'enregistrement d'un événement (changement de couleur de feu ou passage d'un véhicule au jaune ou au rouge) nécessite 3 octets.

Le matériel PSION utilisé pour le prototype testé ici est un ORGANISEUR II type CM.

Disposant de matériel plus récent et plus performant ORGANISEUR II de type XP, nous pourrons effectuer des comparaisons de performance entre les deux types de matériel en fonctionnement manuel (c'est à dire appui manuel sur les touches en remplacement des sorties du boîtier détecteur).

Estimation de la taille d'un fichier pour une journée de trafic :

Nombre d'événements par cycle de feu :
- en nombre fixe : 3 (passage du feu au vert, nombre de véhicules passés au vert, passage du feu au rouge)
- en nombre variable : véhicules passés au jaune ou au rouge, nombre estimé à 2

soit pour une durée moyenne de cycle de 60 secondes, un nombre journalier d'événements de 1440*5 = 7200, d'où une taille de fichier à stocker de 21600 octets.

Le PSION peut utiliser deux types de mémoire pour stocker les fichiers :

- la mémoire centrale d'accès immédiat mais de capacité très limitée. Compte tenu des zones de mémoire utilisées par le système, dans la configuration nécessaire à l'exécution du programme nous avons mesuré la capacité utilisable pour stocker les fichiers de données : elle est d'environ 3600 octets sur le modèle CM et 14400 sur le modèle XP

- le pack additionnel type EPROM d'accès très lent, de capacité 64 K

- le pack additionnel de type FLASH d'accès lent, de capacité 128 K. Le pack de mémoire FLASH n'est pas supporté par le PSION de type CM.

Vu les limitations de capacité de la mémoire centrale, le stockage final sur pack additionnel est obligatoire. Nous testerons trois versions du programme différant par la fréquence et le moment d'écriture sur le pack additionnel :

- version 1 : on stocke les informations en mémoire centrale jusqu'à que celle-ci soit pleine, on transfère alors le fichier sur le pack

- version 2 : on stocke les informations de 30 événements (soit 90 octets) en mémoire centrale avant d'écrire sur le pack

- version 3 : on accède au pack pour l'écriture de chaque événement (soit 3 octets)

La limitation du processus provient du fait qu'il est impossible d'enregistrer des événements pendant l'écriture sur le pack (ou du moins pendant la première partie de ce temps).

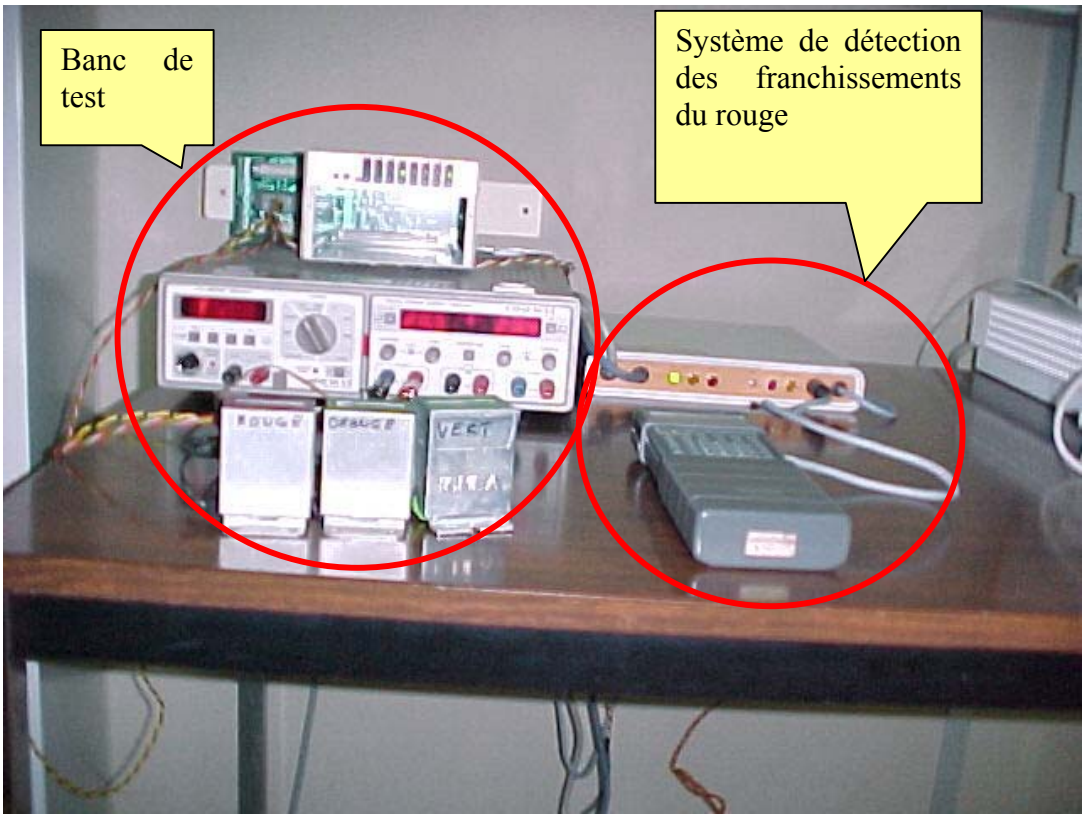
Dans toutes les versions, on observera un gain de performance possible avec le modèle XP de par la rapidité d'écriture sur le pack FLASH 128K utilisable seulement sur ce modèle. En version 1, le modèle XP permettra en plus l'utilisation d'une plus grande capacité de la mémoire centrale.

BANC DE TEST DU SYSTEME

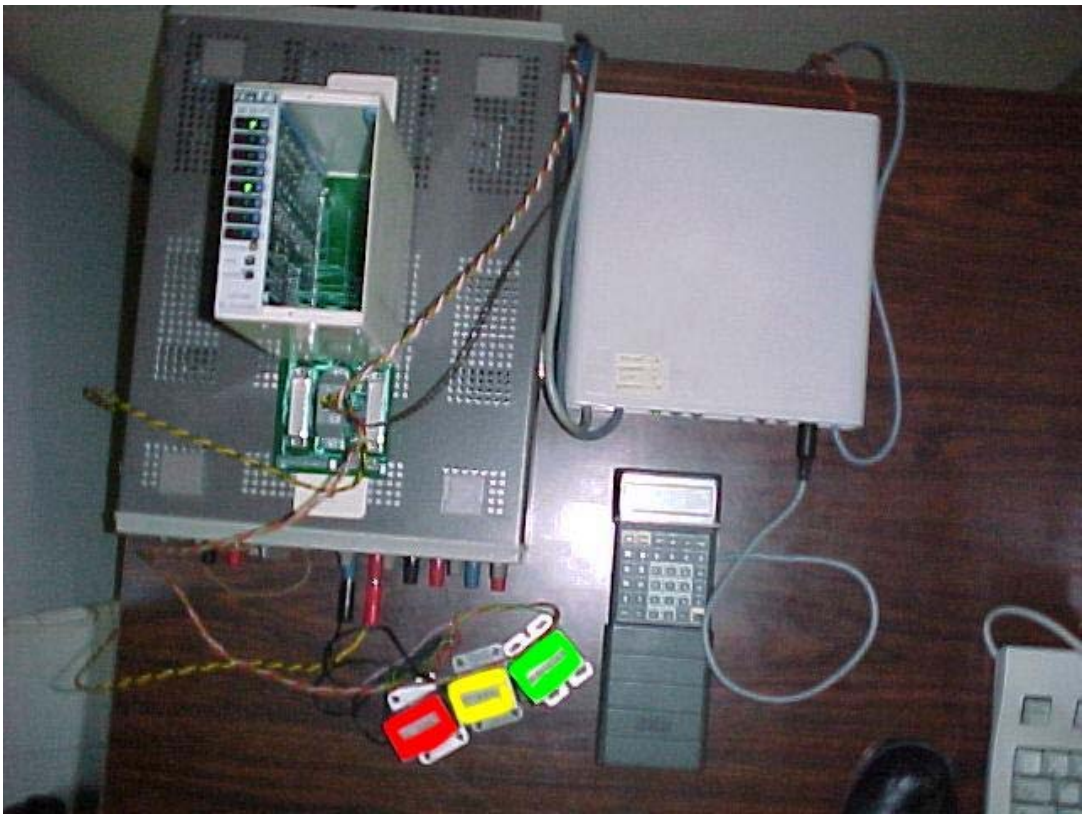
Un banc de test a été réalisé pour tester la fiabilité et les performances du système. A été adjoint au système décrit ci-dessus (boîtier ELECTRONIQUE + PSION) un générateur de signaux de feux et de véhicules détectés branché en amont du boîtier électronique, et un ensemble de compteurs électromécaniques des véhicules générés suivant la couleur du feu au moment du passage du véhicule.

Vue de face de l'ensemble du banc de test avec :
A droite : l'ordinateur PC sur lequel sont traités les fichiers après transfert depuis le PSION
A l'arrière à gauche : le générateur
A l'avant à gauche : les compteurs électromécaniques
A l'arrière au milieu : le boîtier détecteur
A l'avant au milieu : le PSION – ORGANISEUR II modèle CM

Zoom sur le banc de test (sauf PC) - vue de face



Zoom sur le banc de test (sauf PC) - vue de dessus



Quelles incertitudes à lever ?

Les impulsions générées par le boîtier électronique et envoyées au PSION ont une durée rigoureusement exacte (précision du quartz) de 1/10ème de seconde, et ne se chevauchent pas (le PSION ne gère pas des appuis simultanés de touches). Il y a une incertitude dans la façon dont des événements très rapprochés vont être interprétés par le programme PSION. La comparaison des nombres de véhicules enregistrés sur PSION avec les résultats sans possibilité d'erreur des compteurs électromagnétiques nous permettra d'en évaluer les conséquences, cependant minimes en regard des pertes dues au temps d'écriture sur pack.

RESULTATS DES PREMIERS TESTS

Tests manuels de capacité mémoire et temps d'écriture sur pack

Comparaison des PSION ORGANISEUR type CM pack mémoire EPROM 64K et type XP pack mémoire FLASH 128K

	CM	XP
Capacité utilisable en mémoire centrale : soit en nombre d'événements	3600 octets 1200 év.	14400 octets 4800 év.
Durée de recopie du fichier sur pack	9 mn	1 mn

Test utilisant le générateur de feux et véhicules

TEST N°1

Conditions du test : **STOCKAGE SUR PACK EN FIN DE TEST (durée de test telle que la taille du fichier produit ne dépasse pas la capacité de la mémoire centrale)**			
Durée du test : 1h20	Nombre d'événements en sortie du PSION	Nombre réel de véhicules générés	Ecart en % (PSION – REEL)
Nombre de passages du feu au vert	80		
Nombre de passages du feu au jaune	79		
Nombre de passages du feu au rouge	79		
Nombre de véhicules passés au vert	674	678	- 0,6 %
Nombre de véhicules passés au jaune	69	69	0 %
Nombre de véhicules passés au rouge	236	237	- 0,4 %
Nombre total de véhicules passés	979	984	-0,5 %
Nombre total d'événements[17] stockés sur fichier en sortie du PSION	543		
Durée approximative de stockage sur pack EPROM 64K	2 mn		

TEST N°2

(conditions identiques au test N°1 sauf la durée)

Conditions du test : **STOCKAGE SUR PACK EN FIN DE TEST (durée de test telle que la taille du fichier produit ne dépasse pas la capacité de la mémoire centrale)**			
Durée du test : 2h45	Nombre d'événements en sortie du PSION	Nombre réel de véhicules générés	Ecart en % (PSION – REEL)
Nombre de passages du feu au vert	163		
Nombre de passages du feu au jaune	163		
Nombre de passages du feu au rouge	163		
Nombre de véhicules passés au vert	1391	1390	- 0,6 %
Nombre de véhicules passés au jaune	144	142	+ 1,4 %
Nombre de véhicules passés au rouge	485	488	+ 0,07 %
Nombre total de véhicules passés	2020	2020	0 %
Nombre total d'événements[18] stockés sur fichier en sortie du PSION	1118		
Durée approximative de stockage sur pack EPROM 64K	4 mn		

[17] Taille du fichier = 3 * nombre d'événements

[18] Taille du fichier = 3 * nombre d'événements

Le nombre total de véhicules saisis par PSION est identique au nombre total de véhicules générés, les différences apparaissant dans la répartition suivant l'état du feu s'expliquant vraisemblablement par l'interprétation des événements très rapprochés.

TEST N°3

Conditions du test : **STOCKAGE SUR PACK TOUS LES 30 EVENEMENTS**			
Durée du test : 1h30	Nombre d'événements en sortie du PSION	Nombre réel de véhicules générés	Ecart en % (PSION – REEL)
Nombre de passages du feu au vert	90		
Nombre de passages du feu au jaune	89		
Nombre de passages du feu au rouge	84		
Nombre de véhicules passés au vert	752	765	- 1,7 %
Nombre de véhicules passés au jaune	87	79	+ 10,1 %
Nombre de véhicules passés au rouge	248	267	- 7,1 %
Nombre total de véhicules passés	1087	1111	-2,2 %
Nombre total d'événements[19] stockés sur fichier en sortie du PSION	598		
Durée approximative de stockage sur pack EPROM 64K	Sans objet		

La perte d'événements est manifeste, au niveau des passages du feu rouge (7 % d'événements perdus), cela entraîne des confusions entre véhicules détectés comme passés au jaune alors qu'ils sont effectivement passés dans le rouge. La perte globale est de 2,2 % de véhicules.

TEST N°4

Conditions du test : **STOCKAGE SUR PACK A CHAQUE EVENEMENT**			
Durée du test : 1h04	Nombre d'événements en sortie du PSION	Nombre réel de véhicules générés	Ecart en % (PSION – REEL)
Nombre de passages du feu au vert	64		
Nombre de passages du feu au jaune	64		
Nombre de passages du feu au rouge	52		
Nombre de véhicules passés au vert	544	527	+ 3,2 %
Nombre de véhicules passés au jaune	79	56	+ 29,1 %
Nombre de véhicules passés au rouge	144	189	- 31,2 %
Nombre total de véhicules passés	767	772	-0,6 %
Nombre total d'événements[20] stockés sur fichier en sortie du PSION	403		
Durée approximative de stockage sur pack	Sans objet		

[19] Taille du fichier = 3 * nombre d'événements

[20] Taille du fichier = 3 * nombre d'événements

EPROM 64K			

Le manque global de véhicules est limité (- 0,6 %) mais il est le résultat d'une très forte perte de passages de véhicules au rouge (- 31%) compensée par un sur - comptage des véhicules à la fois dans le jaune et dans le vert.

TEST N°5

Conditions du test : **STOCKAGE SUR PACK QUAND LA MEMOIRE CENTRALE EST PLEINE ET EN FIN DE TEST (durée de test telle que la taille du fichier produit nécessite deux stockages intermédiaires)**			
Durée du test : 7h30	Nombre d'événements en sortie du PSION	Nombre réel de véhicules générés	Ecart en % (PSION – REEL)
Nombre de passages du feu au vert	440		
Nombre de passages du feu au jaune	441		
Nombre de passages du feu au rouge	440		
Nombre de véhicules passés au vert	3762	?[21]	
Nombre de véhicules passés au jaune	388	394	- 1,5 %
Nombre de véhicules passés au rouge	1309	1336	- 2,0 %
Nombre total de véhicules passés (rouge + jaune)	1697	1730	- 1,9 %
Nombre total d'événements[22] stockés sur fichier en sortie du PSION dont au 1ère stockage sur pack au 2ème stockage sur pack à stockage final	3018 1466 1027 527		
Durée approximative de stockage sur pack EPROM 64K Dont durée d'interruption de la saisie lors Du premier stockage Du deuxième stockage	8 mn 3mn 10' 3mn 10'		

Les stockages intermédiaires du fichier sur pack sont intervenus chacun après environ trois heures de fonctionnement et ont duré environ 3 mn, ce qui a occasionné la perte de 1,9 % d'événements.

[21] panne du compteur électromécanique (problème résolu depuis)

[22] Taille du fichier = 3 * nombre d'événements

CONCLUSION

La solution du stockage sur pack quand la mémoire centrale est pleine semble une meilleure option que celle des stockages tous les 30 événements ou à chaque événement. Les performances obtenues ainsi (par stockage lorsque la mémoire est pleine) amènent à la perte d'événements intervenus au moment du stockage sur pack additionnel. Avec un PSION ORGANISEUR II de modèle CM équipé d'un pack EPROM de 64K, la perte en nombre d'événements stockés est estimée à moins de 2%. Sachant que l'utilisation d'un PSION de modèle XP peut permettre un gain de capacité en mémoire centrale (capacité multipliée par 4), et un gain de temps d'accès au pack de type FLASH 128K (temps de stockage estimé divisé par 9), soit un gain de performance estimé dans un rapport de 1 à 36, la fiabilité du système monté sur ce type de matériel pourrait être remarquable.

Tests du dispositif utilisant un modèle PSION plus performant

Les conclusions des paragraphes précédents laissant augurer une amélioration de la fiabilité du système par l'utilisation d'un modèle PSION plus performant, le raccordement du boîtier électronique a été réalisé sur un PSION ORGANISEUR II modèle XP équipé d'un pack mémoire FLASH 128K. Les deux tests réalisés ont donné les résultats suivants.

TEST N°6

Conditions du test : **STOCKAGE SUR PACK QUAND LA MEMOIRE CENTRALE EST PLEINE ET EN FIN DE TEST (durée de test telle que la taille du fichier produit n'a pas nécessité de stockage intermédiaire)**			
Durée du test : 9h	Nombre d'événements en sortie du PSION	Nombre réel de véhicules générés	Ecart en % (PSION – REEL)
Nombre de passages du feu au vert	544		
Nombre de passages du feu au jaune	543		
Nombre de passages du feu au rouge	543		
Nombre de véhicules passés au vert	4631	4629	+ 0,05 %
Nombre de véhicules passés au jaune	484	479	+ 1%
Nombre de véhicules passés au rouge	1617	1629	- 0,7 %
Nombre total de véhicules passés	6732	6737	- 0,07 %
Taille du fichier PSION : 11,5 Koctets			

Sur une période ne nécessitant pas de stockage intermédiaire pour cause de mémoire centrale pleine, on peut conclure à une fiabilité remarquable du système, l'écart relatif du nombre de véhicules enregistrés dans chaque couleur de feu n'excédant pas 1%. On peut d'ailleurs supposer que la sur – estimation des véhicules dans le jaune et la sous – estimation compensatoire des véhicules dans le rouge est due à des problèmes de simultanéité d'événements différemment prise en compte dans le boîtier électronique et dans le PSION.

TEST N°7

Conditions du test : **STOCKAGE SUR PACK QUAND LA MEMOIRE CENTRALE EST PLEINE ET EN FIN DE TEST (durée de test telle que la taille du fichier produit nécessite deux stockages intermédiaires)**			
Durée du test : 33h	Nombre d'événements en sortie du PSION	Nombre réel de véhicules générés	Ecart en % (PSION – REEL)
Nombre de passages du feu au vert	1955		
Nombre de passages du feu au jaune	1956		
Nombre de passages du feu au rouge	1956		
Nombre de véhicules passés au vert	16089	16589	- 3 %
Nombre de véhicules passés au jaune	1666	1708	- 2,5 %
Nombre de véhicules passés au rouge	5608	5840	- 4 %
Nombre total de véhicules passés	23363	24137	- 3,2 %
Nombre d'événements saisis	13111		
Taille du fichier PSION : 40,2 Koctets			
Durée approximative d'un stockage intermédiaire sur pack FLASH 128 K Chaque stockage intervient après la saisie de 6511 événements d'où la capacité d'utilisation de 19,5 K de mémoire centrale	1 mn 45 s		

Ce test permet d'évaluer la perte de données impliquée par la nécessité de stockage des informations sur PACK quand la mémoire centrale est pleine. Chaque stockage intervient après la saisie de 6500 événements[23], il s'accompagne d'une perte sèche de données pendant 1 mn 45 s. Compte tenu des possibles anomalies rencontrées à la reprise de la saisie après stockage (enregistrement possible des véhicules avec une information de couleur de feu fausse), il en résulte une perte globale de véhicules de 3,2 %. On notera que la durée de ce test est pénalisante au regard du taux de perte due au stockage intermédiaire dans la mesure où le test a été arrêté très vite après le deuxième stockage. On aurait eu pratiquement la même perte en valeur absolue si le test avait duré 15 heures de plus, le taux relatif de perte pouvant alors être ramené à environ 2%.

La fiabilité du système paraissant satisfaisante, les tests seront poursuivis in situ sur un carrefour ZELT, avec une boucle de détection spécifiquement positionnée au niveau de la ligne de feu. Les résultats du système portable de franchissement du feu rouge décrit ci – dessus seront comparés avec ceux issus du système ZELT2.

Description détaillée du dispositif électronique et du programme PSION

[23] à la fréquence d'émulation du banc de test, cela représente 16 heures de fonctionnement

Programme PSION : ROUG

1. **Construction du nom de fichier** : Point d'enquête en 4 caractères + 4 caractères indicateurs de la date = Heure + 24 * (jour + 31*mois)

Fichier créé en mémoire centrale sur A :

2. Acquisition des mesures

2.1. Groupement des événements par 30

Saisie d'un événement :

Attente de l'appui sur une touche
Quand une touche est enfoncée, test du code de la touche :

2.1.1 Si touche = D (code 68), passage du feu au vert

a. Procédure Récupération de l'heure :
Récupération de l'heure de l'horloge système H = (heure*3600 + minute*60) + seconde

Si H <= 62500, RAS, code horaire = 0
Si H >62500, code horaire à 1, et H = H – 62500
H est transformé en base 250 puis converti en caractères (fonction CHR$)
Après filtrage de certaines valeurs : 0 devient 251
9 devient 252
10 devient 253
13 devient 254
26 devient 255
ces deux caractères constituent les N° 2 et 3 de l'enregistrement
b. Le 1er caractère est 2 si code horaire = 0 (H <= 62500)
3 si code horaire = 1 (H > 62500)

c. mise à zéro du compteur N des véhicules dans le vert

d. Variable couleur = 1

2.1.2. Si touche = C (code 67) (passage du feu au jaune)

2.1.2.1 Si enchaînement normal, le jaune arrive après le vert (variable couleur est à 1 à ce moment là)

a. Récupération du nombre de véhicules passés au vert (compteur N)

Même procédure que ci-dessus pour le stockage de l'information en 3 caractères
1er caractère = 0 (éventuellement 1 si le nombre de véhicules dépassait 62500)
2ème et 3ème caractères = nombre N en base 250 filtrée

b. variable couleur = 2

2.1.2.2. si enchaînement anormal type jaune après jaune, couvrant par exemple le fonctionnement en jaune clignotant
variable couleur = 4
aucun enregistrement

2.1.3. Si touche = B (code 66), passage du feu au rouge

a. Procédure Récupération de l'heure comme ci -dessus:
En 3 caractères : 2ème et 3ème = heure en base 250 filtrée
Le 1er caractère est 4 si code horaire = 0 (H <= 62500)
5 si code horaire = 1 (H > 62500)

b. code couleur = 3

2.1.4. Si touche = A (code 65), détection d'un véhicule

2.1.4.1. si code couleur = 1 (le feu est vert)
incrémentation du compteur N du nombre de véhicules

2.1.4.2. si code couleur = 2 (le feu est jaune)
Procédure Récupération de l'heure comme ci -dessus:
En 3 caractères : 2ème et 3ème = heure en base 250 filtrée
Le 1er caractère est 6 si code horaire = 0 (H <= 62500)
7 si code horaire = 1 (H > 62500)

2.1.4.3. si code couleur = 3 (le feu est rouge)
Procédure Récupération de l'heure comme ci -dessus:
En 3 caractères : 2ème et 3ème = heure en base 250 filtrée
Le 1er caractère est 8 si code horaire = 0 (H <= 62500)
9 si code horaire = 1 (H > 62500)

2.1.4.4. si code couleur = 4 (le feu est jaune clignotant)
on ne fait rien

2.2. au bout de 30 événements
on écrit l'enregistrement sur A : en mémoire centrale

si mémoire A pleine

on recopie le fichier de A : sur B : (pack du haut)

si procédure de fin enclenchée : (touches SHIFT DEL)

on recopie le fichier stocké sur A : en B : (pack du haut)
on éteint la machine