

Étude sur les vitesses des deux-roues motorisés dans 10 carrefours à feux parisiens

Novembre 2014 v1



Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0.1	05/02/2014	Première version du document de travail
0.2	10/03/2014	Correction de la première version
0.3	17/03/2014	Modifications des parties et graphiques
0.4	20/03/2014	Localisation et configuration des 10 CAF
0.5	12/06/2014	Modifications des graphiques et explications des échantillons
0.6	26/06/2014	Modifications générales et apports de précisions
0.92	Juillet 2014	Version avant validation
0.93	Août 2014	Nouvelle version avant avis et validation
0.95	10/2014	Dernière version pour avis
1	11/2014	Version définitive

Affaire suivie par

Jean-François DURAND - Département Mobilité – Unité SDPV
Tél. : 01 48 38 81 52 / Fax : 01 48 38 81 01
Courriel : Jean-Francois.Durand@cerema.fr
Site de Le Bourget : CEREMA Dter IdF – BP 134 – Rue de l'égalité prolongée – 93 352 Le Bourget Cedex 319

Rédacteur

Emmanuel DANSAUT -Département Mobilité / Unité SDPV

Relecteur

Jean-François DURAND - Département Mobilité / Unité SDPV

Marc LANFRANCHI – Département Voirie / SUD

Participants

Bruno BOURDIER, Ulrich FRONTIN, Jean-François DURAND, Marc LANFRANCHI

Références

n° de dossier : C14TV0024-02

maître d'ouvrage : Dtec TV – Marc LANFRANCHI

Devis n° xx/xxx du jj/mm/aa

Référence(s) site(s)

SOMMAIRE

1 - Synthèse de l'étude.....	4
2 - Introduction	5
3 - Le dispositif technique mis en place pour relever les vitesses des deux-roues motorisés dans les carrefours à feux parisiens.....	6
3.1 - En amont du carrefour.....	6
3.2 - En aval du carrefour	7
3.3 - Le fonctionnement du dispositif et le codage des données.....	8
3.4 - Homogénéisation des conditions d'observation dans les différents carrefours.....	9
3.5 - Incertitude sur la mesure des vitesses.....	10
4 - Les sites de recueil des mesures.....	11
4.1 - Les 10 carrefours à feux parisiens.....	11
4.2 - Description des carrefours.....	11
5 - Cadrage du recueil et de l'analyse des données.....	22
5.1 - Définition des catégories de 2RM retenues dans l'étude.....	22
5.2 - Vitesses mesurées et trajectoires des 2RM.....	23
5.3 - Définition des différentes phases de feux retenues dans l'étude.....	23
5.4 - Définition des indicateurs suivis.....	24
5.5 - Définition du test statistique utilisé.....	24
5.6 - Analyse de la répartition des différentes catégories de 2RM dans les carrefours à feux.....	25
6 - Analyse des vitesses pratiquées en sortie des carrefours à feux selon la catégorie de deux-roues motorisés.....	26
6.1 - Par phase de feu pour les mouvements « tout droit ».....	27
6.2 - Pour les mouvements tournants.....	41
6.3 - Pour les infractionnistes.....	44
7 - Analyse des vitesses pratiquées en entrée et sortie des carrefours à feux selon la catégorie de deux-roues motorisés.....	48
7.1 - Comparaison sans discriminer les types de 2RM.....	51
7.2 - Pour les motos.....	53
7.3 - Pour les « scooters 50+ ».....	54
7.4 - Pour les « scooters 50- ».....	55
8 - Analyse des vitesses aval pratiquées par les deux-roues motorisés selon le type de carrefour à feux.....	56
8.1 - Les carrefours sont-ils comparables ?.....	56
8.2 - Pour les mouvements tournants.....	59
8.3 - Influence du sas.....	60
9 - Conclusion.....	64
10 - Lexique et abréviations.....	67
11 - Annexes.....	69
11.1 - Annexe 1 : liste des 10 carrefours à feux parisiens.....	69
11.2 - Annexe 2 : détail sur le calcul des incertitudes du système.....	70
11.3 - Annexe 3 : Détail du test statistique.....	71
11.4 - Annexe 4 : efficacité des mesures de vitesses.....	72

1 - Synthèse de l'étude

Commanditaire : Délégation à la Sécurité et la Circulation Routières (DSCR) en partenariat avec la Ville de Paris

Mots clés : Deux-roues motorisés (2RM), vitesse, carrefours à feux.

Zone géographique : Paris

Nombre de pages : 77

L'objectif principal de l'étude est l'analyse des comportements des usagers de deux-roues motorisés sous les angles des vitesses pratiquées et des interactions avec les autres usagers dans les carrefours à feux situés en milieu urbain dense. Pour ce faire, un dispositif de mesure de vitesse des deux-roues motorisés couplé à une caméra vidéo a été mis au point et installé pendant une période de 4 heures dans 10 carrefours à feux parisiens. Le présent rapport traite uniquement du volet « vitesse pratiquée ».

L'exploitation des enregistrements vidéos a permis de discriminer les plus de 8000 2RM observés en 3 catégories distinctes :

- les motocyclettes, qui représentent 20 % du trafic 2RM observés
- les scooters de cylindrée > 50 cm³, qui représentent 70 % du trafic 2RM observés
- les scooters de cylindrée < 50 cm³, qui représentent 10 % du trafic 2RM observés

L'exploitation et le traitement statistique des données recueillies a permis d'analyser et comparer les vitesses moyennes pratiquées par chaque catégorie de 2RM selon la phase du feu. L'étude permet de tirer les principaux enseignements suivants :

- Lorsque le feu est au vert ou au jaune, l'étude établit qu'il existe un lien entre la vitesse moyenne pratiquée en aval du carrefour et la catégorie du 2RM. La vitesse moyenne des motocyclettes est supérieure à celle des scooters de cylindrée > 50 cm³, elle-même supérieure à celle des scooters de cylindrée < 50 cm³.
- Environ 1 % des usagers 2RM observés franchissent le feu au rouge. Dans la majorité de ces cas, les usagers 2RM ne cumulent pas avec une infraction à la limitation de vitesse.
- Lorsque le feu est au vert ou au jaune, environ 20 % des usagers de 2RM circulant sans changement de direction pratiquent une vitesse supérieure à la limitation autorisée en aval du carrefour. Dans la plupart des cas, les excès de vitesse enregistrés sont inférieurs à 10km/h. Enfin, l'étude établit qu'il existe un lien entre le taux d'infraction à la vitesse et la catégorie du 2RM. La proportion d'infractionnistes à la vitesse est la plus importante pour les motocyclettes et la moins importante pour les scooters de cylindrée < 50 cm³.
- Quelle que soit la phase du feu (vert, jaune, ou rouge), la vitesse moyenne des usagers 2RM est significativement plus élevée en aval du carrefour qu'en amont.

En revanche, la comparaison des vitesses moyennes enregistrées dans chaque carrefour s'est avérée non concluante en raison des trop grandes disparités des caractéristiques des carrefours (aménagement, régime de circulation, trafic tous véhicules...).

La poursuite de cette étude par instrumentation de carrefours à feux supplémentaires situés dans d'autres villes à fort trafic 2RM permettrait de consolider ces résultats ou de dégager des tendances géographiques particulières. Un choix pertinent de carrefours présentant des caractéristiques communes permettrait éventuellement d'envisager une corrélation entre « aménagement du carrefour » et « vitesse pratiquée par les 2RM ».

2 - Introduction

Le conducteur de deux-roues motorisé (2RM) est un usager protéiforme. Selon son type d'engin et son motif de déplacement il peut se comporter de manière sensiblement différente et se retrouver confronté à des problématiques d'insécurité variées. De même, certains facteurs accidentogènes sont plus ou moins prééminents selon que l'utilisateur de 2RM circule dans un environnement densément urbanisé ou en rase campagne.

En milieu interurbain, la pratique d'une vitesse inadaptée est l'un des principaux facteurs accidentogènes avérés pour les motocyclistes. De nombreuses études consacrées aux 2RM se sont ainsi intéressées à cette problématique. En revanche, à notre connaissance, peu de travaux ont été menés sur les vitesses de circulation pratiquées par les 2RM en milieu urbain, vraisemblablement parce qu'en ville, d'autres facteurs accidentogènes émergent plus fréquemment en raison des limitations de vitesse plus contraintes, de la plus forte complexité de l'environnement de circulation et des nombreuses interactions avec de multiples catégories d'utilisateurs en déplacement.

Or, d'après le bilan 2012 de l'accidentalité établi par l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, 34 % des motocyclistes et 50 % des cyclomoteuristes tués sont recensés en milieu urbain. De plus, les conducteurs et passagers de 2RM sont considérés comme des utilisateurs vulnérables, particulièrement exposés au risque routier et pouvant subir de graves blessures corporelles, y compris dans les accidents qui surviennent à une vitesse inférieure à la limitation de 50km/h généralement prescrite en ville. Enfin, la concentration de population et la pluralité des modes de déplacements en milieu urbain génèrent de nombreux types de conflits entre utilisateurs. Par exemple, celui opposant un 2RM « lancé » et un piéton traversant une chaussée en aval d'un carrefour à feux, semble particulièrement sujet à la problématique d'une pratique du 2RM à vitesse inadaptée.

C'est sur ce postulat que la DSCR, en partenariat avec la ville de Paris, a mandaté le Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA) et le Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques (CEESAR) pour réaliser une étude relative au comportement des 2RM dans 10 carrefours à feux parisiens. La méthodologie consistait à réaliser un dispositif de mesures des vitesses pratiquées par les 2RM couplé à un système vidéo afin de recueillir les données nécessaires pour analyser le comportement général des 2RM dans les carrefours à feux.

Le présent rapport traite du volet « vitesse » des 2RM dans les carrefours à feux parisiens à partir des nombreuses données recueillies par le dispositif mis en place. Un second volet traite des « interactions entre 2RM et autres utilisateurs » à partir de l'analyse des vidéos enregistrées lors de l'instrumentation des mêmes carrefours à feux.

3 - Le dispositif technique mis en place pour relever les vitesses des deux-roues motorisés dans les carrefours à feux parisiens¹

Dans le cadre de cette étude, le dispositif de mesures des vitesses des 2RM a été installé sur un seul axe de circulation de chacun des 10 carrefours à feux sélectionnés. Pour faciliter la compréhension des analyses présentées dans cette étude, nous définissons par convention :

« Rue mesurée » : Rue équipée du dispositif de mesures des vitesses des 2RM en amont et en aval de l'intersection

« Rue croisée » : Rue du carrefour sécante à la rue mesurée

3.1 - En amont du carrefour

Le matériel amont est composé de deux barrières : une côté feu avec deux émetteurs laser et une autre à l'opposée avec des réflecteurs pour le repérage des véhicules. Trois cellules sont collées sur les indicateurs vert, jaune et rouge du feu tricolore pour le comptage des cycles. Sur la structure du feu est fixée la lampe de synchronisation², ainsi qu'un boîtier d'enregistrement et son boîtier d'alimentation.



Illustration 1: Les barrières en amont

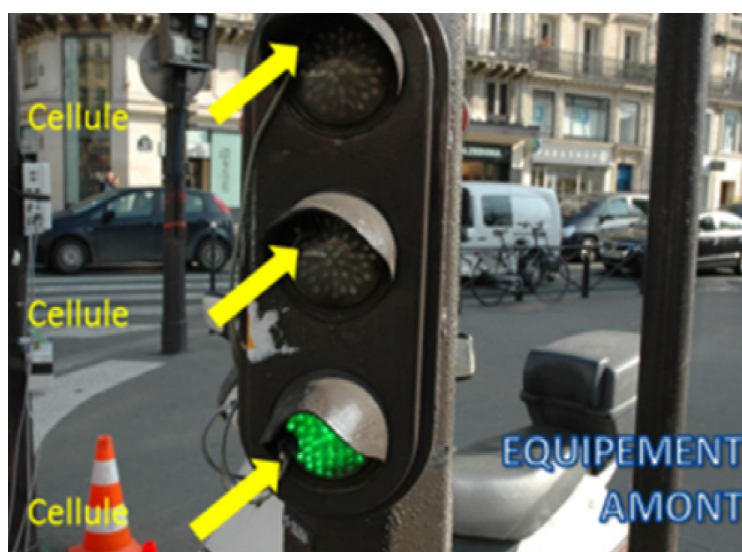


Illustration 2: Les cellules équipant le feu tricolore

Remarques : Les cônes oranges sont ici un peu avancés sur la photo pour bien visualiser le dispositif. Lors des expérimentations, ils servaient à la sécurisation de l'ensemble des banderoles afin que les piétons ne restent pas devant les cellules ou que des véhicules ne viennent pas gêner les mesures lors d'un stationnement.

¹Cf rapport du CEESAR : Mesure de la vitesse des deux roues motorisés en carrefours à feu - Paris

²Lampe servant à synchroniser la vidéo avec les mesures pour le phasage des feux
« Vitesses des 2RM dans 10 CAF parisiens » Cerema-DTer IdF- 6 -



Illustration 4: La lampe de synchronisation vidéo

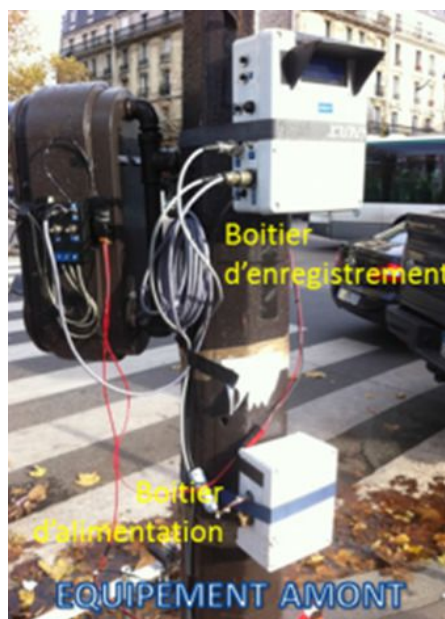


Illustration 3: Le dispositif d'enregistrement

3.2 - En aval du carrefour

En aval, l'instrumentation au niveau des barrières est identique à celle en amont.

Un caméscope est ajouté au sommet d'un bras télescopique à environ quatre mètres du sol pour avoir une vue d'ensemble du carrefour. La scène filmée par la caméra comprend la totalité du carrefour, une partie de la rue sécante, la lampe de synchronisation ainsi que les barrières amont et aval du dispositif.



Illustration 5: Le dispositif d'enregistrement



Illustration 7: Les barrières en aval



Illustration 6: Le mat télescopique et le caméscope

3.3 - Le fonctionnement du dispositif et le codage des données

Afin de mieux comprendre comment fonctionne le dispositif, voici le déroulement type d'une exploitation³ :

- La figure ci-dessous représente une vue d'un carrefour quelques instants avant que le feu ne passe au vert. La lampe de synchronisation vidéo est allumée, indiquant la couleur rouge du feu.

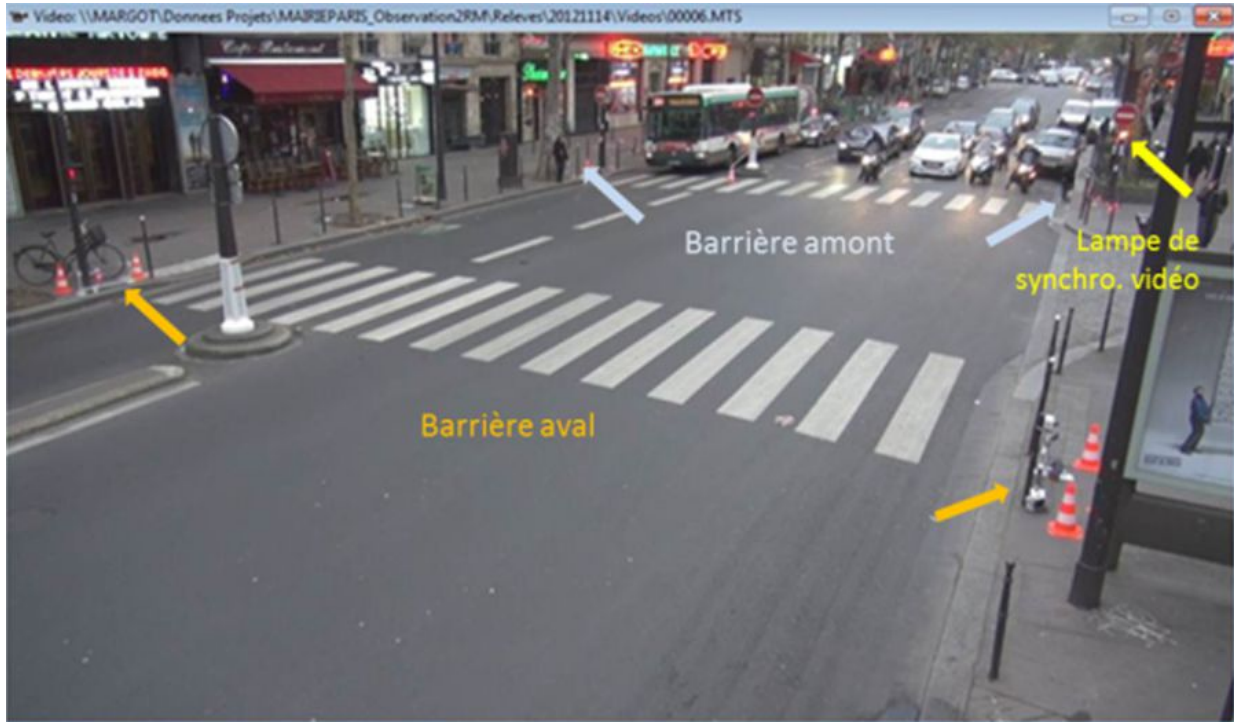


Illustration 8: Photographie illustrant un carrefour au feu rouge sur la rue mesurée

- La figure suivante représente un scooter au moment où il passe la barrière aval, la lampe de synchronisation est éteinte (feu vert), les barrières enregistrent les passages des véhicules. La synchronisation des données entre les deux barrières (amont et aval) est automatique, grâce aux signaux radio échangés pendant l'acquisition.



Illustration 9: Photographie illustrant le cas typique d'une mesure de vitesse

³Source : Rapport CEESAR

- Enfin, la dernière figure représente le codage d'un cycle (période feu vert). Le signal supérieur correspond au comptage de la barrière amont, et le signal inférieur à la barrière aval. Lorsque le scooter, de la figure précédente, passe la barrière aval à la vidéo, les fronts montants sont détectés et correspondent à une vitesse de 52,9 km/h. Cette vitesse est validée en bas à droite de l'interface. Le signal suivant montre le passage de la voiture qui n'est pas codé par l'opérateur. Ce cas est simple, car il y a peu de circulation. Parfois des vitesses de deux-roues motorisés ne peuvent pas être codées du fait des encombrements, lorsqu'un scooter ou une moto passent exactement à la même hauteur qu'une voiture⁴. Lorsqu'il n'était pas possible de détecter les fronts montants (avant du véhicule), les fronts descendants sont exploités (arrière du véhicule).

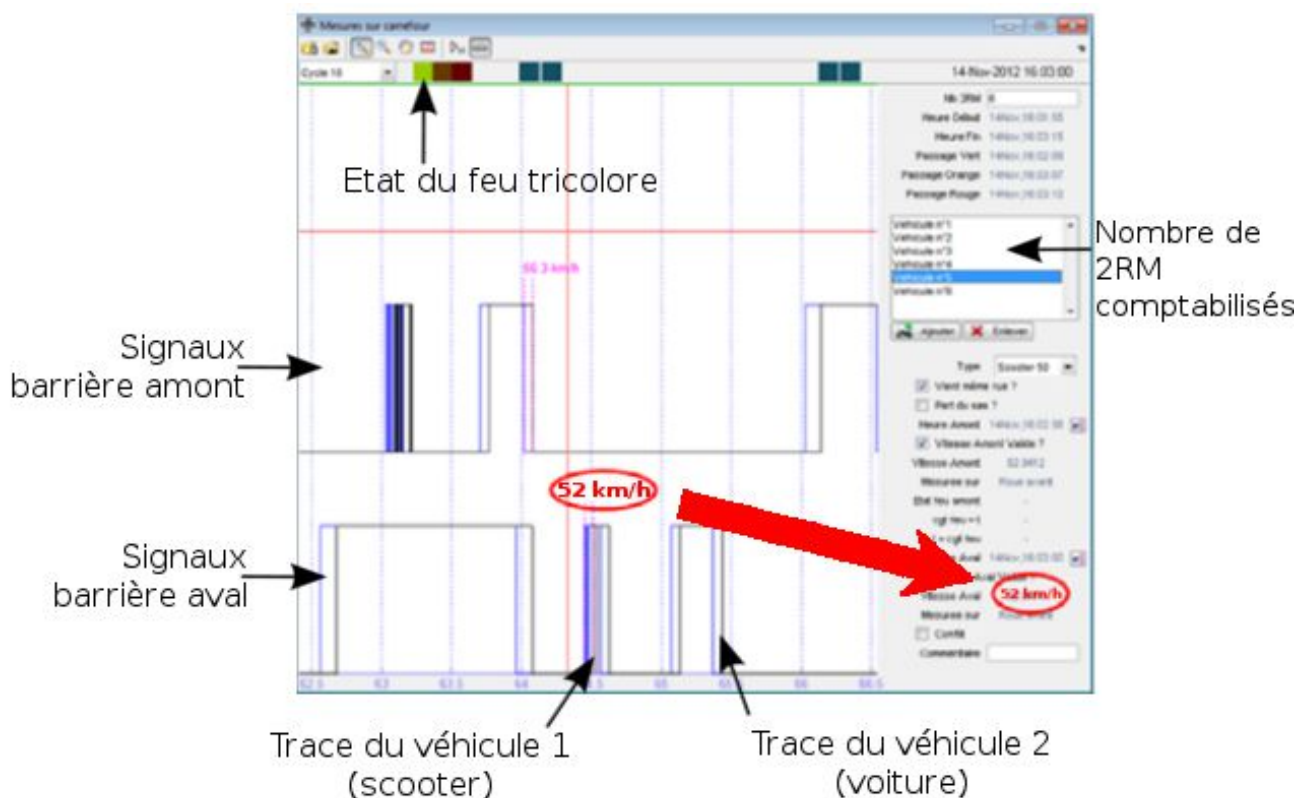


Illustration 10: Extrait du codage des informations relevées par les barrières

3.4 - Homogénéisation des conditions d'observation dans les différents carrefours

L'instrumentation des 10 carrefours à feux s'est échelonnée entre le 23 octobre et le 20 novembre 2012. Le recueil de 4 heures de vitesses et d'observation vidéo pour chaque carrefour à feux a permis de recenser :

- 8 522 deux roues motorisés (moyenne de 190 deux roues motorisés/h)

Afin d'établir si possible des comparaisons thématiques entre les différents carrefours instrumentés, le protocole d'observations mis en œuvre a notamment consisté en l'harmonisation des horaires de recueil des données. Ainsi, pour chaque carrefour, le dispositif a enregistré la vitesse des 2RM franchissant les barrières sur les périodes 12h-14h et 16h-18h. En revanche, l'homogénéisation des jours d'observations est légèrement de moindre « qualité » puisque le recueil des données s'est déroulé des jours de semaine différents, mais présentant toutefois des conditions de circulation globalement similaires.

Enfin, la variabilité modérée des conditions (ensoleillé, légèrement couvert, nuageux) d'observations lors des différentes périodes de recueil des données permet d'affirmer que le paramètre météorologique a peu influé sur le comportement des usagers de 2RM.

⁴Il sera expliqué plus tard dans le présent rapport, l'efficacité de la détection par les barrières (partie 5.6) « Vitesses des 2RM dans 10 CAF parisiens » Cerema-DTer IdF – 9 –

3.5 - Incertitude sur la mesure des vitesses

Il est possible d'évaluer deux les incertitudes de mesure de deux façons:

- L'évaluation de type A : Elle est déterminée à partir des données mesurées par le dispositif, en général lorsque peu d'indications sur les sources d'erreurs sont disponibles. Dans le cadre de cette étude, il aurait fallu mesurer les vitesses, sur les roues avant et arrières, d'une série de véhicules supposés circuler à une allure constante, puis comparer les valeurs obtenues.
- L'évaluation de type B : Elle est déterminée à partir des impacts estimés des sources d'incertitudes identifiées. C'est cette méthode d'évaluation retenue dans le cadre de cette étude.

Description des erreurs connues et de l'incertitude⁵ :

Une erreur d'écartement des faisceaux entraîne une erreur systématique sur les mesures de vitesse au niveau d'une barrière. Mais cette erreur est négligeable si la distance et le parallélisme des faisceaux sont correctement réglés. **Lors de toutes les mesures sur les 10 CAF parisiens, les barrières ont été mises en place de manière similaire (en faisant attention au parallélisme et à l'écartement des faisceaux) pour rendre cette erreur négligeable, avec un écartement des lasers d'un mètre.**

Les erreurs qui entachent les mesures de temps et de durées sont :

- Le temps de réponse des détecteurs laser
- Le pas de l'horloge de référence
- La période de scrutation des données par le système d'acquisition

Finalement, suite à plusieurs calculs et un protocole expérimental avec une distance séparant les lasers de 1 mètre, l'erreur maximale tolérée (EMT) et l'incertitude type sur les mesures de vitesse s'établissent comme suit :

Vitesse (m/s)	10	20	30
Vitesse (km/h)	36	72	108
EMT (km/h)	0,8	3,2	7,3
Incertitude type (km/h)	0,3	1,2	2,8

Plus les vitesses des usagers sont importantes plus l'incertitude type augmente. Dans 70 % des cas, l'erreur sur la mesure n'excède pas l'incertitude type, dans les autres cas, elle est toujours inférieure à l'erreur maximale qui est l'EMT. **Dans la présente étude moins d'1 % des 8522 vitesses mesurées sont supérieures à 70km/h.**

Lorsque des vitesses moyennes sont étudiées, si le nombre de vitesse est suffisamment grand, alors l'incertitude est négligeable.

Sans négliger l'incertitude, le dispositif ne semble pas influencer fortement les mesures et donc altérer les résultats de la présente étude.

⁵En annexe 2 se trouve le détail sur le calcul des incertitudes au système « Vitesses des 2RM dans 10 CAF parisiens » Cerema-DTer IdF- 10 -

4 - Les sites de recueil des mesures

4.1 - Les 10 carrefours à feux parisiens

Comme indiqué précédemment, la ville de Paris a sélectionnée dix carrefours à feux (10 CAF), selon plusieurs paramètres dont l'accidentalité, à étudier⁶ localisés sur l'image ci-dessous :

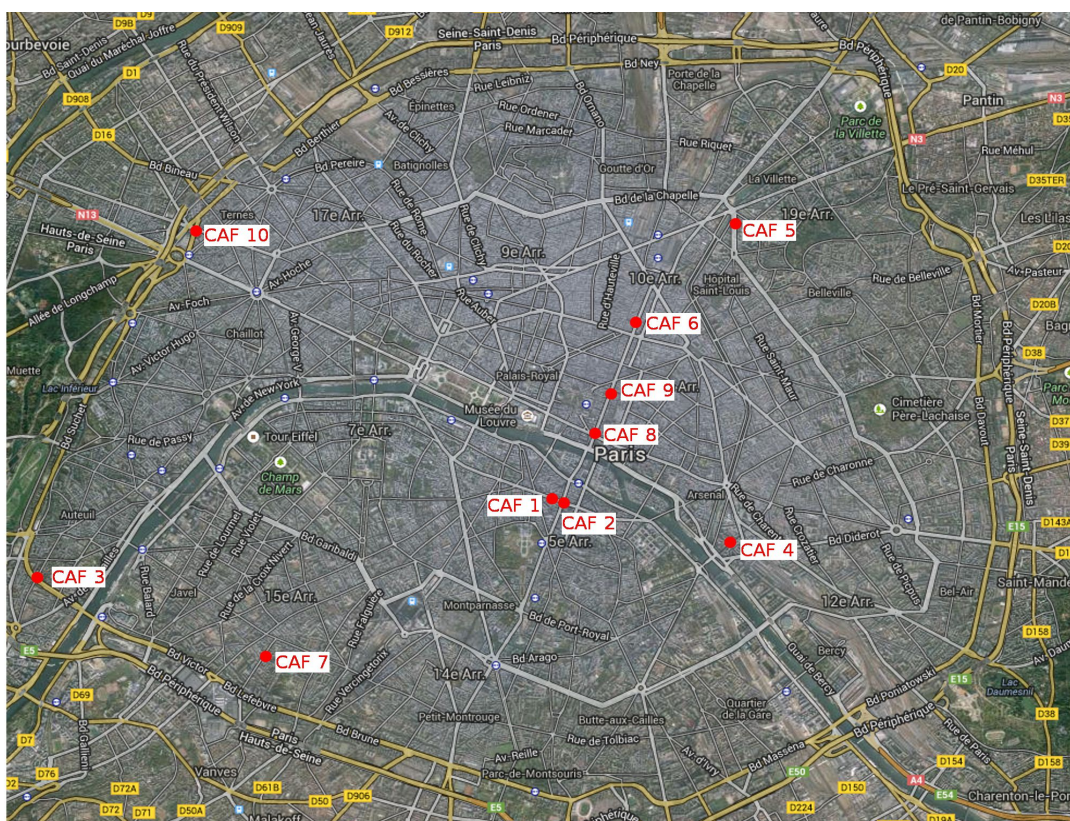


Illustration 11: Localisation des 10 CAF parisiens

4.2 - Description des carrefours

Hormis la limitation de vitesse maximale identique (50km/h), les dix carrefours à feux instrumentés possèdent des caractéristiques qui leurs sont propres :

- le nombre de voies de circulation de la rue mesurée et de la rue croisée ;
- le régime de circulation de la rue mesurée et de la rue croisée
- l'affectation de l'espace pour des usages spécifiques (voie bus, bande cyclable,...)
- les possibilités de mouvements tournants
- la présence ou l'absence d'un sas au niveau de la ligne d'effet de feu (rue mesurée) ;

Les schémas ci-dessous récapitulent les principales caractéristiques de chaque carrefour instrumenté, les chiffres dans chaque flèche indiquent le nombre de véhicules (flux) qui ont eu cette trajectoire durant les deux heures d'expérimentation dans chaque carrefour :

⁶En annexe 1 se trouve un tableau détaillant les caractéristiques précises des différents carrefours. La partie 8.1 donne aussi d'autres caractéristiques de ces carrefours.

4.2.1 - CAF 1 : Boulevard Saint-Germain/Rue de Hautefeuille

- ✓ Rue mesurée : Boulevard Saint-Germain :
 - sens unique à 4 voies dont une voie bus
 - absence de sas
- ✓ Rue croisée : Rue de Hautefeuille :
 - sens unique à 1 voie.

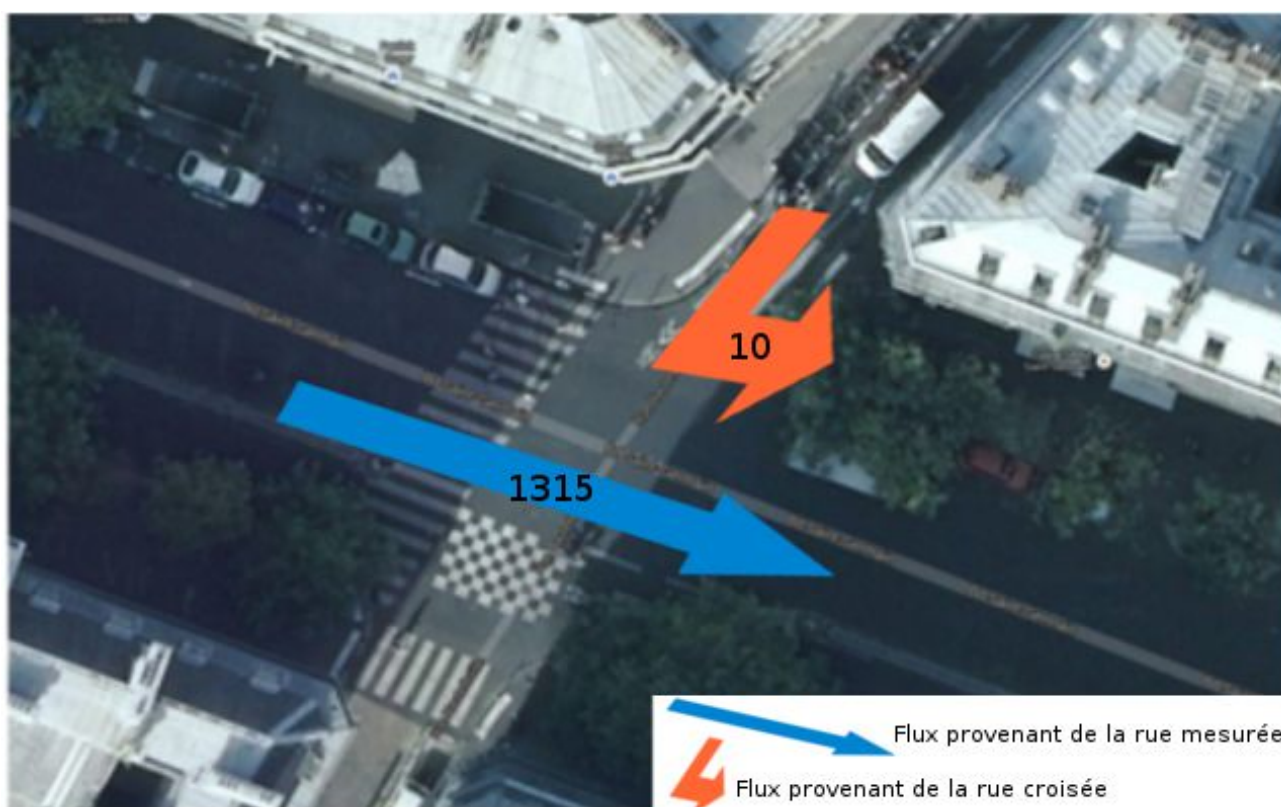


Illustration 12: Flux 2RM dans le carrefour boulevard Saint-Germain/rue de Hautefeuille

4.2.2 - CAF 2 : Boulevard Saint-Germain/Boulevard Saint-Michel

- ✓ Rue mesurée : Boulevard Saint-Germain :
 - sens unique sur 4 voies dont une voie bus.
 - Présence d'un sas
- ✓ Rue croisée: Boulevard Saint-Michel :
 - sens unique à 3 voies dont une voie bus.



Illustration 13: Flux 2RM dans le carrefour boulevard Saint-Germain/Boulevard Saint-Michel

4.2.3 - CAF 3 : Boulevard Exelmans/Rue Michel Ange

- ✓ Rue mesurée : Boulevard Exelmans :
 - bidirectionnelle à 2X2 voies (terre-plein central) + une voie cyclable
 - Présence d'un sas
- ✓ Rue croisée: Rue Michel Ange :
 - sens unique à 2 voies.



Illustration 14: Flux 2RM dans le carrefour boulevard Exelmans/rue Michel Ange

4.2.4 - CAF 4 : Avenue Ledru Rollin/Rue de Bercy

- ✓ Rue mesurée : Avenue Ledru-Rollin :
 - sens unique à 2 voie.
 - Absence de sas
- ✓ Rue croisée: Rue de Bercy :
 - sens unique à 1 voie.

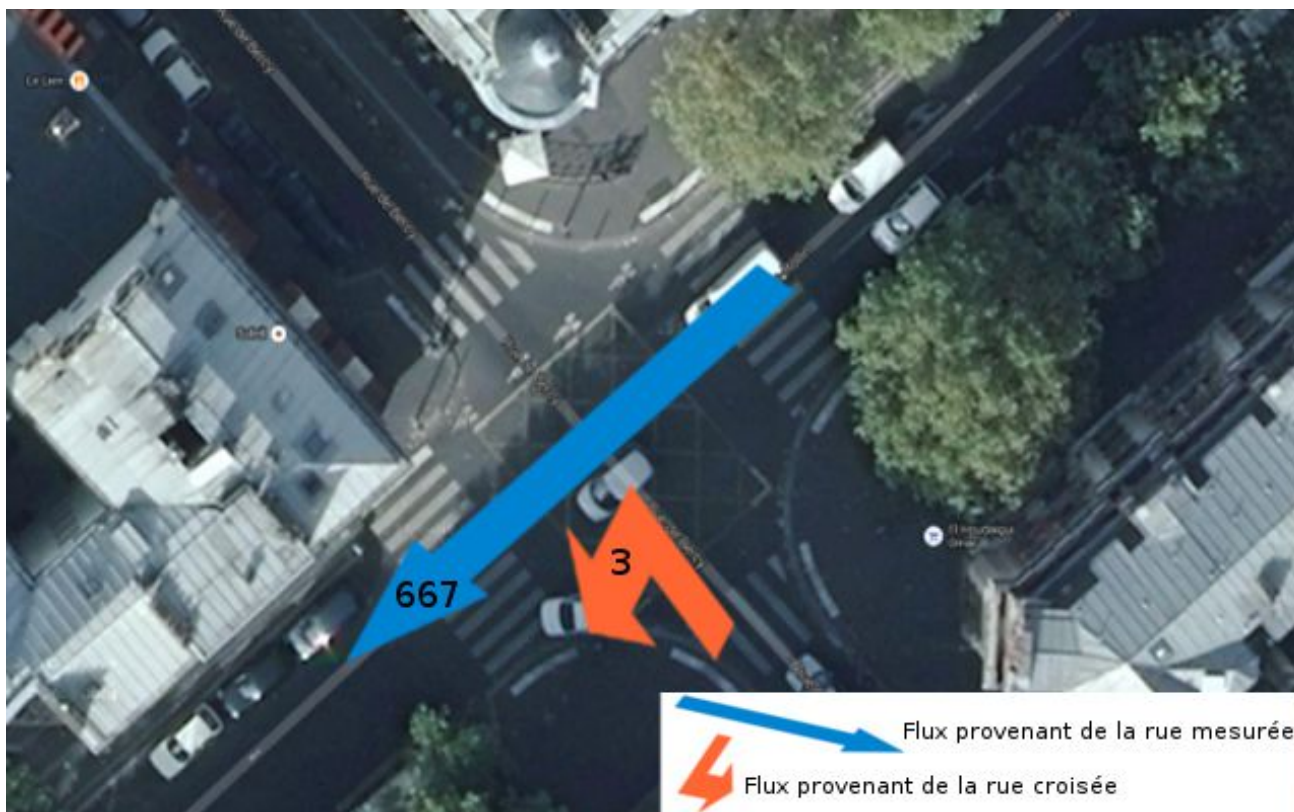


Illustration 15: Flux 2RM du carrefour Ledru Rollin/Rue de Bercy

4.2.5 - CAF 5 : Boulevard de la Villette/Quai de Jemmapes

- ✓ Rue mesurée : Boulevard de la Villette :
 - bidirectionnelle à 2X2 voies (terre-plein central et métro aérien) et voie cyclable latérale de chaque côté de la chaussée
 - Présence d'un sas
- ✓ Rue croisée: Quai de Jemmapes :
 - Sens unique à 2 voies et piste cyclable aménagée derrière une ligne de stationnement

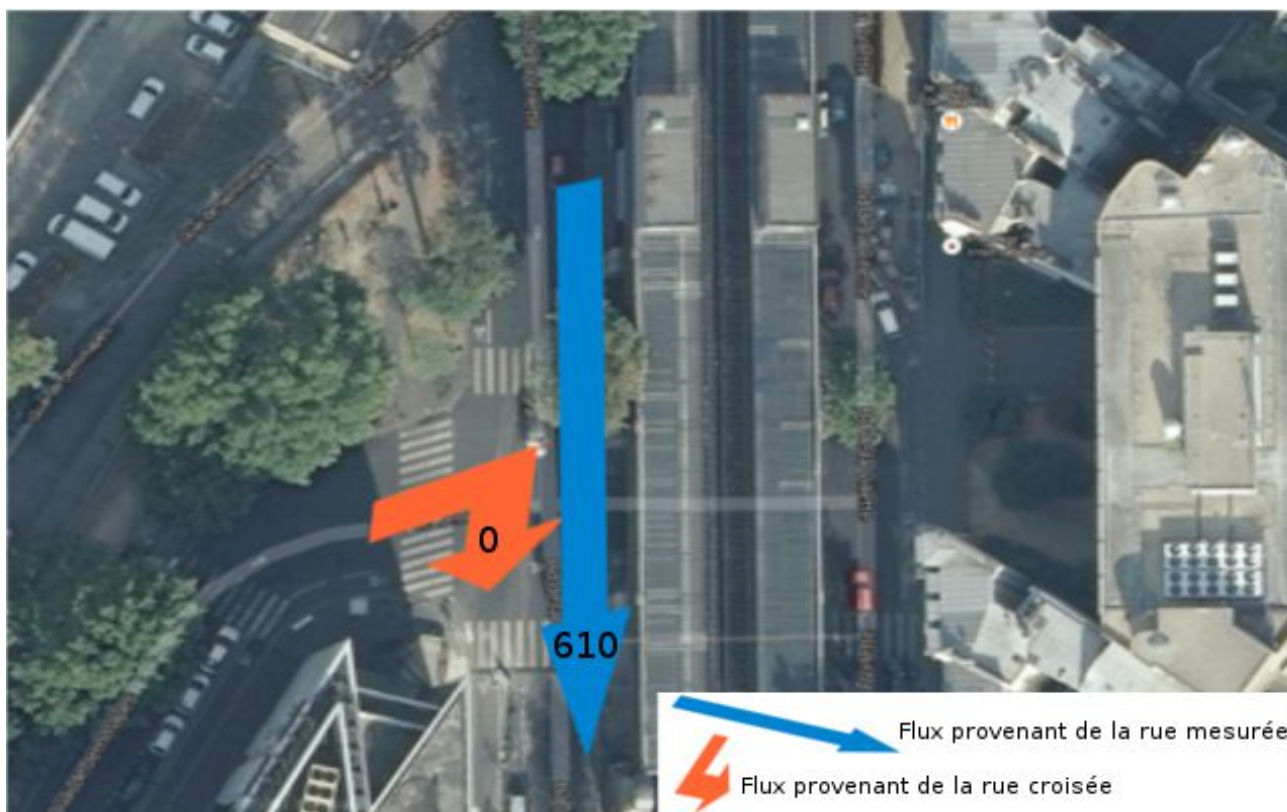


Illustration 16: Flux 2RM du carrefour Boulevard de la Vilette/Quai de Jemmapes

4.2.6 - CAF6 : Boulevard de Strasbourg/Rue de Metz

- ✓ Rue mesurée : Boulevard de Strasbourg :
 - sens unique à 3 voies dont une voie bus.
 - Absence de sas
- ✓ Rue croisée : Rue de Metz :
 - sens unique à 1 voie.
 - Mouvement tournant depuis rue de Metz vers rue de Strasbourg impossible en raison du sens de circulation sur la rue de Metz



Illustration 17: Flux 2RM du carrefour Boulevard de Strasbourg/Rue de Metz

4.2.7 - CAF 7 : Boulevard Lefebvre/Rue Olivier de Serres

- ✓ Rue mesurée : Boulevard Lefebvre :
 - bidirectionnelle à 2X2 voies (plateforme tramway axiale)
 - présence d'une ligne de tramway axiale en site propre
 - Absence de sas
- ✓ Rue croisée: Rue Olivier de Serres :
 - bidirectionnelle à 2X2 voies (marquage au sol blanc séparant les deux sens) d'un côté du carrefour et 2 voies à sens unique de l'autre côté du carrefour.



Illustration 18: Flux 2RM du carrefour Boulevard Lefebvre/Rue Olivier de Serres

4.2.8 - CAF 8 : Boulevard de Sébastopol/Rue de Rivoli

- ✓ Rue mesurée : Boulevard Sébastopol :
 - sens unique à 4 voies dont 1 voie bus
 - Présence d'un sas
- ✓ Rue croisée: Rue de Rivoli :
 - sens unique à 3 voies dont une voie bus.

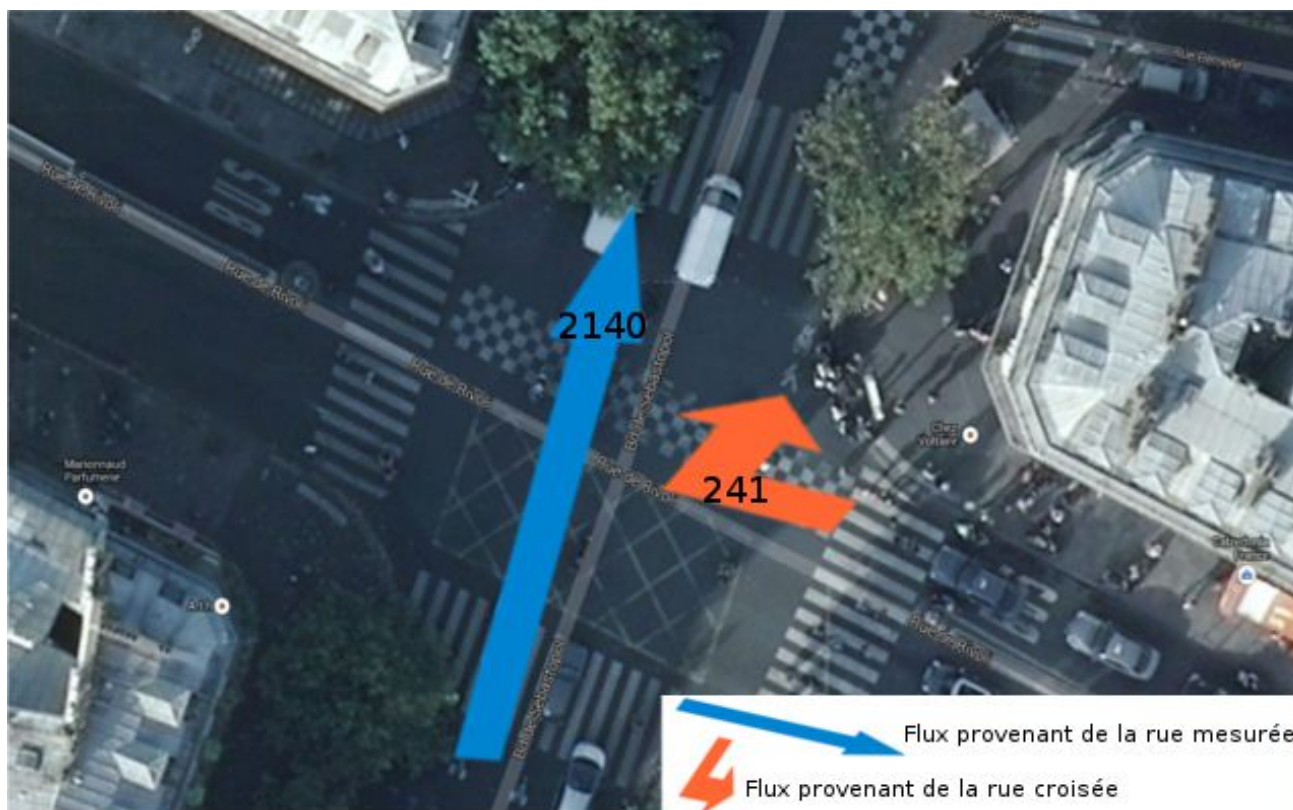


Illustration 19: Flux 2RM du carrefour Boulevard de Sébastopol/Rue de Rivoli

4.2.9 - CAF9 : Rue Étienne Marcel/Boulevard de Sébastopol

- ✓ Rue mesurée amont : Rue Étienne Marcel :
 - sens unique à 2 voies + 1 voie latérale réservée aux bus dans chaque sens de circulation
 - Absence de sas
- ✓ Rue mesurée aval : Rue de l'Ours
 - Bidirectionnelle à 2X2 voies
- ✓ Rue croisée: Boulevard Sébastopol :
 - sens unique à 4 voies dont une voie bus.

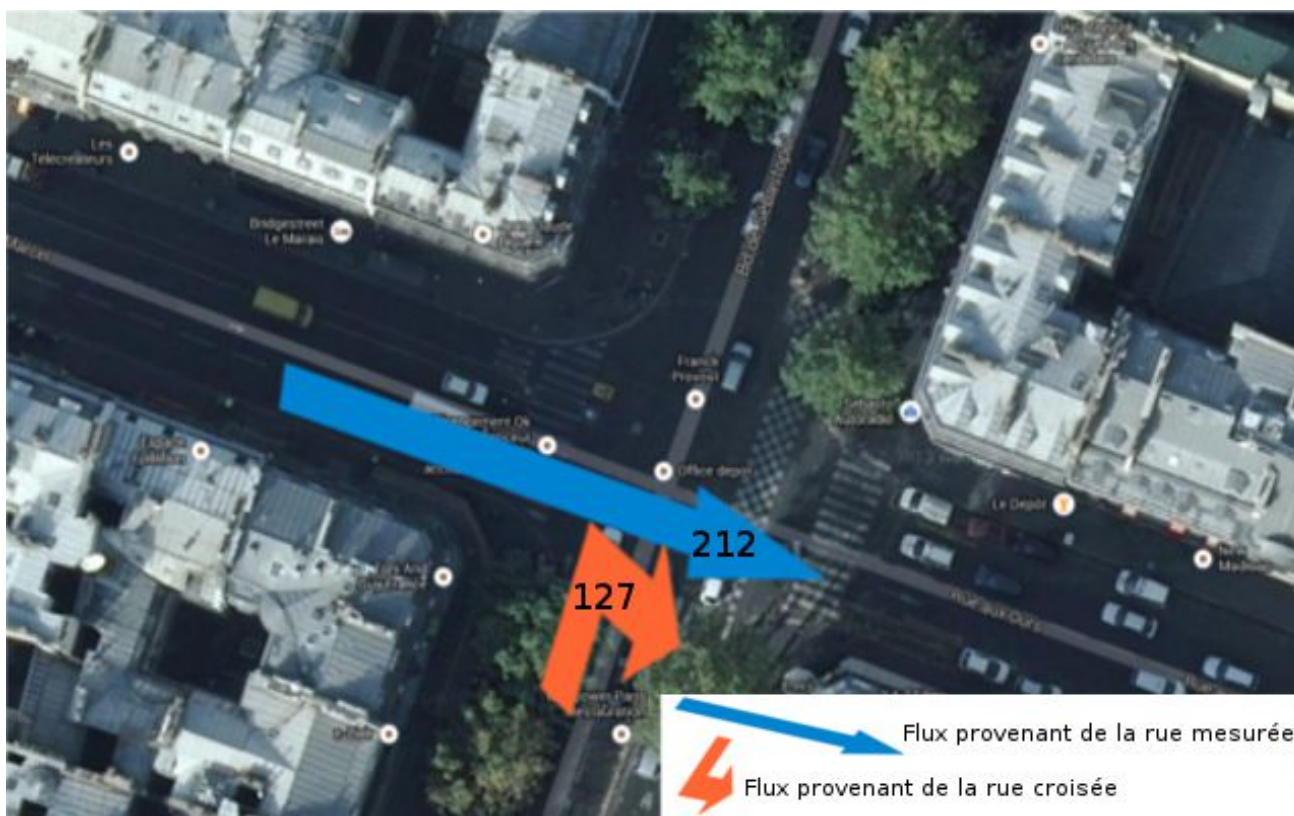


Illustration 20: Flux 2RM du carrefour Rue Etienne Marcel/Boulevard de Sébastopol

4.2.10 - CAF 10 : Place du général Koenig/Boulevard Gouvion Saint-Cyr

- ✓ Rue mesurée : Place du Général Koenig :
 - Bidirectionnelle à 2X3 voies
 - Absence de sas
- ✓ Rue croisée: Boulevard Gouvion St Cyr :
 - Bidirectionnelle à 2X2 voies

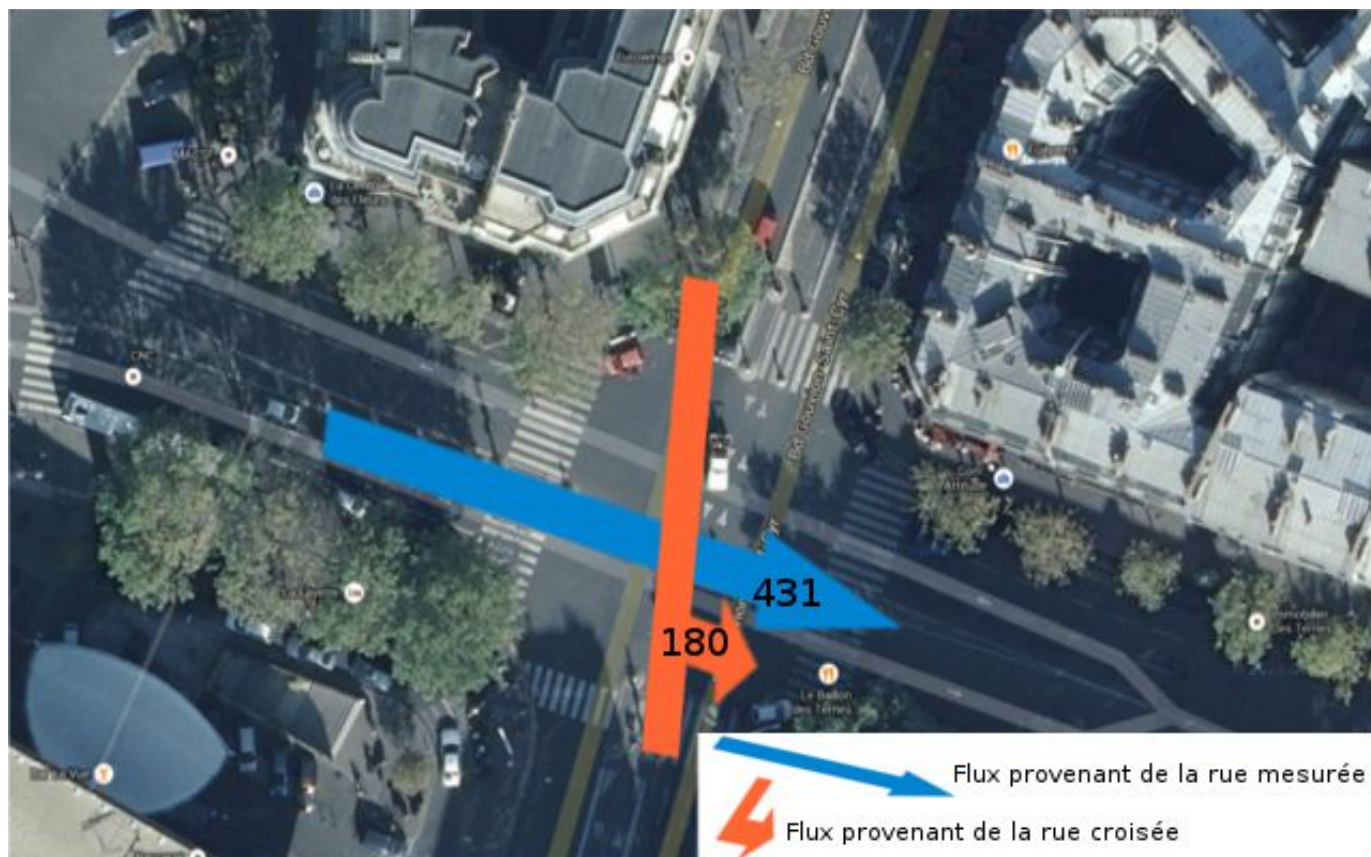


Illustration 21: Flux 2RM du carrefour place du général Koenig/Boulevard Gouvion Saint-Cyr

5 - Cadrage du recueil et de l'analyse des données

5.1 - Définition des catégories de 2RM retenues dans l'étude

L'analyse des vidéos enregistrées lors des phases de recueil des données ne permet pas de discriminer les 2RM observés selon les critères réglementaires basés sur la puissance et la cylindrée. En revanche, le dispositif mis en œuvre a été paramétré pour distinguer « visuellement » 4 catégories de 2RM :



Illustration 22: Photographie d'une moto

Les motocyclettes : identifiées comme les 2RM de plus forte cylindrée et avec un conducteur positionné à califourchon sur le carénage

Dans la suite de l'étude, les motocyclettes seront dénommées motos



Illustration 23: Photographie d'un scooter ou scooter 125

Les scooters de cylindrée $> 50\text{cm}^3$: identifiés comme les scooters les plus volumineux avec un conducteur en position assise

Dans la suite de l'étude, les scooters $> 50\text{cm}^3$ seront dénommés scooter 50+



Illustration 24: Photographie d'un scooter 50

Les scooters de cylindrée $< 50\text{ cm}^3$: identifiés comme des scooters de petite taille avec un conducteur en position assise

Dans la suite de l'étude, les scooters $< 50\text{ cm}^3$ seront dénommés scooter 50-

Les mobylettes : identifiées comme les 2RM de plus faible cylindrée, avec un cadre typique en V et un conducteur positionné à califourchon sur la selle.

Les mobylettes ne seront pas considérées dans la suite de l'étude en raison de leur très faible échantillonnage ($< 1\%$ des 2RM observés).

Remarque : un faible risque d'erreur lié à la difficulté de bien différencier un scooter de type cyclomoteur d'un scooter de plus forte cylindrée existe.

5.2 - Vitesses mesurées et trajectoires des 2RM

Le dispositif technique mis en œuvre permet de mesurer :

- La vitesse « amont » des 2RM en provenance de la rue mesurée
- La vitesse « aval » des 2RM progressant sans changement de direction depuis la rue mesurée
- La vitesse « aval » des 2RM effectuant une manoeuvre tournante depuis la rue croisée vers la rue mesurée. Aucune phase de feu n'a été affectée à ces 2RM observés en manoeuvre tournante.

Enfin, les 2RM en provenance de la rue mesurée et tournant dans la rue croisée n'ont pas été pris en compte dans le codage, car aucune information ne peut être obtenue d'eux en aval de l'intersection.

5.3 - Définition des différentes phases de feux retenues dans l'étude

Les feux considérés tout au long de l'étude sont de type R11v, c'est à dire composés de trois feux circulaires vert, jaune et rouge⁷.

Afin de caractériser l'influence de la phase de feu sur le comportement des usagers de 2RM, notamment en terme de vitesse, les analyses dissocient 3 cas distincts que sont les phases de fonctionnement classique d'un feu (vert, jaune et rouge) et deux cas additionnels (début vert et vert standard) ajoutés afin de discriminer la phase de démarrage de la phase d'écoulement « fluide » des véhicules :

- La phase « vert » : elle est d'une durée minimale de 6 secondes . « *Les feux de signalisation verts autorisent le passage des véhicules, sous réserve, dans les intersections, que le conducteur ne s'engage que si son véhicule ne risque pas d'être immobilisé et d'empêcher le passage des autres véhicules circulant sur les voies transversales* »⁸.
- La phase « début vert » : **elle fait partie intégrante de la phase « vert » dont elle représente les 3 premières secondes.**
- La phase « vert standard » elle fait partie intégrante de la phase « vert » dont elle représente toute la durée exceptée les 3 premières secondes.
- La phase « jaune » : elle dure obligatoirement soit 3 secondes soit cinq seconde. La durée de 3 secondes est la règle générale en agglomération et la durée de cinq secondes est obligatoire aux intersections hors agglomération. « *Tout conducteur doit marquer l'arrêt devant un feu de signalisation jaune fixe,sauf dans le cas où, lors de l'allumage dudit feu, le conducteur ne peut plus arrêter son véhicule dans des conditions de sécurité suffisantes* »⁹.
- La phase « rouge » : « *Tout conducteur doit marquer l'arrêt absolu devant un feu de signalisation rouge, fixe ou clignotant* »¹⁰.

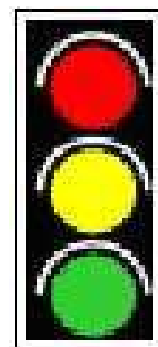


Illustration
25: R11v

L'intégration de la phase « début vert » répond au besoin d'analyses spécifiques du comportement des usagers de 2RM au démarrage, en phase d'accélération. En effet, la phase de démarrage des 2RM au « début vert » peut entraîner des problématiques particulières avec des piétons en fin de traversée en aval de l'intersection.

Dans la suite du rapport :

- La phase de feu évoquée est systématiquement celle de la rue mesurée. Le phasage du feu dans la rue croisée n'était pas connu.

⁷IISR, 6ème partie

⁸Article R412-33 du code de la route

⁹Article R412-31 du code de la route

¹⁰Article R412-30 du code la route

5.4 - Définition des indicateurs suivis

Dans toutes les parties qui vont suivre quelques termes statistiques vont être utilisés afin d'illustrer les résultats obtenus. Voici la définition à considérer pour chacun d'eux :

- la moyenne (ou moyenne arithmétique) représente la somme de toutes les valeurs des parties d'un échantillon divisé par le nombre total de partie de cet échantillon. La moyenne seule ne permet pas d'avoir d'information sur la répartition des valeurs mesurées.
- l'écart-type est calculé en faisant la racine carrée de la variance¹¹. Combinée à la moyenne, l'écart-type permet de mettre en évidence une dispersion des valeurs par rapport à la moyenne et/ou un échantillon trop faible. Ces deux notions pouvant influencer sur les conclusions des mesures.
- la V85 est la vitesse en dessous de laquelle circule 85 % des usagers. Elle permet d'exclure les vitesses excessives (vitesses qui seront abordées dans une partie ultérieurement). Combiné à la moyenne et l'écart-type, elle peut aider à avoir une idée du comportement général des deux-roues motorisés.

5.5 - Définition du test statistique utilisé¹²

Dans le cadre de cette étude, le test t de Welsh est utilisé pour comparer « qualitativement » les vitesses moyennes des échantillons de 2RM considérés et donc indiquer si ces vitesses moyennes sont ou non différentes¹³ au sens statistique du terme. Les données d'entrée nécessaires à ces comparaisons sont :

- Les valeurs individuelles de chaque échantillon ;
- Un intervalle de confiance arbitrairement choisi faisant office de seuil de référence. Toutes les analyses statistiques réalisées retiennent le seuil de 95% (p-value inférieure ou égale à 0,05), communément admis comme référence courante.

L'utilisation de ce test suppose que les variables étudiées suivent, au moins approximativement, une loi normale ou que les échantillons soient constitués de plus de 30 individus (environ).

Un logiciel adapté (R) applique le test t de Welsh aux valeurs entrées et calcule alors une probabilité, nommée p-value, qu'il compare au seuil de référence :¹⁴

- Si p-value > 0,05, alors la comparaison des vitesses moyennes des échantillons considérés n'est pas significativement différente au sens statistique ;
- Si p-value < 0,05, alors la comparaison des vitesses moyennes des échantillons considérés est significativement différente au sens statistique.

¹¹La variance est aussi une valeur qui permet de caractériser la dispersion d'un échantillon. Elle se calcul en effectuant la somme des écarts de toutes les valeurs par rapport à la moyenne au carré, le tout divisé par la taille de l'échantillon.

¹²Cf Annexe 2 pour l'explication plus détaillée du test statistique

¹³Les valeurs de données contenues dans l'échantillon mais aussi sa taille ont une influence sur le résultat du test.

¹⁴Pour comparer les vitesses aval et amont d'un même échantillon, la même technique a été appliqué avec un test pour des séries appariées.

5.6 - Analyse de la répartition des différentes catégories de 2RM dans les carrefours à feux

Grâce à la vidéo, les différents types de 2RM ont pu être identifiés. Voici le détail pour les différents carrefours :

	Moto	Scooter 50+	Scooter 50 -	Mobylette	Total
Carrefour 1	238 (18%)	990 (75%)	84 (6%)	13 (1%)	1325
Carrefour 2	228 (21%)	618 (58%)	216 (20%)	6 (1%)	1068
Carrefour 3	60 (23%)	187 (72%)	12 (5%)	1 (0%)	260
Carrefour 4	133 (20%)	504 (75%)	30 (4%)	6 (1%)	673
Carrefour 5	103 (17%)	322 (53%)	178 (29%)	9 (1%)	612
Carrefour 6	126 (18%)	475 (68%)	93 (13%)	1 (0%)	695
Carrefour 7	142 (26%)	339 (61%)	72 (13%)	3 (1%)	556
Carrefour 8	430 (18%)	1878 (79%)	58 (2%)	17 (1%)	2383
Carrefour 9	62 (18%)	192 (57%)	84 (25%)	1 (0%)	339
Carrefour 10	88 (14%)	499 (82%)	22 (4%)	2 (0%)	611
Total	1610 (19%)	6004 (70%)	849 (10%)	59 (1%)	8522

A retenir

Sur l'observation des trafics sur les 10 CAF parisiens durant 40h en heures de pointe, voici les premiers résultats :

- 8522 2RM observés durant 40h d'observations cumulées sur les 10 carrefours instrumentés.
- Le trafic 2RM varie du simple au décuple selon les carrefours instrumentés, le carrefour 8 Sébastopol/Rivoli enregistrant à lui seul 28 % des 2RM observés.
- **D'après ces 40h d'observations, les motocyclettes ne représentent qu'environ 20 % du trafic de 2RM dans Paris intramuros.**

En raison notamment de problématiques de masque des 2RM dans la circulation, par moment, des vitesses de deux-roues motorisés n'ont pas pu être codées. A titre d'exemple, si un scooter ou une moto passait exactement à la même hauteur qu'une voiture, le dispositif était dans l'impossibilité de relever la vitesse de ce 2RM. Le tableau suivant propose le taux de réussite au niveau de chaque barrière selon la catégorie de 2RM et sa provenance¹⁵.

¹⁵Cf annexe 3 pour le détail des calculs.

%	Moto (1610)		Scooter 50+ (6004)		Scooter 50- (849)		Total (tous 2RM)	
	Provient de la Rue mesurée	Provient de la Rue croisée	Provient de la Rue mesurée	Provient de la Rue croisée	Provient de la Rue mesurée	Provient de la Rue croisée	Provient de la Rue mesurée	Provient de la Rue croisée
% des mesures réussies total	65 % (1820)	84 % (181)	60 % (6484)	74 % (464)	69 % (1027)	89 % (95)	62 % (9408)	78 % (744)
% de mesures réussies en amont	56 % (778)	X	53 % (2835)	X	59 % (435)	X	54 % (4081)	X
% de mesures réussies en aval	78 % (1223)		68 % (4112)		81 % (687)		71 % (6039)	

A retenir

- Le taux de mesures réussies est nettement inférieur pour la barrière amont que pour la barrière aval. Une explication plausible serait une proportion plus importante de 2RM « pris » dans le flot de la circulation en amont, alors que ces mêmes 2RM auraient pu dépasser les véhicules tiers au niveau de la barrière aval.
- Quelle que soit la catégorie de 2RM observée, le taux de mesures réussies est supérieur lorsque le 2RM circule depuis la rue croisée.
- Les scooters 50+ présente un taux de mesures (68%) nettement inférieur aux conducteurs de scooters 50- (81%) et de motos (78%). Ces comparaisons ont été validées par un test du khi2 indiquant qu'à chaque fois les deux échantillons comparés possèdent des caractéristiques particulières liées à la situation étudiée et qui les différencient. Au contraire le test a indiqué que les motos et scooters 50+ ne possèdent pas de caractéristiques particulières qui les différencient.

6 - Analyse des vitesses pratiquées en sortie des carrefours à feux selon la catégorie de deux-roues motorisés

Remarques :

- Toutes les analyses de ce chapitre concernent les vitesses mesurées en aval des carrefours à feux.
- Bien que le détail des mobylettes ne soit pas abordé dans la présente étude, l'effectif total de la catégorie « tous les 2RM » se compose des motos, scooters 50+, scooters 50- et des mobylettes.

6.1 - Par phase de feu pour les mouvements « tout droit »

6.1.1 - Analyse des vitesses “aval” au feu vert selon la catégorie de 2RM

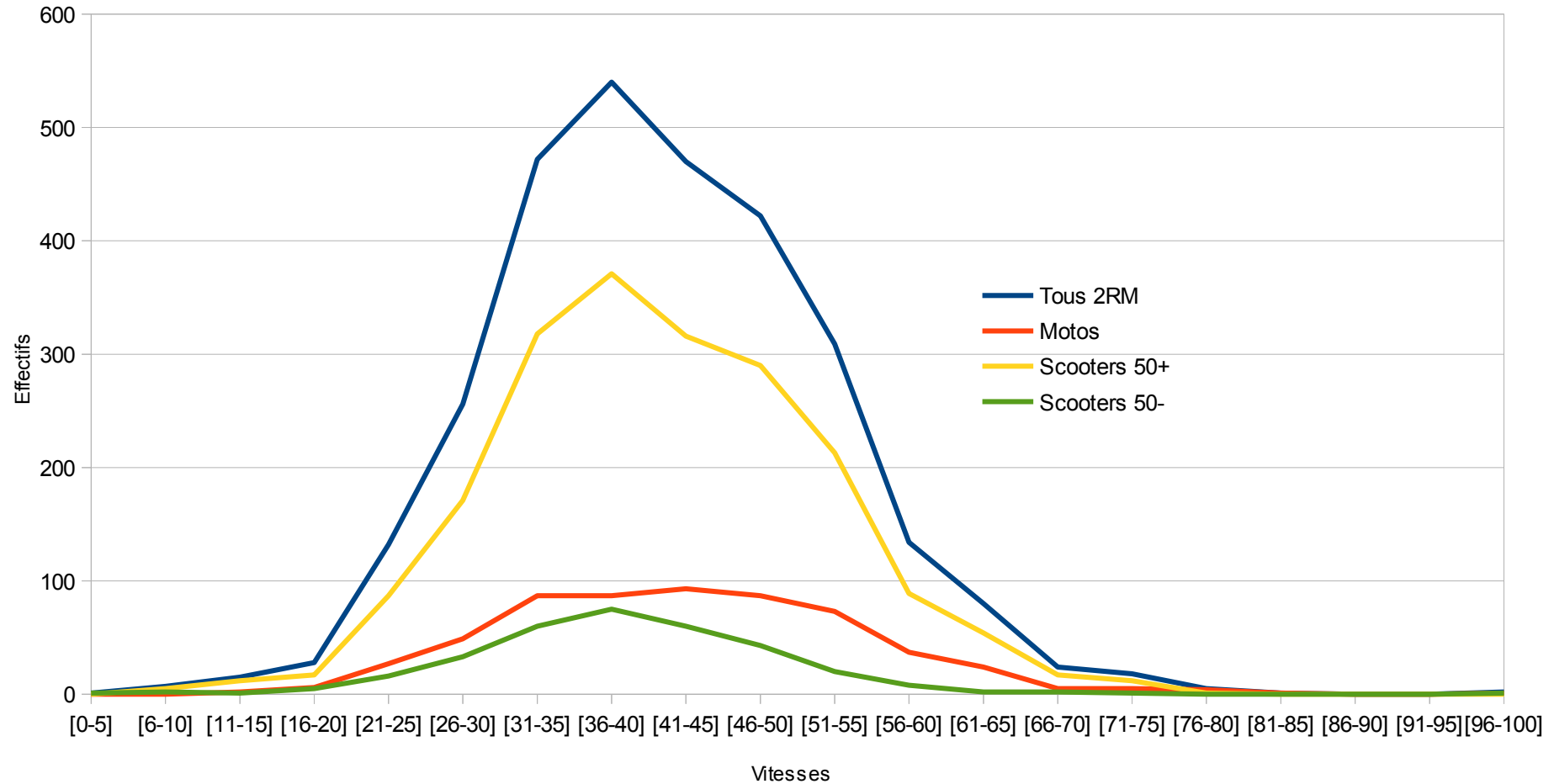


Illustration 26: Répartition des vitesses mesurées en aval par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au feu vert

Le graphique¹⁶ précédent illustre la répartition des vitesses mesurées en aval des 10 carrefours par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au feu vert. La tranche de vitesse la plus représentée tous 2RM confondus est de 36 à 40 km/h inclus (plus précisément la vitesse la plus représentée est 40km/h avec 138 deux-roues motorisés mesurés à cette allure).

Les effectifs sont bien moins nombreux pour les motos et les scooters 50-. Les courbes représentant leurs effectifs sont plus homogènes avec un maximum moins marqué par rapport aux scooters 50+.

Les effectifs maximums pour les différents types de 2RM sont : 90 scooters 50+ à 40km/h, 25 motos à 43km/h et 25 scooters 50- à 40 km/h.

Au vert en fonction du type de 2RM	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Tous les 2RM	2916 (dont 25 mobylettes)	41	52
Motos	587	43	55
Scooters 50+	1973	41	52
Scooters 50-	330	39	48

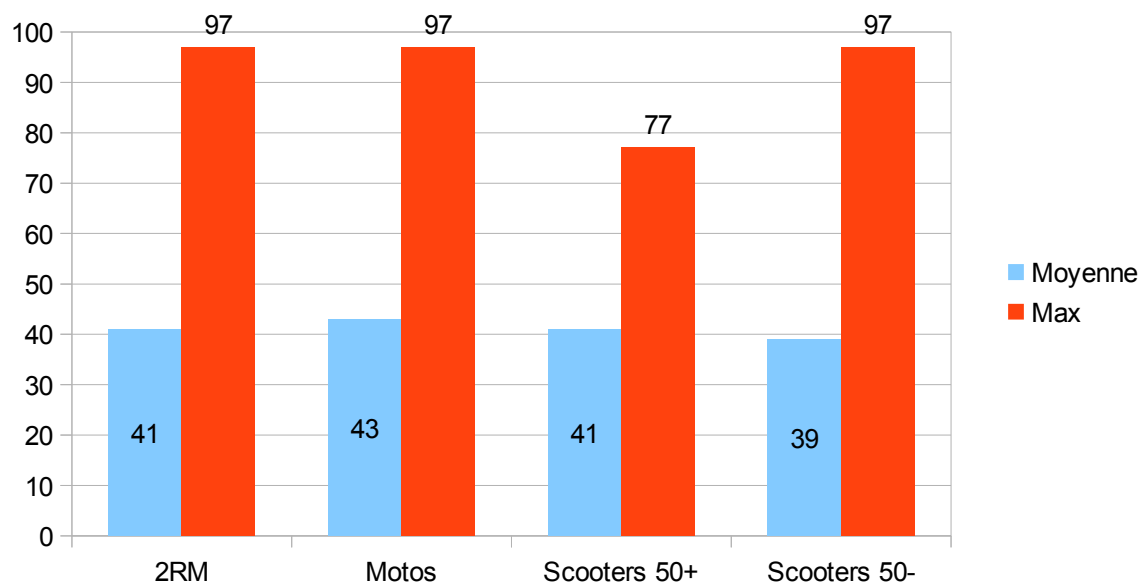


Illustration 27: Vitesses des différents types de 2RM en aval des carrefours au feu vert

¹⁶Des courbes ont été choisies pour la représentation graphique afin d'obtenir un résultat plus lisible bien que l'abscisse soit composée d'intervalle et que la liaison par une ligne entre deux points de la courbe n'a aucune réalité dans les mesures. Un graphique avec un nuage de point aurait été plus pertinent au sens mathématique mais bien moins explicite.

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée n°1	Vitesse moyenne comparée n°2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Motos (43km/h)	Scooters 50+ (41km/h)	0,003	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
2	Motos (43km/h)	Scooters 50 – (39 km/h)	8*10-8	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Scooters 50+ (41km/h)	Scooters 50 – (39 km/h)	1*10-4	Statistiquement différentes	Statistiquement significative

A retenir

Pour les mesures effectuées au vert :

- La vitesse moyenne aval des motocyclistes apparaît **significativement supérieure** à la vitesse moyenne aval pratiquée par les conducteurs de scooters 50+ , elle-même **significativement supérieure** à celle pratiquée par les conducteurs de scooters 50- .
- La V85 des motocyclistes est la plus élevée tandis que celle des scootéristes 50- est la plus faible.

=> Les deux résultats précédent montre que globalement en sortie de carrefour, les motocyclistes ont une vitesse plus élevée au vert que les scootéristes 50+ et 50-.

- La V85 des motocyclistes et des scootéristes 50+ est supérieure à la limitation de vitesse réglementaire
- Les écart-types élevés pour tous les types de 2RM montrent une disparité des valeurs pour les vitesses (dispersion autour de la moyenne, ne montrant pas une homogénéité autour de cette valeur).

6.1.2 - Analyse des vitesses “aval” au début vert selon la catégorie de 2RM

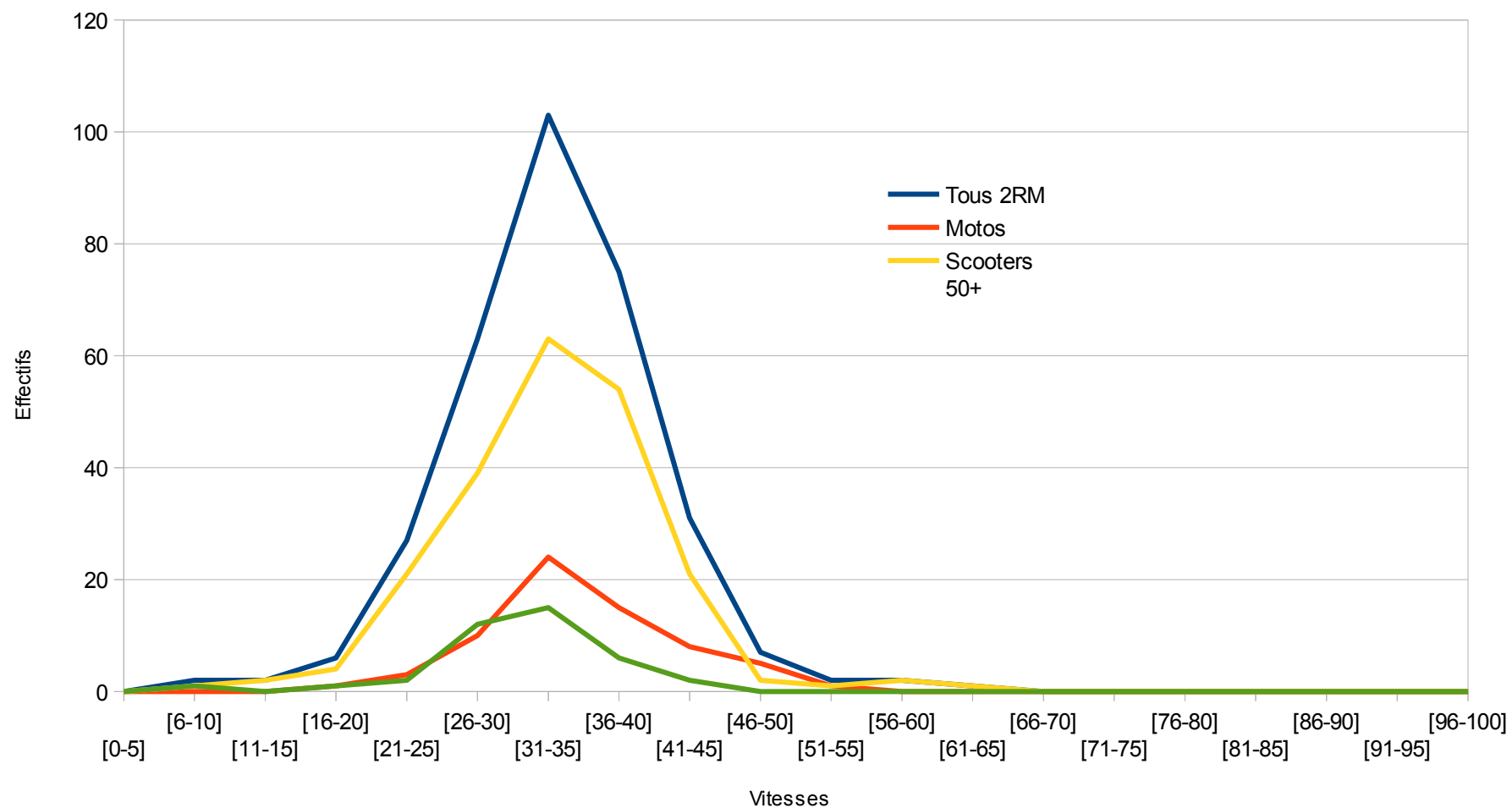


Illustration 28: Répartition des vitesses mesurées en aval par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au début vert

Le graphique précédent illustre la répartition des vitesses mesurées en aval des 10 carrefours par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au début vert. La tranche de vitesse de vitesse la plus représentée tous 2RM confondus est de 31 à 35 km/h inclus (plus précisément la vitesse la plus représentée est 32km/h avec 26 deux-roues motorisés mesurés à cette allure).

Les effectifs sont bien moins nombreux pour les motos et les scooters 50-.

Les effectifs maximums pour les différents types de 2RM sont : 16 scooters 50+ à 35 et 36km/h, 8 motos à 33 et 38km/h et 4 scooters 50- à 32 et 35km/h.

Au début vert en fonction du type de 2RM	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Tous les 2RM	321 dont 4 mobylettes	34	40
Motos	67	35	42
Scooters 50+	211	33	40
Scooters 50-	39	31	37

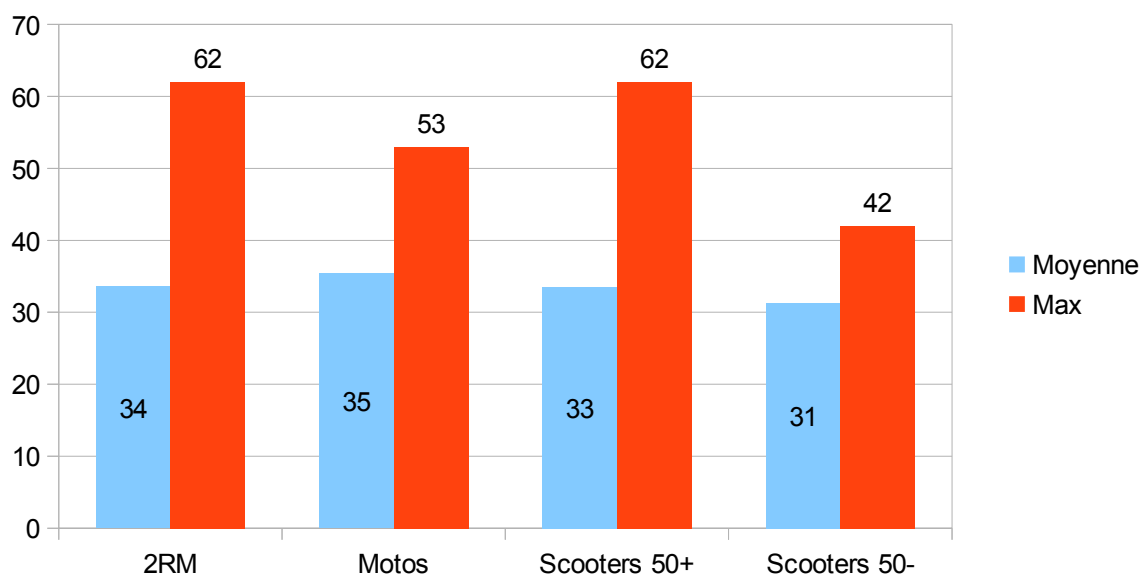


Illustration 29: Vitesses des différents types de 2RM en aval des carrefours au début du feu vert

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée n°1	Vitesse moyenne comparée n°2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Motos (35km/h)	Scooters 50+ (33km/h)	0,06	Non statistiquement différentes	Non statistiquement significative
2	Motos (35km/h)	Scooters 50 – (31km/h)	0,002	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Scooters 50+ (33km/h)	Scooters 50 – (31km/h)	0,052	Non statistiquement différentes	Non statistiquement significative

A retenir

Pour les mesures effectuées au début vert :

- La vitesse moyenne aval des motocyclistes apparaît **significativement supérieure** à la vitesse des conducteurs de scooters 50-.
- La V85 des motocyclistes est la plus élevée tandis que celle des scootéristes 50- est la plus faible.

=> Les deux résultats précédent montre que globalement en sortie de carrefour, les motocyclistes ont une vitesse plus élevée au début vert que les scootéristes 50-.

- Aucune des catégories de 2RM ne présente une V85 supérieure à la limitation de vitesse réglementaire
- Les écart-types élevés pour tous les types de 2RM montrent une disparité des valeurs pour les vitesses (dispersion autour de la moyenne, ne montrant pas une homogénéité autour de cette valeur).

6.1.3 - Analyse des vitesses “aval” au “vert standard” selon la catégorie de 2RM

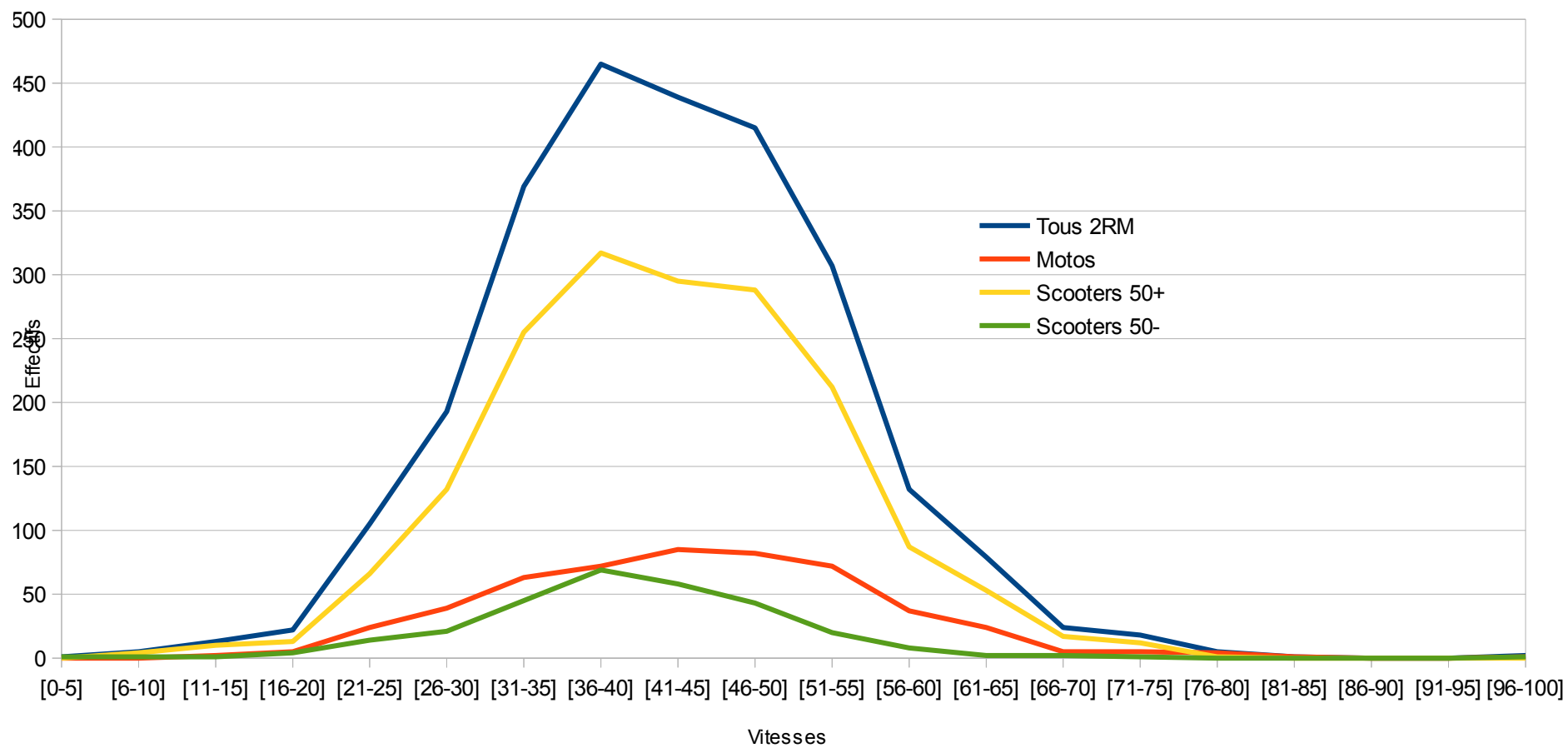


Illustration 30: Répartition des vitesses mesurées en aval par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au “vert standard”

Le graphique précédent illustre la répartition des vitesses mesurées en aval des 10 carrefours par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au « vert standard ». La tranche de vitesse la plus représentée tous 2RM confondus est de 36 à 40 km/h inclus (plus précisément la vitesse la plus représentée est 40km/h avec 124 deux-roues motorisés mesurés à cette allure).

Les effectifs sont bien moins nombreux pour les motos et les scooters 50-. Les courbes représentant leurs effectifs sont plus homogènes avec un maximum moins marqué par rapport aux scooters 50+.

Les effectifs maximums pour les différents types de 2RM sont : 81 scooters 50+ à 40km/h, 23 motos à 43 44 et 49km/h et 23 scooters 50- à 40km/h.

Au « vert standard » en fonction du type de 2RM	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Tous les 2RM	2595 dont 21 mobylettes	42	53
Motos	520	44	55
Scooters 50+	1762	42	53
Scooters 50 -	291	40	49

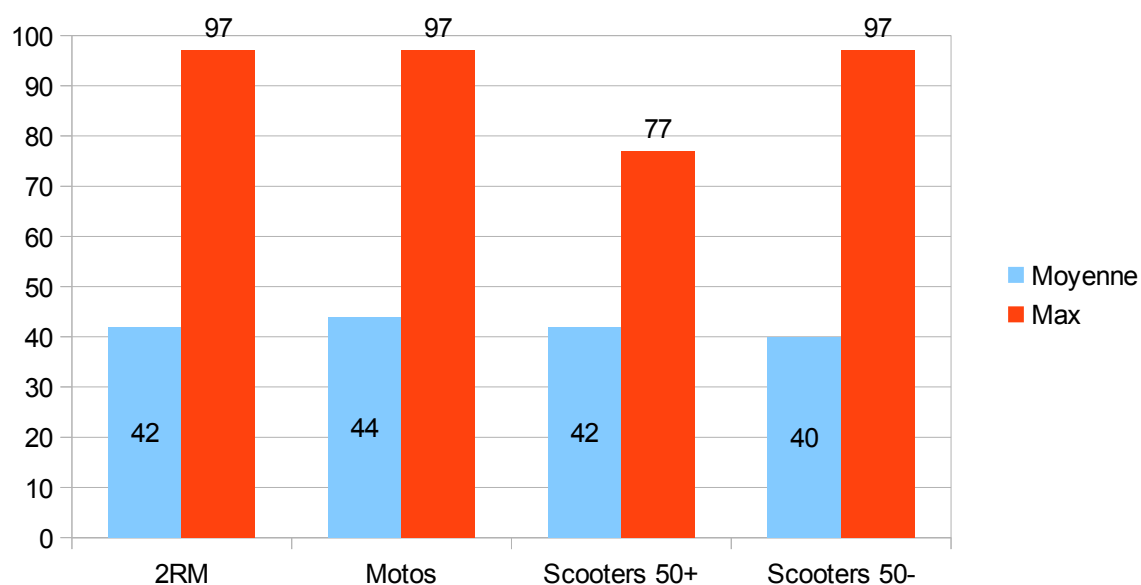


Illustration 31: Vitesses des différents types de 2RM en aval des carrefours au «vert standard»

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée n°1	Vitesse moyenne comparée n°2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Motos (44km/h)	Scooters 50+ (42km/h)	0,004	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
2	Motos (44km/h)	Scooters 50 – (40km/h)	7*10-7	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Scooters 50+ (42km/h)	Scooters 50 – (40km/h)	0,0004	Statistiquement différentes	Statistiquement significative

A retenir

Pour les mesures effectuées au « vert standard » :

- La vitesse moyenne aval des motocyclistes apparaît **significativement supérieure** à la vitesse moyenne aval pratiquée par les conducteurs de scooters 50+ , elle-même **significativement supérieure** à celle pratiquée par les conducteurs de scooters 50- (résultat du test statistiquement significatif pour la comparaison des Vmoy).
- La V85 des motocyclistes est la plus élevée tandis que celle des scootéristes 50- est la plus faible.
=> Les deux résultats précédent montre que globalement en sortie de carrefour, les motocyclistes ont une vitesse plus élevée au vert que les scootéristes 50+ et 50-.
- La V85 des motocyclistes et des scootéristes 50+ est supérieure à la limitation de vitesse réglementaire
- Les écart-types élevés pour tous les types de 2RM montrent une disparité des valeurs pour les vitesses (dispersion autour de la moyenne, ne montrant pas une homogénéité autour de cette valeur).

6.1.4 - Analyse des vitesses “aval” au jaune selon la catégorie de 2RM

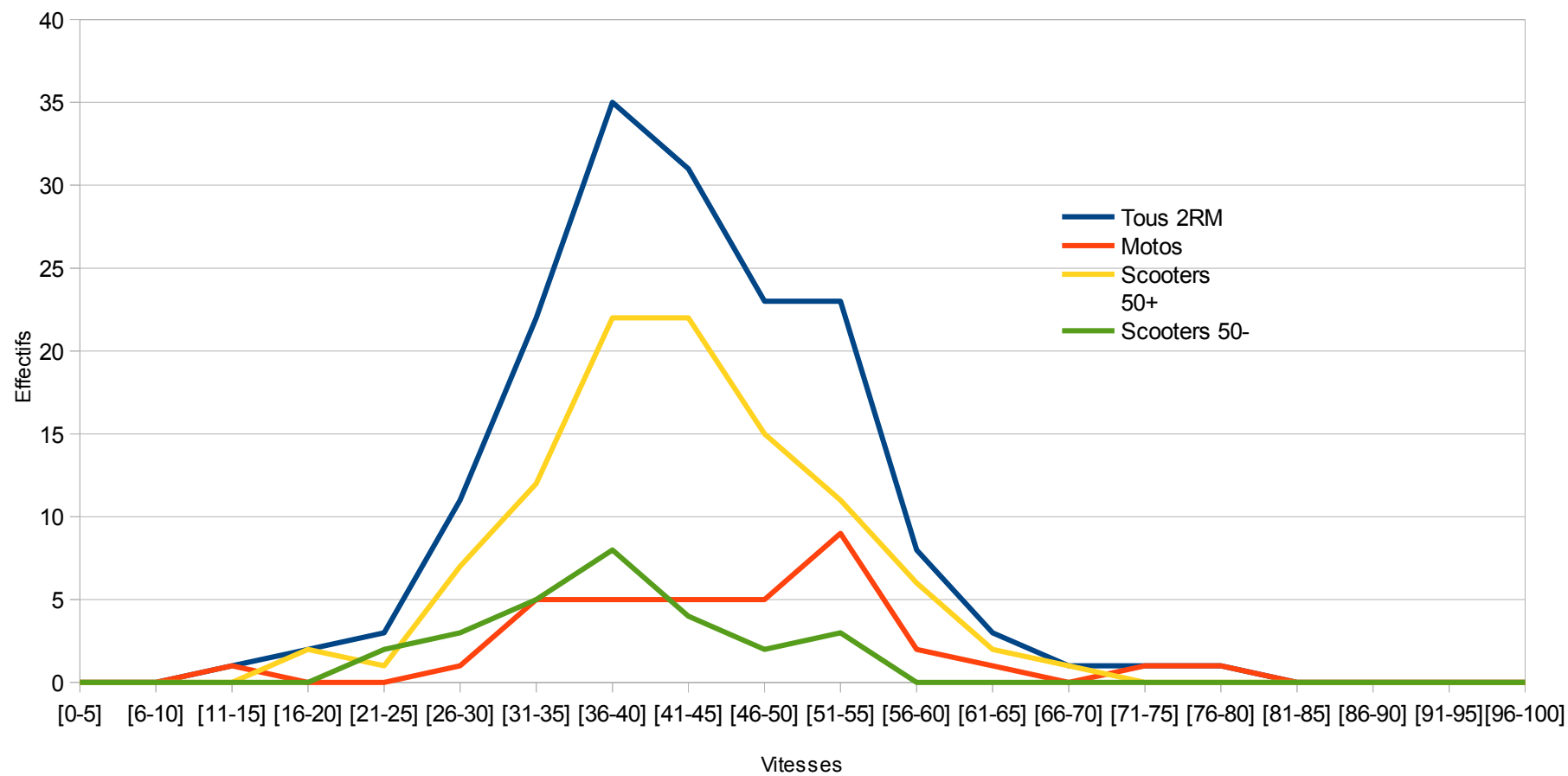


Illustration 32: Répartition des vitesses mesurées en aval par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au jaune

Le graphique précédent illustre la répartition des vitesses mesurées en aval des 10 carrefours par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au jaune. La tranche de vitesse la plus représentée tous 2RM confondus est de 36 à 40 km/h inclus (plus précisément les vitesses les plus représentée sont 38 et 40km/h avec 9 deux-roues motorisés mesurés à cette allure).

Les effectifs sont bien moins nombreux pour les motos et les scooters 50-.

Les effectifs maximums pour les différents types de 2RM sont : 8 scooters 50+ à 38km/h, 4 motos à 55km/h et 3 scooters 50- à 39 et 40km/h.

Au jaune en fonction du type de 2RM	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Tous les 2RM	165 dont 1 mobylette	43	53
Motos	36	47	55
Scooters 50+	101	42	53
Scooters 50 -	27	38	48

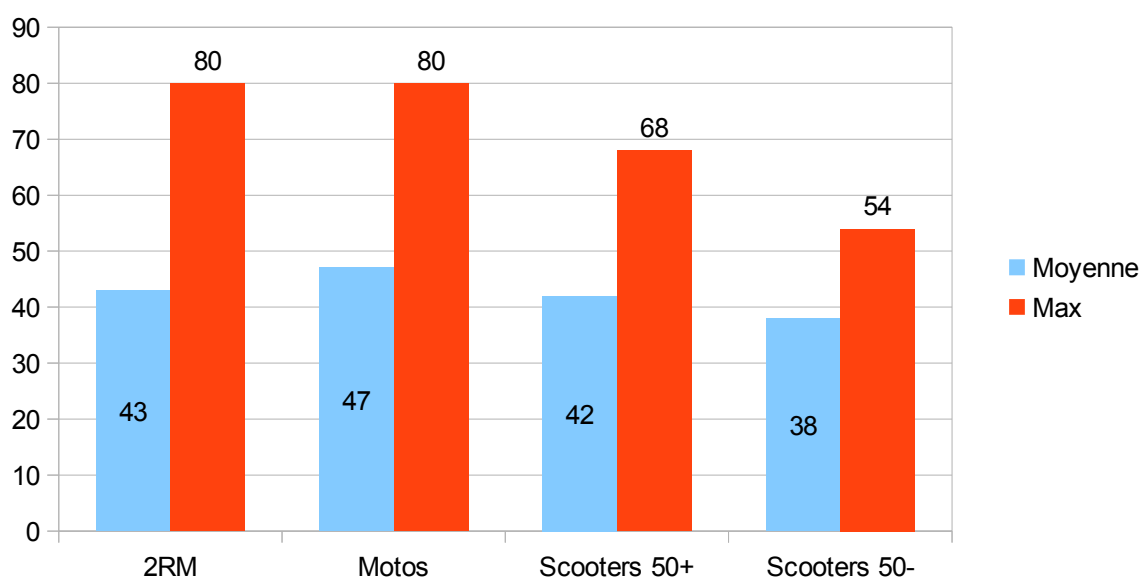


Illustration 33: Vitesses des différents types de 2RM en aval des carrefours au feu jaune

Le test a quand même été effectué malgré un échantillon de 27 cyclomotoristes (inférieur au seuil de « validité » du test généralement retenu fixé à 30).

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée n°1	Vitesse moyenne comparée n°2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Motos (47 km/h)	Scooters 50+ (42 km/h)	0,09	Non statistiquement différentes	Non statistiquement significative
2	Motos (47 km/h)	Scooters 50 – (38 km/h)	0,003	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Scooters 50+ (42 km/h)	Scooters 50 – (38 km/h)	0,03	Statistiquement différentes	Statistiquement significative

A retenir

Pour les mesures effectuées au jaune :

- La vitesse moyenne aval des scootéristes 50- est **significativement inférieure** à la vitesse moyenne aval des scootéristes 50+ et des motocyclistes
- La V85 des motocyclistes est la plus élevée tandis que celle des scootéristes 50- est la plus faible.

=> Les deux résultats précédent montre que globalement en sortie de carrefour, les motocyclistes ont une vitesse plus élevée au jaune que les scootéristes 50-.
- La V85 des motocyclistes et des scootéristes 50+ est supérieure à la limitation de vitesse réglementaire
- Les écart-types élevés pour tous les types de 2RM montrent une disparité des valeurs pour les vitesses (dispersion autour de la moyenne, ne montrant pas une homogénéité autour de cette valeur).

6.1.5 - Analyse des vitesses “aval” au rouge selon la catégorie de 2RM

Les échantillons trop faibles n'ont pas permis de calculer des vitesses moyennes qui auraient pu être comparées :

	Tous 2RM	Motos	Scoters 50+	Scoters 50 cm3
Nombre	39 dont 1 mobylette	2	25	11

39 deux-roues motorisés franchissent un carrefour au rouge, ce qui représente environ 1% des 2RM observés sans changement de direction.

Un graphique a été réalisé afin d'observer la répartition des vitesses des différents 2RM :

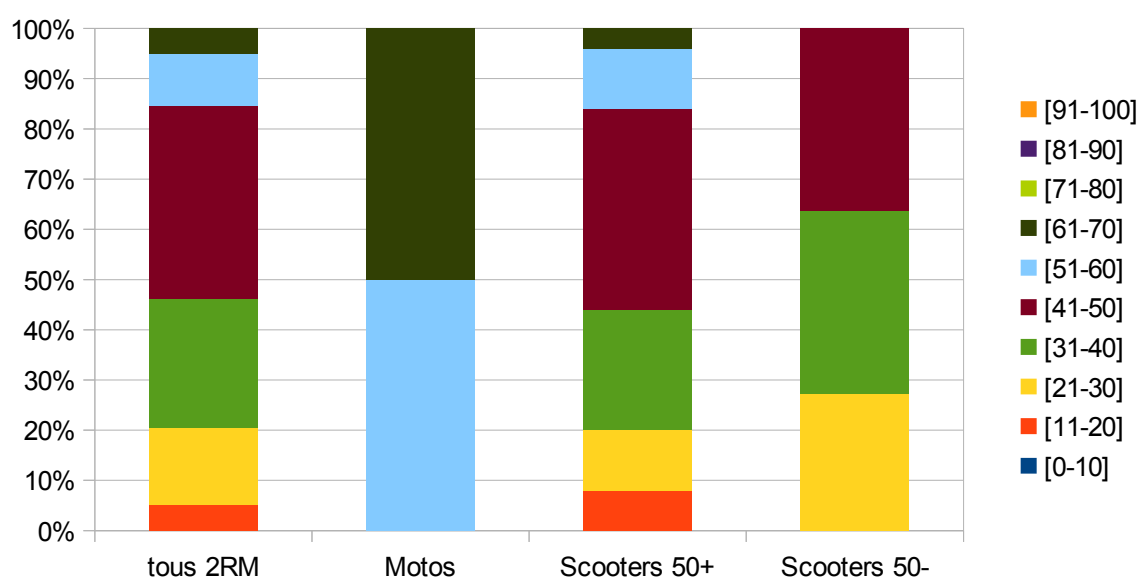


Illustration 34: Répartition des différents 2RM en fonction de leur vitesse au rouge, en aval de tous les carrefours

La majorité des franchissements s'effectue à une vitesse comprise entre 30 et 50km/h. Ceux au-dessus de 50 km/h existent toutefois et ne sont pas à marginaliser (2 motos et 3 scooters).

A retenir

Pour les mesures effectuées au rouge :

- Environ 1 % des 2RM observés sans changement de direction franchissent le feu au rouge
- Très peu de 2RM observés cumulent franchissement au rouge et infraction à la limitation de vitesse

6.1.6 - Comparaison de la vitesse “aval” des 2RM entre les différentes phases de feu selon la catégorie de 2RM

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée n°1	Vitesse moyenne comparée n°2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
Influence du démarrage sur la vitesse moyenne des 2RM en aval					
1	Motos (début vert) 35 km/h	Motos (vert standard) 44 km/h	3*10-15	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
2	Scooters 50+ (début vert) 33 km/h	Scooters 50+ (vert standard) 42 km/h	2*10-16	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Scooters 50- (début vert) 31 km/h	Scooters 50- (vert standard) 40 km/h	7*10-10	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
Influence du passage au jaune sur la vitesse moyenne des 2RM en aval					
4	Motos (vert standard) 44 km/h	Motos (jaune) 47 km/h	0,24	Non statistiquement différentes	Non statistiquement significative
5	Scooters 50+ (vert standard) 42 km/h	Scooters 50+ (jaune) 42 km/h	0,8	Non statistiquement différentes	Non statistiquement significative
6	Scooters 50- (vert standard) 40 km/h	Scooters 50- (jaune) 38 km/h	0,39	Non statistiquement différentes	Non statistiquement significative

A retenir

- Les vitesses moyennes « aval » sont significativement supérieures au « vert standard » par rapport au « début vert » quelle que soit la catégorie de 2RM. Cela laisse supposer que les 2RM sont encore en phase d'accélération lorsqu'ils franchissent la barrière aval après un démarrage en phase « début vert ».
- Les vitesses moyennes « aval » ne sont pas significativement supérieures au « jaune » par rapport au « vert standard » quelle que soit la catégorie de 2RM. Cela laisse supposer que les usagers de 2RM considèrent qu'un passage au « jaune » n'entraîne pas de difficulté particulière pour la traversée de l'intersection nécessitant la pratique d'une vitesse plus élevée qu'au « vert ».

6.2 - Pour les mouvements tournants

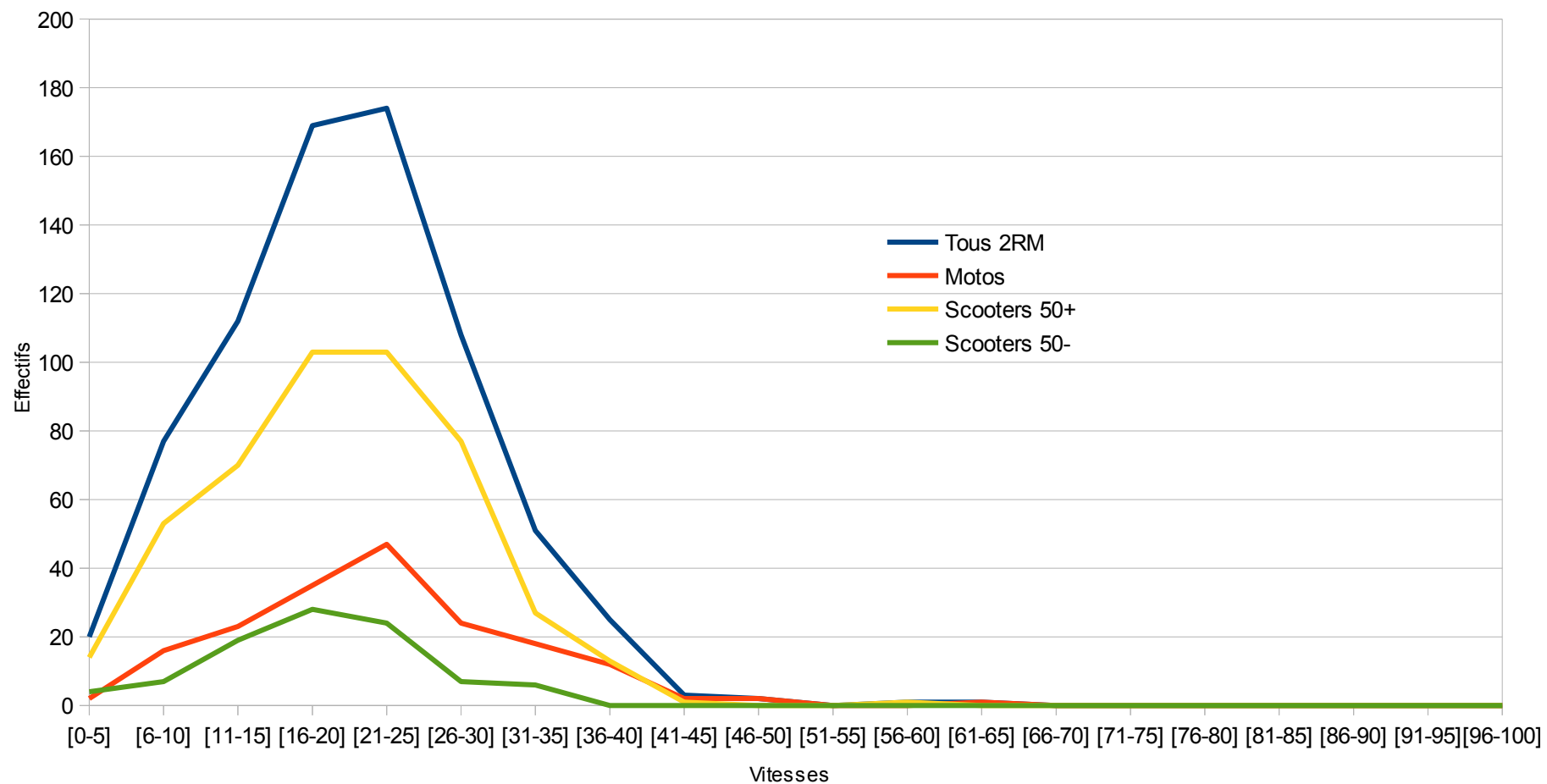


Illustration 35: Répartition des vitesses mesurées en aval par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM qui effectuent un mouvement tournant

Le graphique précédent illustre la répartition des vitesses mesurées en aval des 10 carrefours par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM qui effectuent un mouvement tournant. La tranche de vitesse la plus représentée tous 2RM confondus est de 21 à 25 km/h inclus (plus précisément la vitesse la plus représentée est 24km/h avec 41 deux-roues motorisés mesurés à cette allure).

Les effectifs sont bien moins nombreux pour les motos et les scooters 50-.

Les effectifs maximums pour les différents types de 2RM sont : 26 scooters 50+ à 26km/h, 13 motos à 24km/h et 8 scooters 50- à 18 et 22km/h.

Les différents types de 2RM	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Tous les 2RM	743 dont 4 mobylettes	21	29
Motos	182	23	31
Scooters 50+	462	20	28
Scooters 50 -	95	19	24

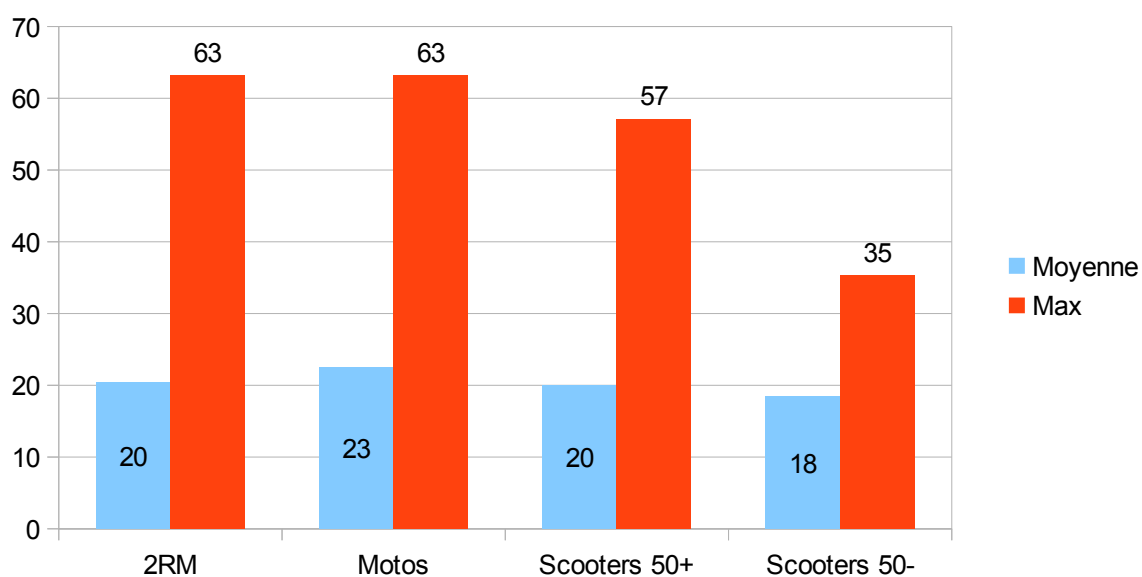


Illustration 36: Vitesses des différents types de 2RM, en aval des carrefours, effectuant un tourne-à (provenant de la rue croisée)

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée n°1	Vitesse moyenne comparée n°2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Motos 23km/h	Scooters 50+ 20km/h	0,001	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
2	Motos 23km/h	Scooters 50 - 19km/h	3*10-5	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Scooters 50+ 20km/h	Scooters 50 - 19km/h	0,0499 1	Statistiquement différentes	Statistiquement significative

A retenir

- Lorsqu'ils franchissent la barrière aval après un mouvement tournant depuis la rue croisée, les motocyclistes circulent significativement plus vite que les scootéristes 50+ et les scootéristes 50-.
- La V85 des motocyclistes est la plus élevée tandis que celle des scootéristes 50- est la plus faible.

=> Les deux résultats précédent montre que globalement en sortie de carrefour, les motocyclistes effectuant un « tourne-à » ont une vitesse plus élevée que les scootéristes 50+ et 50-.
- Lors des mouvements tournants, aucune catégorie de 2RM ne présente une V85 supérieure à la limitation de vitesse

6.3 - Pour les infractionnistes

Le taux d'infractionnistes à la limitation de vitesse au niveau de la barrière aval a été uniquement considéré pour les 2RM circulant en provenance de la rue mesurée car seulement deux 2RM (sur plus de 700) en provenance de la rue croisée circulaient avec une vitesse supérieure à 50 km/h (57 et 63km/h).

6.3.1 - Analyse des vitesses "aval" des infractionnistes au "vert standard" selon la catégorie de 2RM

Au « vert standard »	Nombre de 2RM						Pourcentage (par rapport au nombre de vitesse mesurée au vert pour ces catégories de 2RM)					
	51-55km/h	56-60km/h	61-65km/h	66-70km/h	71km/h et +	Total	51-55km/h	56-60km/h	61-65km/h	66-70km/h	71km/h et +	Total
Tous les 2RM	308	132	79	24	26	569	11 %	4%	2 %	- de 1 %	- de 1 %	18 %
Motos	72	37	24	5	11	149	11 %	6 %	4 %	- de 1 %	2 %	24 %
Scooters 50+	212	87	53	17	13	382	11 %	3 %	2 %	1 %	- de 1 %	18 %
Scoter 50 -	20	8	2	2	2	34	6 %	2 %	- de 1 %	- de 1 %	- de 1 %	10 %

A retenir

Au « vert standard »:

- 18 % des 2RM franchissent la barrière aval à une vitesse supérieure à la limitation autorisée, dont plus de 4 % en excès de vitesse supérieur à 10km/h.
- Les motos présentent un taux d'infraction (24%) nettement supérieur aux conducteurs de scooters 50+ (18%) et de scooters 50- (10%). Ces comparaisons ont été validées par un test du khi2 indiquant qu'à chaque fois les deux échantillons comparés possèdent des caractéristiques particulières liées à la situation étudiée et qui les différencient.

6.3.2 - Analyse des vitesses “aval” des infractionnistes au début vert selon la catégorie de 2RM

Au début vert	Nombre de 2RM						Pourcentage (par rapport au nombre de vitesse mesurée au vert pour ces catégories de 2RM)					
	51-55km/h	56-60km/h	61-65km/h	66-70km/h	71km/h et +	Total	51-55km/h	56-60km/h	61-65km/h	66-70km/h	71km/h et +	Total
Tous les 2RM	2	2	1	0	0	5	- de 1 %	- de 1 %	- de 1 %	0 %	0 %	2 %
Motos	1	0	0	0	0	1	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
Scoters 50+	1	2	1	0	0	4	- de 1 %	1 %	- de 1 %	0 %	0 %	2 %
Scoter 50 -	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

A retenir

Au début vert :

- 2% des 2RM franchissent la barrière aval à une vitesse supérieure à la limitation autorisée, dont pratiquement aucun en excès de vitesse supérieur à 10km/h.
- Aucun conducteur de scooter 50- n'a franchi la barrière aval en excès de vitesse.

6.3.3 - Analyse des vitesses "aval" des infractionnistes au jaune selon la catégorie de 2RM

Au jaune	Nombre de 2RM						Pourcentage (par rapport au nombre de vitesse mesurée au vert pour ces catégories de 2RM)					
	51-55km/h	56-60km/h	61-65km/h	66-70km/h	71km/h et +	Total	51-55km/h	56-60km/h	61-65km/h	66-70km/h	71km/h et +	Total
Tous les 2RM	23	8	3	1	2	37	14 %	5 %	2 %	- de 1 %	1 %	22 %
Motos	9	2	1	0	2	14	24 %	6 %	3%	0 %	6 %	39 %
Scoters 50+	11	6	2	1	0	20	11 %	6 %	2 %	1 %	0 %	20 %
Scoter 50 -	3	0	0	0	0	3	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %	11 %

A retenir

Au jaune:

- 22% des 2RM franchissent la barrière aval à une vitesse supérieure à la limitation autorisée, dont 3 % en excès de vitesse supérieur à 10km/h
- Les motos présentent un taux d'infraction (39%) nettement supérieur aux conducteurs de scooters 50+ (20%) et de scooters 50- (11%). Ces comparaisons ont été validées par un test du khi2 indiquant qu'à chaque fois les deux échantillons comparés possèdent des caractéristiques particulières liées à la situation étudiée et qui les différencient.
- Le taux d'infractionnistes chez les motocyclistes est très nettement supérieur (39 % contre 26%) lorsqu'ils franchissent le feu au « jaune » plutôt qu'au « vert standard » mais le test du khi2 indique que les deux échantillons ne possèdent pas de caractéristiques particulières qui les différencient et ne rend pas cette comparaison significative.
- Le taux d'infractionnistes est en revanche très stable pour les scootéristes entre la phase « vert standard » et la phase « jaune »

6.3.4 - Problématique de la perception des deux-roues motorisés par les piétons en sortie de carrefour à feux

Les deux-roues motorisés sont caractérisés par une faible détectabilité qui les rend difficiles à discerner dans le paysage urbain. De plus, ils sont dotés d'une importante capacité d'accélération leur permettant de traverser un carrefour dans des délais plus court que les autres véhicules motorisés. Le tableau suivant illustre le temps de traversée d'un 2RM dans un carrefour¹⁷ en fonction de sa vitesse :

	Temps de traversée en seconde		
Vitesse « aval » en km/h	50-60km/h	60-70km/h	70 km/h et +
Démarrage au vert	3 à 4''	3''	2''
Feu vert	2''	1,5''	1''
Feu jaune	2''	1,5''	1''

La pratique d'une vitesse trop élevée en sortie de carrefour semble particulièrement critique pour l'accidentalité entre 2RM et piéton, notamment lors d'un changement de phase de feu. En effet, au « début vert », un 2RM peut régulièrement se retrouver en conflit avec un piéton (particulièrement une personne à mobilité réduite) achevant sa traversée, et au « jaune », avec un piéton l'anticipant. Au « vert » pour la rue « mesurée », le piéton ne doit pas traverser la chaussée, mais il est fréquent que le piéton prenne l'information sur la circulation et traverse s'il estime que cela ne présente aucun danger pour sa sécurité.

Or, des travaux de l'INRETS¹⁸ démontrent que la déjà faible détectabilité des 2RM s'accroît nettement avec l'augmentation de la vitesse pratiquée, compliquant considérablement une prise d'information correcte pour les autres usagers et notamment les piétons.

Dans ces conditions, le taux relativement important de 2RM infractionnistes à la limitation de vitesse et la fréquence des traversées piétonnes dans les carrefours urbains laissent augurer de potentielles problématiques de conflit 2RM contre piéton d'un volume non négligeable.

¹⁷Calcul réalisé sur une moyenne des tailles des 10 carrefours observés.

¹⁸Clabaux et al - 2009

7 - Analyse des vitesses pratiquées en entrée et sortie des carrefours à feux selon la catégorie de deux-roues motorisés

Le tableau suivant illustre les vitesses pratiquées par différents types de 2RM en amont et en aval des différents carrefours :

		Tous les 2RM		Motos		Scooter 50+		Scooter 50-	
		Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
Vert	Vmoy (km/h) et effectif	37 (2916)	41 (2916)	37 (588)	43 (588)	37 (1973)	41 (1973)	35 (330)	39 (330)
Jaune	Vmoy (km/h) et effectif	41 (165 dont 1 mobylette)	43 (165)	45 (36)	46 (36)	40 (101)	42 (101)	37 (27)	38 (27)
Rouge	Vmoy (km/h) et effectif	37 (39 dont 1 mobylette)	41 (39)	x (2)	x (2)	x (25)	x (25)	x (11)	x (11)
Tous types de feu	Vmoy (km/h) et effectif	37 (3120 dont 27 mobylettes)	41 (3120)	38 (626)	43 (626)	37 (2099)	41 (2099)	35 (368)	39 (368)

Ci-dessous, deux graphiques représentant l'effectif des différents types de 2RM par tranche de 5km/h en amont des 10 carrefours au vert et au jaune :

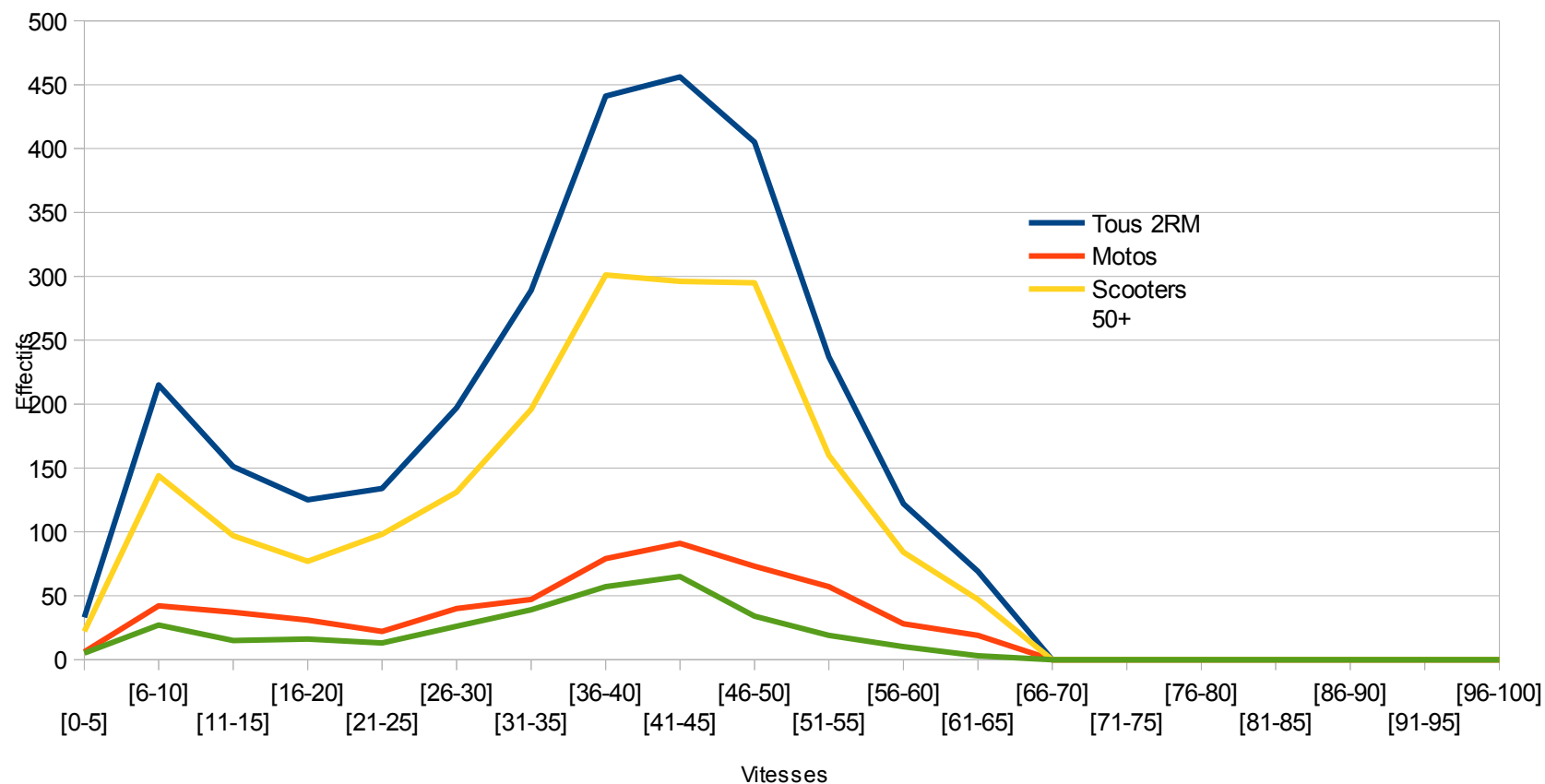


Illustration 37: Répartition des vitesses mesurées en amont par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au vert

Le graphique précédent illustre la répartition des vitesses mesurées en amont des 10 carrefours par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au vert. La tranche de vitesse la plus représentée tous 2RM confondus est de 41 à 45km/h inclus (plus précisément la vitesse la plus représentée est 40km/h avec 121 deux-roues motorisés mesurés à cette allure). Les effectifs sont bien moins nombreux pour les motos et les scooters 50-. Les courbes représentant leurs effectifs sont plus homogènes avec un maximum moins marqué par rapport aux scooters 50+.

Les effectifs maximums pour les différents types de 2RM sont : 90 scooters 50+ à 47km/h, 23 motos à 55km/h et 20 scooters 50- à 41km/h.

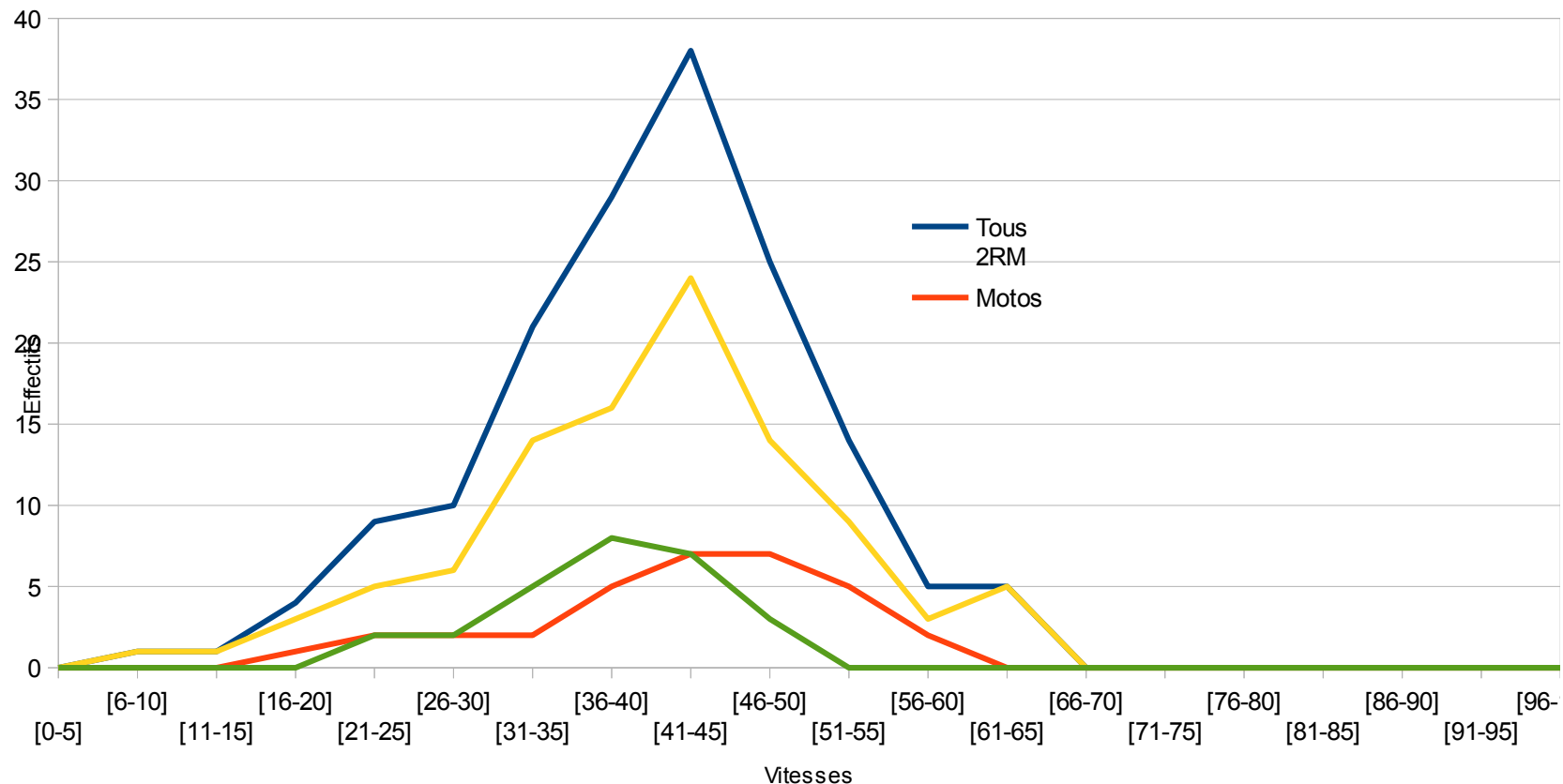


Illustration 38: Répartition des vitesses mesurées en amont par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au jaune

Le graphique précédent illustre la répartition des vitesses mesurées en amont des 10 carrefours par tranche de 5km/h pour toutes les catégories de 2RM au jaune. La tranche de vitesse la plus représentée tous 2RM confondus est de 41 à 45km/h inclus (plus précisément la vitesse la plus représentée est 41km/h avec 12 deux-roues motorisés mesurés à cette allure). Les effectifs sont bien moins nombreux pour les motos et les scooters 50-. Les courbes représentant leurs effectifs sont plus homogènes avec un maximum moins marqué par rapport aux scooters 50+. Les effectifs maximums pour les différents types de 2RM sont : 8 scooters 50+ à 41km/h, 4 motos à 42km/h et 3 scooters 50- à 38 et 41km/h.

7.1 - Comparaison sans discriminer les types de 2RM

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée Amont	Vitesse moyenne comparée Aval	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Tous les 2RM (tous feux) 37 km/h	Tous les 2RM (tous feux) 41 km/h	2*10-16	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
2	Tous les 2RM (vert) 37 km/h	Tous les 2RM (vert) 41 km/h	2*10-16	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Tous les 2RM (début vert) 9 km/h	Tous les 2RM (début vert) 34 km/h	2*10-16	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
4	Tous les 2RM (vert standard) 39 km/h	Tous les 2RM (vert standard) 42 km/h	2*10-16	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
5	Tous les 2RM (jaune) 41 km/h	Tous les 2RM (jaune) 43 km/h	0,001	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
6	Tous les 2RM (rouge) 37 km/h	Tous les 2RM (rouge) 41 km/h	0,03	Statistiquement différentes	Statistiquement significative

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée Amont 1	Vitesse moyenne comparée Amont 2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Tous les 2RM (vert standard) 39 km/h	Tous les 2RM (jaune) 41 km/h	0,07	Non statistiquement différentes	Non statistiquement significative

A retenir

- Quelle que soit la phase de feu, les 2RM (toutes catégories confondues) circulent **significativement plus vite** en aval de l'intersection qu'en amont.
- Au vert, la vitesse moyenne aval est **significativement supérieure** (environ 4km/h) par rapport à la vitesse moyenne amont. Les conducteurs de 2RM accélèrent dans le carrefour au vert. Même remarque pour le vert standard avec une vitesse supérieure d'environ 3 km/h. Les vitesses moyennes au vert standard sont supérieures au vert, car ce dernier inclut les vitesses pratiquées au début vert qui sont assez faibles.
- Au début vert, la vitesse moyenne aval est **significativement supérieure** (environ 25km/h) par rapport à la vitesse moyenne amont. Les conducteurs de 2RM accélèrent dans le carrefour au début vert et montre la forte capacité d'accélération d'un 2RM dans un carrefour.
- Au jaune, la vitesse moyenne aval est **significativement supérieure** (environ 2km/h) par rapport à la vitesse moyenne amont. Les conducteurs de 2RM accélèrent moins dans le carrefour quand ils passent au jaune par rapport au « vert standard » et ceux qui passent au jaune arrivent dans le carrefour avec une vitesse non statistiquement différente des conducteurs de 2RM passant au « vert standard ».
- Au rouge, la vitesse moyenne aval est **significativement supérieure** (environ 4km/h) par rapport à la vitesse moyenne amont. Les conducteurs de 2RM accélèrent dans le carrefour au rouge mais pas significativement plus qu'au vert

Dans la suite de cette partie, les comparaisons seront effectuées pour une même catégorie de 2RM. Devant les échantillons faibles de certaines catégories, toutes les comparaisons ne seront pas développées notamment pour le « début vert » et le « rouge »

7.2 - Pour les motos

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée Amont	Vitesse moyenne comparée Aval	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Motos (vert) 37 km/h	Motos (vert) 43 km/h	2*10-16	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
2	Motos (vert standard) 40 km/h	Motos (vert standard) 44 km/h	8*10-7	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Motos (jaune) 45 km/h	Motos (jaune) 46 km/h	0,06	Non Statistiquement différentes	Non Statistiquement significative

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée Amont 1	Vitesse moyenne comparée Amont 2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Motos (vert standard) 40 km/h	Motos (jaune) 45 km/h	0,06	Non Statistiquement différentes	Non Statistiquement significative

A retenir

- Au vert, la vitesse moyenne aval est **significativement supérieure** (environ 6km/h) par rapport à la vitesse moyenne amont. Les motocyclistes accélèrent dans le carrefour au vert. Même remarque pour le « vert standard » avec une vitesse supérieure d'environ 4 km/h. Les vitesses moyennes au « vert standard » sont supérieures au vert, car ce dernier inclut les vitesses pratiquées au début vert qui sont assez faibles.
- Au jaune, la vitesse moyenne aval n'est pas **significativement supérieure** par rapport à la vitesse moyenne amont. Les motocyclistes semblent conserver la même vitesse lors de la traversée du carrefour au jaune. Les conducteurs de motos n'arrivent pas avec une vitesse moyenne statistiquement différente dans le carrefour au jaune par rapport au « vert standard ».

7.3 - Pour les « scooters 50+ »

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée Amont	Vitesse moyenne comparée Aval	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Scooter 50+ (vert) 37 km/h	Scooter 50+ (vert) 41 km/h	$2 \cdot 10^{-16}$	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
2	Scooter 50+ (vert standard) 39 km/h	Scooter 50+ (vert standard) 42 km/h	$6 \cdot 10^{-15}$	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Scooter 50+ (jaune) 40 km/h	Scooter 50+ (jaune) 42 km/h	0,003	Statistiquement différentes	Statistiquement significative

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée Amont 1	Vitesse moyenne comparée Amont 2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Scooter 50+ (vert standard) 39 km/h	Scooter 50+ (jaune) 40 km/h	0,3	Non Statistiquement différentes	Non Statistiquement significative

A retenir

- Au vert, la vitesse moyenne aval est **significativement supérieure** (environ 4km/h) par rapport à la vitesse moyenne amont. Les scootéristes 50+ accélèrent dans le carrefour au vert. Même remarque pour le « vert standard » avec une vitesse supérieure d'environ 3 km/h. Les vitesses moyennes au « vert standard » sont supérieures au vert, car ce dernier inclut les vitesses pratiquées au début vert qui sont assez faibles.
- Au jaune, la vitesse moyenne aval est **significativement supérieure** (environ 2km/h) par rapport à la vitesse moyenne amont. Les scootéristes 50+ accélèrent moins dans le carrefour quand ils passent au jaune par rapport au « vert standard » et ceux qui passent au jaune arrivent dans le carrefour avec une vitesse non statistiquement différente des conducteurs de 2RM passant au « vert standard ».

7.4 - Pour les « scooters 50- »

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée Amont	Vitesse moyenne comparée Aval	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Scooter 50- (vert) 35 km/h	Scooter 50- (vert) 39 km/h	1*10 ⁻¹¹	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
2	Scooter 50- (vert standard) 37 km/h	Scooter 50- (vert standard) 40 km/h	0,01	Statistiquement différentes	Statistiquement significative
3	Scooter 50- (jaune) 37 km/h	Scooter 50- (jaune) 38 km/h	0,64	Non Statistiquement différentes	Non Statistiquement significative

T test de Welsh	Vitesse moyenne comparée Amont 1	Vitesse moyenne comparée Amont 2	p-value	Vitesses moyennes	Comparaison
1	Scooter 50- (vert standard) 38 km/h	Scooter 50- (jaune) 38 km/h	0,9	Non Statistiquement différentes	Non Statistiquement significative

A retenir

- Au vert, la vitesse moyenne aval est **significativement supérieure** (environ 4km/h) par rapport à la vitesse moyenne amont. Les cyclomotoristes 50- accélèrent dans le carrefour au vert. Même remarque pour le « vert standard » avec une vitesse supérieure d'environ 3 km/h. Les vitesses moyennes au « vert standard » sont supérieure au vert, car ce dernier inclut les vitesses pratiquées au début vert qui sont assez faibles.
- Au jaune, la vitesse moyenne aval **n'est pas significativement supérieure** par rapport à la vitesse moyenne amont. Les cyclomotoristes 50- conservent la même vitesse lors de la traversée du carrefour au jaune. Les conducteurs de scooters 50- n'arrivent pas avec une vitesse moyenne supérieure dans le carrefour au jaune par rapport au « vert standard ».

8 - Analyse des vitesses aval pratiquées par les deux-roues motorisés selon le type de carrefour à feu

8.1 - Les carrefours sont-ils comparables ?

Chacun des 10 carrefours à feu instrumenté dans le cadre de l'étude présente des caractéristiques particulières qui lui sont propres et qui influent sur les possibilités de pratiquer une vitesse de traversée plus ou moins élevée :

- Distance entre la barrière amont et la barrière aval ;
- Nombre de voies de circulation ;
- Régime de circulation ;
- Possibilité ou non d'effectuer des mouvements tournants ;
- Aménagements dévolus à la circulation des vélos ou transports en commun.

De plus, d'autres facteurs indépendants de la configuration du carrefour influent également sur la possibilité de pratiquer une vitesse plus ou moins rapide, tel que :

- Le trafic recensé sur les axes de circulation ;
- La saturation du carrefour ;
- La durée du cycle de feu.

Dans ces conditions, il est extrêmement complexe de procéder à des comparaisons de vitesses moyennes des 2RM entre les différents carrefours instrumentés pour l'étude. Il est toutefois possible d'établir des typologies de carrefour et d'analyser quelques éléments selon les « familles » constituées.

Le tableau suivant liste les carrefours selon leur structure (taille du carrefour par rapport à la distance inter-barrière et le nombre de voies) afin de comparer les carrefours aux caractéristiques « similaires ».

Remarque¹⁹ : Le sens A et le sens B n'est là que pour illustrer la connaissance des données pour les deux sens de circulation. Pour la rue mesurée, la valeur du trafic hors parenthèse est celui de sens de circulation allant en direction de la caméra tandis que la valeur entre parenthèse représente le trafic dans le sens inverse.

¹⁹Les données trafics ont été fournies par la ville de Paris.

	Distance inter-barrière (en m)	Nombre de voies	Largeur totale des voies dans un sens (en m)	Vmoy Amont au vert (km/h)	Vmoy Aval au vert (km/h)	Vmoy Aval vert -Vmoy Amont vert	Vmoy Aval au début vert (km/h)	Vmoy au jaune (km/h)	TMJA sur rue mesurée en 2009 JO Moyenne 0H-24H	TMJA sur rue croisée en 2009 JO Moyenne 0H-24H
CAF 1	18,8	4 voies dont une voie bus	9	34	40	6	31	Echantillon trop faible	31 930	Pas de données
CAF 2	29,9	4 voies dont une voie bus	9,4	32	37	5	35	Echantillon trop faible	31 930	Sens A :20 200 Sens B :23 370
CAF 3	22,6	2 voie et une bande cyclable	5,5	39	46	7	33	Echantillon trop faible	10 740 (10 520)	Pas de données
CAF 4	21,9	2 voies	5,4	38	40	2	34	Echantillon trop faible	22 200	Pas de données
CAF 5	25,2	2 voies et une piste ou bande cyclable	7,6	40	43	3	37	Echantillon trop faible	15 250 (~ 10 570)	10 920
CAF 6	21,8	3 voies dont une voie bus	6,7	42	45	3	33	Echantillon trop faible	24 850	Pas de données
CAF 7	40,8	2 voies et un site propre axial tramway	5,8	34	43	9	35	Echantillon trop faible	11 300 (14 435)	Pas de données
CAF 8	25,2	4 voies dont 1 voie bus	9	36	40	4	36	Echantillon trop faible	33 170	29 270
CAF 9	23,2	4 voies dont 2 voies bus	5	22	30	8	28	Echantillon trop faible	5360	35 200
CAF 10	29,8	3 voies	8	33	42	9	36	Echantillon trop faible	15 300 (15 305)	Sens A :12 830 Sens B :9760

Ce tableau permet d'effectuer des regroupements sur certains critères :

CAF 3, 4, 6 et 9 : distance inter-barrière « similaire » et 2 voies de circulation pour tous les types de véhicules de largeur totale des voies pratiquement identique. Ces carrefours semblent comparable.

CAF 5 et 8 : distance inter-barrière pratiquement identique mais nombre de voies différentes. Difficile de comparer ces deux carrefours.

CAF 2 et 10 : distance inter-barrière identique, 3 voies de circulation pour tous les types de véhicules de et largeur totale des voies « similaire ». Ces carrefours semblent comparables.

CAF 1 et 7 : deux carrefours dont les distances inter-barrière sont très différentes de toutes les autres. Impossible à comparer aux autres carrefours.

Toutefois, les paramètres identifiés dans chacun de ces carrefours démontrent qu'il est difficile de tirer des enseignements solides : il ne ressort aucune corrélation possible. Par exemple, il ne semble y avoir aucun lien entre la taille du carrefour (ou la distance inter-barrière) et le différentiel de vitesse entre l'amont et l'aval. Des facteurs indépendants aux caractéristiques d'aménagement (trafic, occupation et « vidage » du carrefour,...) influent donc sur les vitesses pratiquées par les 2RM et rendent difficilement comparables les carrefours.

De telles comparaisons seraient envisageables avec une classification de carrefours plus précise et des échantillons de 2RM plus importants. Des données supplémentaires sur les carrefours comme les trafics et le temps des phases pourraient être intéressants afin de mettre en évidence les spécificités influençant les vitesses des conducteurs de 2RM.

A retenir

- Il serait nécessaire d'instrumenter d'autres carrefours présentant des caractéristiques similaires (géométrie, distance inter-barrière, trafic...) pour espérer tirer des conclusions fiables sur une éventuelle corrélation entre aménagement du carrefour et vitesse pratiquée par les 2RM.

8.2 - Pour les mouvements tournants

Le « tourne-à » est identifié comme le mouvement d'un 2RM provenant de la rue croisée et se dirigeant dans la rue mesurée. Ce 2RM ne franchit que la barrière aval du dispositif.

Comme l'indique la partie précédente, il serait nécessaire d'instrumenter d'autres carrefours afin d'avoir des échantillons plus représentatifs. Pour les mouvements tournants les carrefours 1, 3, 4, 5 et 6 possèdent un échantillon trop faible pour être exploités.

Les carrefours 2, 7, 8, 9 et 10 semblent avoir des échantillons de taille correcte mais comme chaque carrefour est différent (voir partie 8.1) ils sont difficiles à comparer.

En observant les types de mouvements en « tourne-à » dans les carrefours, deux groupes ont été créés si des comparaisons devaient être faites plus tard :

- CAF 2, 8 et 9 : le seul mouvement de « tourne-à » est un TAD (tourne-à-droite) depuis la rue croisée.
- CAF 7 et 10 : les deux mouvements de « tourne-à » sont possibles, c'est-à-dire les TAD et les TAG (tourne-à-gauche) depuis la rue croisée.

A retenir

- Il serait nécessaire d'instrumenter d'autres carrefours présentant des caractéristiques similaires (géométrie, distance inter-barrière, trafic...) pour espérer tirer des conclusions fiables sur une éventuelle corrélation entre aménagement du carrefour et vitesse pratiquée par les 2RM effectuant un mouvement tournant.

8.3 - Influence du sas

Seuls les carrefours n°2, 3, 5 et 8 possèdent un sas sur la rue mesurée.

Au « début vert », le positionnement dans le sas d'un carrefour entraîne-t-il une vitesse supérieure en aval qu'un positionnement initial en tête dans un carrefour sans sas ? Pour cela plusieurs restrictions ont été posées dans les données relevées par le CEESAR pour extraire les données intéressantes : départ du sas ou non, début vert et classe de vitesse amont.

Restrictions pour les 2RM partant du sas : départ sas et début vert. Ces deux conditions assurent de ne garder que les 2RM démarrant au vert en provenant du sas.

Restrictions pour les 2RM ne partant pas du sas: non départ du sas, début vert et classe amont de vitesse de 1 à 20 km/h. Ces trois conditions assurent de ne garder que les 2RM démarrant au vert et ne provenant pas du sas de ce carrefour (par exemple gêné par une voiture...). Pourquoi intégrer comme restriction la classe amont de 1 à 20 km/h ? Ne pas mettre cette restriction pourrait inclure dans les données des 2RM arrivant lancés au début vert à des grandes vitesses, car le trafic est fluide.

Echantillon de 2RM partant d'un sas au « début vert » :

Départ du sas	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Carrefour 2	22	35	41
Carrefour 3	18	33	35
Carrefour 5	22	38	42
Carrefour 8	31	36	43

Echantillon de 2RM ne partant pas d'un sas au « début vert » avec une classe amont de vitesse comprise entre 1 et 20km/h :

Non départ du sas	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Carrefour 2	2	38	X
Carrefour 3	2	38	X
Carrefour 5	0	0	X
Carrefour 8	18	35	40

Comme cela a été évoqué précédemment (cf 7.1 Les comparaisons possibles sur les différents carrefours), la taille du carrefour a une incidence sur la vitesse de sortie. Dans cette partie, d'après les groupes formés et la taille des échantillons, il est impossible de comparer des carrefours entre eux.

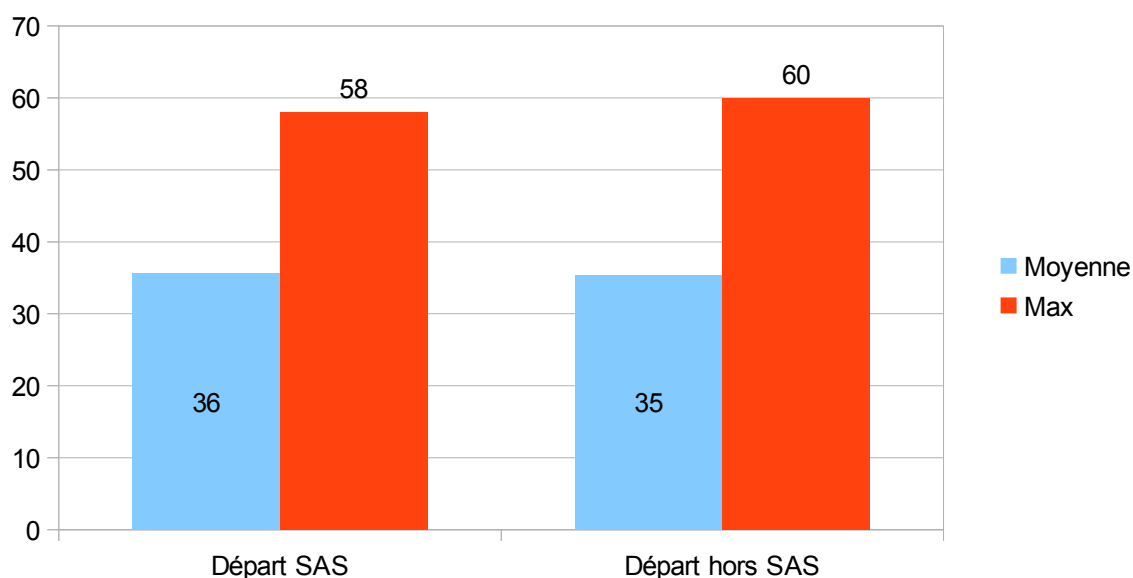


Illustration 39: Comparaison des vitesses des 2RM partant et ne partant pas d'un SAS (tous carrefours confondus)

La taille de l'échantillon du non départ d'un sas étant « modeste », il est impossible de réaliser le t test de Welsh afin de comparer les moyennes. Il est donc impossible de conclure sur une différence des deux vitesses moyennes.

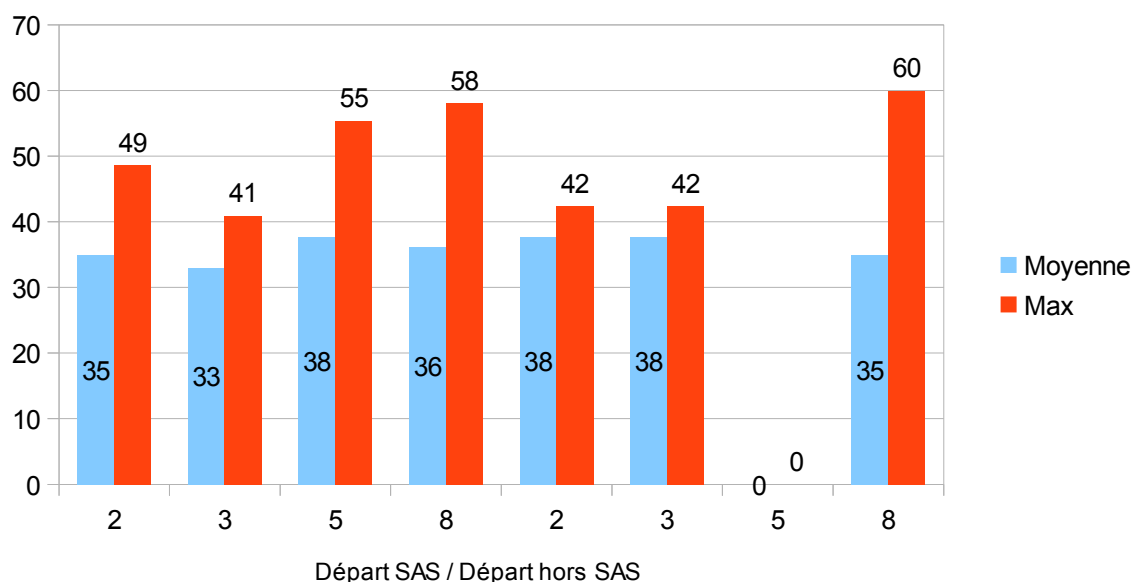


Illustration 40: Comparaison des vitesses (moyennes et maximales) des 2RM partant et ne partant pas d'un SAS (détail des carrefours)

Il est impossible de conclure sur la significativité des différences de vitesse observées pour les 2RM partant du sas et les 2RM partant hors sas au « début vert »

La vitesse maximale mesurée est recensée dans le carrefour 8, pour un 2RM partant hors sas.

Compte tenu de la faible taille des échantillons par catégorie de 2RM, les analyses discriminantes ne sont réalisées que pour les scooters 50+ et les motos

Échantillon scooter 50+ :

Scooters 50+ (carrefour 8)	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Départ sas	22	35	41
Départ hors sas	14	34	40

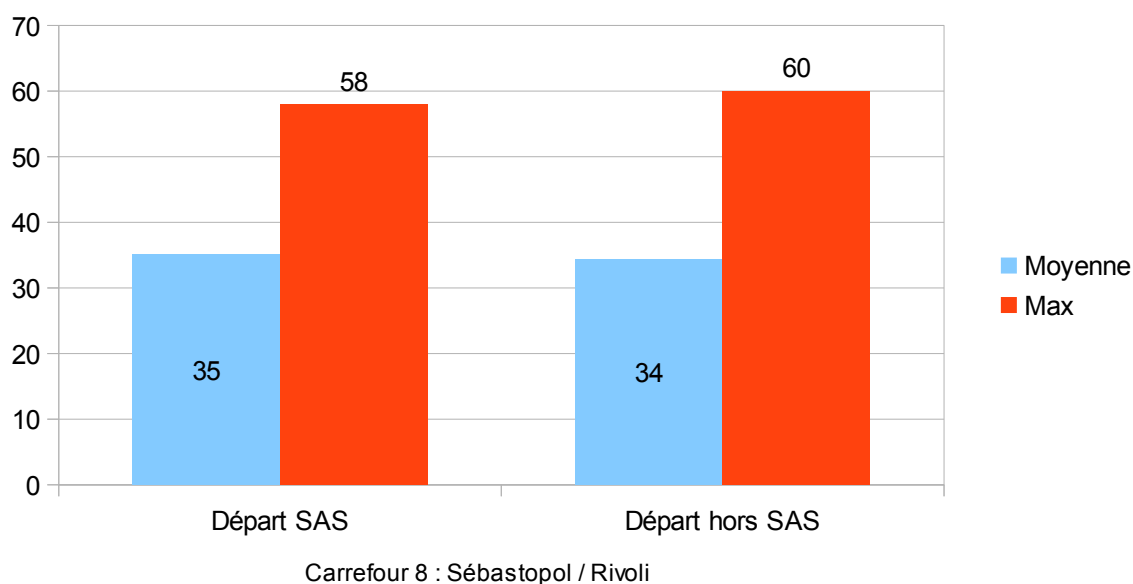


Illustration 41: Comparaison des vitesses des scooters 50+ partant et ne partant pas d'un SAS (carrefour 8)

Il est impossible de conclure sur la significativité des différences de vitesse observées pour les scooters 50+ partant du sas et ceux partant hors sas au « début vert »

Échantillon moto :

Motos (carrefour 8)	Nombre total	Vitesse moyenne (en km/h)	V85 (en km/h)
Départ sas	9	39	48
Départ hors sas	4	37	39

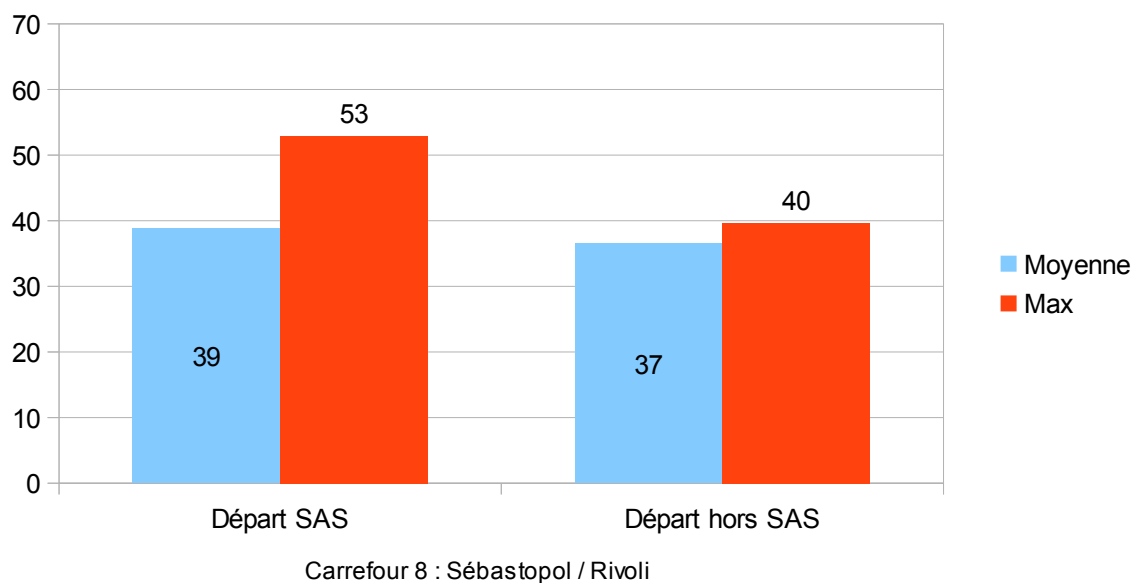


Illustration 42: Comparaison des vitesses des scooters partant et ne partant pas d'un sas (carrefour 8)

Il est impossible de conclure sur la significativité des différences de vitesse observées pour les motos partant du sas et celles partant hors sas au « début vert »

A retenir

- Les conducteurs de 2RM utilisent les sas.
- Il y a, à priori, peu d'influence de la présence d'un SAS sur les vitesses des 2RM mais les échantillons faible empêchent de conclure.
- Il serait nécessaire d'instrumenter d'autres carrefours présentant des sas pour espérer tirer des conclusions fiables.

9 - Conclusion

Le dispositif mis en place dans le cadre de cette étude est certes perfectible, notamment parce que le taux de mesures enregistrées par les barrières amont (54%) et aval (71%) est encore assez loin de l'exhaustivité et que le système d'enregistrement vidéo ne permet pas de couvrir tous les angles de vue permettant d'évaluer complètement le comportement des usagers 2RM.

Toutefois, les analyses des données recueillies pendant les 40 heures de fonctionnement du dispositif permettent de tirer des enseignements particulièrement intéressants sur la circulation des 2RM dans Paris.

Comparaison des comportements selon la catégorie de 2RM

Estimation de la composition du parc 2RM circulant dans Paris :

Selon la classification retenue, la composition du trafic 2RM circulant dans Paris est de :

- 20 % de motocyclettes,
- 70 % de scooters > 50cm³ ou scooters 50+
- 10 % de scooters < 50cm³ ou scooters 50-, assimilables à la catégorie des cyclomoteurs

Vitesse moyenne en aval du carrefour pratiquée par les usagers 2RM circulant sans changement de direction avec discrimination selon la catégorie de 2RM et la phase de feu

Bien que les écarts en valeur absolue soient relativement modérés, la vitesse moyenne pratiquée en aval pratiquée par les usagers 2RM est statistiquement différente selon la catégorie de 2RM.

- Au vert, le test statistique indique une différence significative entre la vitesse moyenne pratiquée par les motocyclettes (43km/h), les scooters 50+ (41km/h) et les scooters 50- (39km/h). Résultats identiques au « vert standard » avec des vitesses moyennes un peu plus grandes.
- Au début vert, seule la comparaison de la vitesse moyenne pratiquée par les motocyclettes (35km/h) et les scooters 50- (31km/h) est statistiquement significative. Cette différence peut s'expliquer par des différences liées à des aspects techniques des véhicules, les motos ont une vitesse d'accélération (une « nervosité ») que n'ont pas les scooters de moins de 50 cm³.
- Au jaune, la vitesse moyenne pratiquée par les scooters 50- (38km/h) est significativement inférieure à celle des scooters 50+ (42km/h) et des motocyclettes (47km/h). Il convient toutefois de modérer cette conclusion, car les échantillons de motocyclettes (N=36) et de scooters 50- (N=27) franchissant le carrefour au « jaune » sont en limite de pertinence du test statistique.

Comparaison des vitesses moyennes aval pratiquées par une même catégorie d'usagers 2RM circulant sans changement de direction selon la phase de feu

- La vitesse moyenne pratiquée en aval au « vert standard » par une catégorie d'usagers 2RM est significativement supérieure à celle pratiquée en aval au « début vert » par cette même catégorie d'usagers 2RM. Cela indique que les usagers 2RM sont encore en phase d'accélération en sortie de carrefour lorsqu'ils démarrent après un arrêt au feu.
- Pour une même catégorie d'usagers 2RM, les vitesses moyennes pratiquées en aval au « vert standard » et au « jaune » ne sont pas significativement différentes. Il faut toutefois pondérer

cette affirmation pour les motocyclettes, car l'écart entre les 2 valeurs est plus importante (43km/h et 47km/h).

Taux de franchissement du carrefour au « rouge » pour les usagers 2RM circulant sans changement de direction

Bien qu'il ne faille pas les négliger, les comportements infractionnistes relatifs au franchissement au « rouge » sont plutôt modérés.

- Environ 1 % des usagers de 2RM observés franchissent le feu au rouge
- « Seulement » 5 usagers de 2RM ont cumulé franchissement du feu au rouge et infraction à la limitation de vitesse

Vitesse moyenne en aval du carrefour pratiquée par les usagers 2RM effectuant un mouvement tournant

Comme prévisible, la vitesse des 2RM lors d'un mouvement tournant en milieu urbain dense ne présente pas de problématique particulière liée à la vitesse.

- La vitesse moyenne des motocyclistes (23km/h) est significativement supérieure à celle des scootéristes 50+ (20km/h) et des scootéristes 50- (19km/h)
- Toutes les catégories d'usagers 2RM présentent une V85 très nettement inférieure à la limitation de vitesse lors des mouvements tournants.

Taux d'infractionnistes à la limitation de vitesse en aval du carrefour pour les usagers 2RM circulant sans changement de direction avec discrimination selon la catégorie de 2RM et la phase de feu

Le taux d'infractionnistes à la limitation de vitesse est loin d'être négligeable au « vert » et au « jaune ». De plus, il existe une corrélation entre cylindrée du 2RM et taux plus élevé d'infractionnistes à la vitesse.

- Au début vert, 2 % des usagers 2RM franchissent la barrière aval à une vitesse supérieure à 50km/h. Ce phénomène concerne principalement les motocyclistes.
- Au « vert standard », 18 % des usagers 2RM franchissent la barrière aval à une vitesse supérieure à 50km/h. Plus la cylindrée du 2RM est importante, plus le taux d'infractionnistes est élevé.
- Au « jaune », le taux d'infractionnistes chez les motocyclistes progresse de 50 % rapport au « vert standard » (39 % au jaune contre 24% au vert). En revanche, le taux d'infractionnistes est particulièrement stable chez les scootéristes.

Comparaison des vitesses moyennes en amont et en aval des carrefours pratiquées par les usagers 2RM circulant sans changement de direction

- Au « vert standard », les 2RM (toutes catégories confondues) circulent significativement plus vite en aval qu'en amont du carrefour (tous carrefours confondus).
- Au jaune et au « vert standard », les vitesses moyennes des usagers 2RM lorsqu'ils s'engagent dans les carrefours ne peuvent pas être considérées comme différentes.

Comparaison des comportements des usagers dans les divers carrefours

Les comparaisons de vitesses moyennes pratiquées dans les différents carrefours instrumentés se heurtent à la difficulté d'apprécier convenablement la totalité des facteurs pouvant influencer le comportement des usagers 2RM, tels que géométrie du carrefour, régime de circulation, trafic sur la rue mesurée et la rue croisée ou bien encore encombrement du carrefour. De même, l'évaluation d'une éventuelle influence d'un positionnement dans le sas au démarrage du 2RM sur la vitesse pratiquée en aval n'est pas concluante, car les échantillons relevés sont trop faibles.

Propositions de suites à réaliser pour cette étude

Des recherches²⁰ et études récentes ont établi que selon leur région d'origine, les automobilistes perçoivent très différemment le comportement des usagers de 2RM ou qu'une pratique très spécifique telle que la circulation inter-file est hétérogène sur le territoire national. Il semblerait donc pertinent de vérifier si le comportement des usagers dans les carrefours à feux est identique dans diverses villes de province, particulièrement celles qui recensent un plus fort trafic 2RM telles que Marseille, Lyon ou Nice.

Il pourrait également être intéressant d'instrumenter des carrefours à feux à des périodes de plus faible trafic, lorsque la circulation est plus fluide et les vitesses pratiquées par les 2RM peut être plus élevées. Il conviendrait alors de veiller à instrumenter des axes suffisamment circulés pour bénéficier de données suffisamment exhaustives et de trouver une solution pour éviter le vol ou la dégradation du matériel.

Enfin, il serait peut-être envisageable de tirer des conclusions fiables sur une éventuelle corrélation entre aménagement du carrefour et vitesse pratiquée par les 2RM à partir d'une sélection plus exhaustive de carrefours instrumentés présentant les mêmes caractéristiques géométriques, de circulation et de trafic.

10 - Lexique et abréviations

- CEESAR : Centre Européen d'Etude de Sécurité et d'Analyse des Risques ;
- Dter IdF : Direction Territoriale Ile-de-France ;
- «Conflit CEESAR» : conflit relevé par le système de mesure du CEESAR ;
- Rue mesurée : rue où est mis en place de dispositif de mesure ;
- Rue croisée : rue sécante à la rue mesurée ;
- 2RM : deux-roues motorisés ;
- Les motocyclettes : identifiées comme les 2RM de plus forte cylindrée et avec un conducteur positionné à califourchon sur le carénage
- Scooter 50+ : identifiés comme les scooters les plus volumineux avec un conducteur en position assise
- Scooter 50 - : identifiés comme des scooters de petite taille avec un conducteur en position assise
- « tourne-à » : c'est le mouvement effectué par un 2RM provenant de la rue croisée et se dirigeant dans la rue mesurée ;
- feu vert : « *Les feux de signalisation verts autorisent le passage des véhicules, sous réserve, dans les intersections, que le conducteur ne s'engage que si son véhicule ne risque pas d'être immobilisé et d'empêcher le passage des autres véhicules circulant sur les voies transversales* » ;
- début vert : Il fait partie intégrante de la phase verte et n'est que les 3 premières secondes du feu vert ;
- feu jaune : « *Tout conducteur doit marquer l'arrêt devant un feu de signalisation jaune fixe, sauf dans le cas où, lors de l'allumage dudit feu, le conducteur ne peut plus arrêter son véhicule dans des conditions de sécurité suffisantes* » ;
- feu rouge : « *Tout conducteur doit marquer l'arrêt absolu devant un feu de signalisation rouge, fixe ou clignotant* » ;
- sas : C'est un espace réservé aux cycles et cyclomoteurs en amont du feu selon l'article suivant, Art R415-15 : « *aux intersections, l'autorité investie du pouvoir de police peut décider de mettre en place sur les voies équipées de feux de signalisation communs à toutes les catégories d'usagers deux lignes d'arrêt distinctes, l'une pour les cycles et cyclomoteurs, l'autre pour les autres catégories de véhicules* »²¹ ;
- Moyenne : représente la somme de toutes les valeurs des parties d'un échantillon divisé par le nombre total de parties de cet échantillon ;
- Écart-type : intervalle représentant la dispersion des données autour de la moyenne. Plus l'intervalle est petit plus les données sont proches de la moyenne, plus cette dernière est représentative ;
- V85 : la V85 est la vitesse en dessous de laquelle circule 85 % des usagers
- Vitesse max : vitesse maximale mesurée par le dispositif lors des relevés ;

²¹Guide pour la conception des aménagements cyclables, Grand Lyon communauté urbaine.
« Vitesses des 2RM dans 10 CAF parisiens » Cerema-Dter IdF – 67 –

- Séries appariées : Deux séries sont appariées lorsque les données sont organisées de manière logique par paires. C'est un cas particulier si les mêmes individus ont été mesurés deux fois (avant et après « un événement », peu importe la signification du mot « événement »).
- Test du Khi2 : Le test du Khi2 est un test statistique qui permet de tester l'indépendance entre deux variables. Les tests ont été effectués avec le logiciel R : si la p-value obtenue était inférieure à 5 %, l'hypothèse d'indépendance des variables pouvait être rejetée. Il était donc possible d'affirmer qu'il existe un lien statistique entre les lignes et les colonnes du tableau.

11 - Annexes

11.1 - Annexe 1 : liste des 10 carrefours à feux parisiens

La mairie de Paris a communiqué une liste de dix carrefours à étudier ([Plan des CAF ciblés](#)). Les mesures ont débuté le 23 Octobre 2012 et se sont terminées le 20 Novembre 2012. Les carrefours suivants ont été mesurés :

N°	Rue mesurée	Rue croisée	Date	Sas Vélo	Couloir Bus	Couloir Vélo	Inter-distance barrières (m)
1	Bd St Germain	R Hautefeuille	24/10/2012	N	O	N	18,8
2	Bd St Germain	Bd St Michel	25/10/2012	O	O	N	29,9
3	Bd Exelmans	R Michel Ange	23/10/2012	O	N	O	22,6
4	Av Ledru Rollin	R De Bercy	30/10/2012	N	N	O	21,9
5	132 Bd de la Villette	Quai De Jemmapes	31/10/2012	O	N	O	25,2
6	Bd De Strasbourg	R De Metz	14/11/2012	O	O	N	21,8
7	BD Lefebvre	R Olivier De Serres	16/11/2012 AM	N	N	O	40,9
			22/11/2012 PM	N	N	O	40,8
8	BD De Sébastopol	R De Rivoli	22/10/2012	O	O	N	25,2
9	R Etienne Marcel	BD De Sébastopol	15/11/2012	N	O	N	23,2
10	Place Du Général Koenig	Bd Gouvion St Cyr	20/11/2012	N	N	N	29,8

11.2 - Annexe 2 : détail sur le calcul des incertitudes du système

Description des erreurs connues et de l'incertitude :

Une erreur d'écartement des faisceaux entraîne une erreur systématique sur les mesures de vitesse au niveau d'une barrière. Mais cette erreur est négligeable si la distance et le parallélisme des faisceaux sont correctement réglés. **Lors de toutes les mesures sur les 10 CAF parisiens, les barrières ont été mises en place de manière similaire (en faisant attention au parallélisme et à l'écartement des faisceaux) pour rendre cette erreur négligeable, avec un écartement des lasers d'un mètre.**

Les erreurs qui entachent les mesures de temps et de durées sont :

- Le temps de réponse des détecteurs laser (0,25 ms)
- Le pas de l'horloge de référence (1 ms)
- La période de scrutation des données par le système d'acquisition (1 ms)

Ce qui donne une erreur maximale commise sur le datage d'un événement de 2,25 ms et une erreur maximale sur la durée de passage entre les deux lasers de + ou - 2,25 ms (différence des dates de passage devant les deux lasers). L'incertitude type sur la durée de passage a aussi été calculée (valeur de + ou - 0,85 ms) avec la formule suivante : $\pm(0,25^2 + 1/3 + 1/3)^{1/2} = \pm 0,85$ ms.

Finalement avec une distance séparant les lasers de 1 mètre, l'erreur maximale tolérée (EMT) et l'incertitude type sur les mesures de vitesse s'établissent comme suit :

Vitesse (m/s)	10	20	30
Vitesse (km/h)	36	72	108
EMT(%)	2,25 %	4,5 %	6,75 %
EMT (km/h)	0,8	3,2	7,3
Incertitude type (%)	0,85 %	1,7 %	2,55 %
Incertitude type (km/h)	0,3	1,2	2,8

Plus les vitesses des usagers sont importantes plus l'incertitude type augmente. Dans 70 % des cas, l'erreur sur la mesure n'excède pas l'incertitude type, dans les autres cas, elle est toujours inférieure à l'erreur maximale qui est l'EMT. **Dans la présente étude moins d'1 % des 8522 vitesses mesurées sont supérieures à 70km/h.**

Lorsque des vitesses moyennes sont étudiées, si le nombre de vitesse est suffisamment grand, alors l'incertitude est négligeable.

11.3 - Annexe 3 : Détail du test statistique

Dans la présente étude, des comparaisons entre vitesses moyennes mesurées en aval doivent être effectuées. **Par exemple : comparaison de la vitesse moyenne en aval des motos à celle des scooters 50+ au feu vert.** Pour effectuer ces comparaisons, le test du t de Welsh doit être appliqué et non celui du t de Student, car les variances des échantillons mesurés sont inconnues et supposées différentes (cas le plus restrictif)²². Pour utiliser ce test, il est nécessaire que les objets comparés suivent une loi normale²³. Dans les paragraphes suivant il va être expliqué pourquoi il a été possible d'utiliser le test du t de Welsh et quels résultats peuvent en être retirés.

Les données fournies par le dispositif expérimental sont des échantillons de vitesses. Ces derniers sont issus de la population totale de 2RM. **Toujours dans l'exemple : le dispositif a mesuré des vitesses de motos et de scooters 50+ en aval dans un carrefour, donnant ainsi deux échantillons.**

Un échantillon renvoi une vitesse moyenne en aval. **Dans l'exemple : l'échantillon de vitesses de motos donne la vitesse moyenne en aval des motos dans ce carrefour et l'échantillon de vitesses de scooters 50+ donne la vitesse moyenne en aval des scooters 50+.**

Les vitesses relevées et contenues dans les échantillons ne suivent pas une loi normale mais en vertu du théorème central limite, lorsque la taille de l'échantillon tend vers l'infini il est possible de dire que la moyenne de cet échantillon tend vers la loi normale. En pratique, dès que $n > 30$ (ou égal) l'approximation devient efficace. **Dans notre cas, les moyennes des échantillons (qui sont en fait les vitesses moyennes en aval) suivent une loi normale si les échantillons sont plus grands ou égal à 30²⁴.**

Le logiciel R permet de comparer les vitesses moyennes à partir des échantillons grâce au test t de Welsh. Il indique si les moyennes sont différentes²⁵. Pour cela, il calcule la p-value qui est la probabilité d'obtenir la même valeur du test si l'hypothèse nulle était vraie (l'hypothèse nulle étant que les moyennes sont identiques). La p-value est comparée à un seuil préalablement défini (seuil de 5% qui est l'intervalle de confiance) et si elle est inférieure à cette valeur (de 0,05), l'hypothèse nulle est rejetée au profit de l'hypothèse alternative (les moyennes sont différentes). Le résultat du test est alors déclaré **« statistiquement significatif »**.

²²Cf R pour les Stratophobes, p16, Denis Poinot

²³Une distribution normale ou gaussienne est une distribution que ne dépend que de deux paramètres : son espérance et son écart-type. Sa représentation graphique est la très connue courbe en cloche.

²⁴Cf Comparaison de populations, tests paramétriques. Version 1.2, p9, Ricco Rakotomalala.

²⁵Les valeurs de données contenues dans l'échantillon mais aussi sa taille ont une influence sur le résultat du test.
« Vitesses des 2RM dans 10 CAF parisiens » Cerema-DTer IdF – 71 –

11.4 - Annexe 4 : efficacité des mesures de vitesses

	Moto (1610)		Scooter (6004)		Scooter 50 (849)		Mobylette (59)		Total	
	Provient de la rue mesurée	Provient de la rue croisée	Provient de la rue mesurée	Provient de la rue croisée	Provient de la rue mesurée	Provient de la rue croisée	Provient de la rue mesurée	Provient de la rue croisée	Provient de la rue mesurée	Provient de la rue croisée
Nombre de 2RM	1394	216	5379	625	742	107	54	5	7569	953
Nombre de 2RM avec vitesses amont et aval relevés	627		2112		370		27		3136	
Nombre de vitesses relevées pour un 2RM dont les vitesses ont été mesurées en amont et en aval	1254		4224		740		54		6272	
Nombre de vitesses relevées en amont seul	151		723		65		6		945	
Nombre de vitesses relevées en aval seul	415	181	1537	463	222	95	17	4	2191	742
Nombre de vitesses relevées par le dispositif	1820	181	6484	464	1027	95	77	4	9408	744
Total nombre de vitesses relevées par le dispositif sur les deux rues	2001		6948		1122		81		10 152	
Nombre de vitesses que le dispositif aurait dû relever (amont+aval)	(1394+1394) 2788	216	(5379+5379) 10 758	625	(742+742) 1484	107	(54+54) 108	5	15 138	953
Total sur les deux rues	3004		11 383		1591		113		16 091	
Pourcentage des mesures de vitesses réussies	65 %	84 %	60 %	74 %	69 %	89 %	71 %	80 %	62 %	78 %

Pourcentage sur les deux rues	67 %		61 %		71 %		72 %		63 %	
Nombre de vitesses relevées en amont	778		2835		435		33		4081	
Nombre de vitesses que le dispositif aurait dû relever en amont	1394		5379		742		54		7569	
Pourcentage de mesures réussies en amont	56 %		53 %		59 %		61 %		54 %	
Nombre de vitesses relevées en aval	1042	181	3649	463	592	95	44	4	5297	742
Total vitesses relevées en aval	1223		4112		687		48		6039	
Nombre de vitesses que le dispositif aurait dû relever en aval	1610		6004		849		59		8522	
Pourcentage de mesures réussies en aval	78 %		68 %		81 %		81 %		71 %	

Légende des lignes du tableau :

-Nombre de 2RM : Nombre de 2RM observés lors du visionnage des vidéos.

-Nombre de 2RM avec vitesses amont et aval relevés : Nombre de 2RM dont à la fois les vitesses en amont et les vitesses en aval ont été mesurées.

-Nombre de vitesses relevées pour un 2RM dont les vitesses ont été mesurées en amont et en aval : Lorsque les vitesses amont et aval d'un 2RM ont été mesurées, deux vitesses ont été ajoutées à la base de donnée. Le dispositif a donc mesuré deux vitesses pour un seul 2RM. Il faut donc multiplier par deux la ligne précédente.

-Nombre de vitesses relevées en amont seul : Nombre de vitesses que le dispositif a relevé en amont des carrefours alors que le 2RM correspondant n'a pas eu de vitesses mesurées en aval.

-Nombre de vitesses relevées en aval seul : Nombre de vitesses que le dispositif a relevé en aval des carrefours alors que le 2RM correspondant n'a pas eu de vitesses mesurées en amont.

-Nombre de vitesses relevées par le dispositif : total des vitesses amont et aval mesurées par le dispositif dans les 10 carrefours.

-Total nombre de vitesses relevées par le dispositif sur les deux rues : somme des vitesses amont et aval mesurées par le dispositif pour les 2RM provenant des rues mesurées et croisées.

-Nombre de vitesses que le dispositif aurait dû mesurer (amont + aval) : nombre de vitesses en amont et en aval que le dispositif aurait mesuré si 100 % des 2RM avaient été captées par les barrières. Ainsi pour un 2RM provenant de la rue mesurée, le dispositif aurait dû relever 2 vitesses (une en amont et une en aval) et pour un 2RM provenant de la rue croisée, le dispositif aurait dû relever 1 vitesse.

-Total sur les deux rues : nombre total sur les deux rues des vitesses que le dispositif aurait dû mesurer si 100 % des 2RM avaient été captées par les barrières.

-Pourcentage des mesures de vitesses réussies : ratio nombre de vitesses mesurées par le dispositif en amont et en aval sur le nombre de vitesses que le dispositif aurait dû mesurer en amont et en aval si 100 % des 2RM avaient été captées.

-Pourcentage sur les deux rues : ratio identique à la ligne précédente mais donnant le pourcentage de mesures de vitesses réussies globale pour tout le dispositif (illustre l'efficacité globale du dispositif sur les carrefours).

-Nombre de vitesses relevées en amont : nombre de vitesses relevées en amont par le dispositif.

-Nombre de vitesses que le dispositif aurait dû relever en amont : nombre de vitesses en amont que le dispositif aurait mesuré si 100 % des 2RM avaient été captées par la barrière située en amont du carrefour (ce nombre est égal au nombre de 2RM provenant de la rue mesurée).

-Pourcentage de mesures réussies en amont : ratio nombre de vitesses relevées en amont par le dispositif sur le nombre de vitesses que le dispositif aurait dû relever en amont. Ce pourcentage illustre l'efficacité du dispositif en amont des carrefours.

-Nombre de vitesses relevées en aval : nombre de vitesses relevées en aval par le dispositif.

-Nombre de vitesses que le dispositif aurait dû relever en aval : nombre de vitesses en aval que le dispositif aurait mesuré si 100 % des 2RM avaient été captées par la barrière située en aval du carrefour (ce nombre est égal au nombre de 2RM provenant de la rue mesurée auquel il faut ajouter le nombre de 2RM provenant de la rue croisée).

-Pourcentage de mesures réussies en aval : ratio nombre de vitesses relevées en aval par le dispositif sur le nombre de vitesses que le dispositif aurait dû relever en aval. Ce pourcentage illustre l'efficacité du dispositif en aval des carrefours.

