

**Freinage d'urgence
motos vs voitures particulières**
Essais sur piste



Rapport

Historique des versions du document

| Version | Date | Commentaire |
|-------------|------------|--|
| V0 | 23/10/2015 | Initialisation du document par le CEREMA |
| V1.0 | 25/11/2015 | Suite réunion de travail CEREMA / UTAC CERAM |
| V2 | 15/12/2015 | Version provisoire envoyée à la DSCR suite relectures et corrections |
| V3 | 12/01/2016 | Version finale après compléments DSCR |

Affaire suivie par

| |
|---|
| Eric Violette - DITM-GESM |
| <i>Tél. : 02 35 68 81 33 / Fax : 02 35 68 81 23</i> |
| <i>Courriel : eric.violette@cerema.fr</i> |

Rédacteurs

Eric VIOLETTE – CEREMA / DITM-GESM
Pierre Jean LE BEC – UTAC CERAM

Relecture

Olivier FLORIS – CEREMA / DITM-GESM
Didier GILOPPE – CEREMA / DITM-GESM
Florence ROSEY – CEREMA / DITM-GESM
Nicolas DUBOS – CEREMA / DITM-GESR

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| 1. Contexte et objectifs | 5 |
| 1.1 Eléments de contexte | 5 |
| 1.2 Objectifs d'une expérimentation | 6 |
| 1.3 Conditions pratiques de réalisation : éléments de faisabilité | 7 |
| 2. Cahier des charges et déroulement des essais..... | 9 |
| 2.1 Conditions générales des essais : météo et piste d'essai | 9 |
| 2.2 Véhicules | 10 |
| 2.3 Vitesse de conduite initiale | 12 |
| 2.4 Panel de conducteurs | 12 |
| 2.5 Instrumentation..... | 13 |
| 2.6 Consignes et mode opératoire | 15 |
| 2.7 Déroulement des essais | 17 |
| 2.8 Sécurité des essais | 18 |
| 3. Traitement et exploitation des mesures | 19 |
| 3.1 Préparation des données | 19 |
| 3.2 Mesures exploitables..... | 21 |
| 3.3 Exploitation des mesures | 22 |
| 3.4 Temps de perception-réaction | 23 |
| 3.5 Décélération | 24 |
| 3.6 Distance d'arrêt | 25 |
| 4. Synthèse et conclusions | 27 |
| Références | 29 |
| Annexe 1 : Catégorisation et classification des véhicules : extraits..... | 31 |
| Annexe 2 : Temps de perception / réaction | 33 |
| Annexe 3 : Décélération | 35 |
| Annexe 4 : Distances d'arrêt | 37 |
| Annexe 5 : Test U de Mann & Whitney sur les distances d'arrêt..... | 39 |

Ce rapport décrit les essais de freinage réalisés sur les pistes de l'UTAC CERAM afin de disposer d'une information actualisée sur les performances obtenues entre une moto¹ et une voiture particulière (VP).

Après un rappel du contexte et des objectifs, la seconde partie précise le cahier des charges et notamment les choix argumentés et retenus pour les conditions de déroulement des essais.

La troisième partie aborde les résultats obtenus en distinguant les principaux facteurs discriminants de ces essais : moto/VP et vitesse. Les résultats sont décrits par les trois principaux indicateurs : temps de perception-réaction, décélération et distance d'arrêt.

¹ La terminologie utilisée dans ce rapport est précisée en annexe.

1. Contexte et objectifs

1.1 Eléments de contexte

A la demande de la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières (DSCR), le Cerema a rédigé un rapport concernant le freinage en situation d'urgence des motos vs les véhicules particuliers (VP) afin de disposer d'un état de l'art sur ce sujet. Les paragraphes qui suivent font référence à cette étude [Violette, 2015].

La recherche bibliographique réalisée pour cette étude s'est avérée très inégale dans les sources d'informations disponibles au sujet du freinage d'urgence des motos. Par rapport au VP, la littérature scientifique est peu abondante, même si l'on identifie des publications qui convergent vers des résultats relativement robustes. Si la communauté motarde dispose de nombreux supports de communication, force est de constater que le freinage d'urgence n'apparaît pas être la principale actualité. Les comparaisons entre performances de différents types de véhicules ne sont pratiquement jamais abordées (de manière rigoureuse), rarement par les motards encore moins par les automobilistes. **D'un point de vue général, les données des caractéristiques des performances de freinage des véhicules (moto et VP) ne sont que très rarement disponibles.**

Il a été fait le choix de décomposer la distance d'arrêt comme la somme de la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction (TPR) et celle parcourue pendant le freinage.

Si la première distance dépend principalement de la vitesse initiale du véhicule et des capacités du conducteur, la littérature n'apporte pas d'élément tangible qui laisse à penser que selon que l'on conduit une moto ou un VP, les TPR seraient différents.

Concernant la distance parcourue pendant le freinage, il apparaît clairement des différences entre les 2 types de véhicules qui tiennent à la fois aux caractéristiques mêmes des véhicules et à la réalisation de l'action freinage par le conducteur en situation d'urgence.

En considérant les véhicules, les principales différences affectant les performances de freinage sont :

- **Les surfaces d'empreintes des pneumatiques au sol** qui permettent de passer la puissance de freinage. Elles constituent un facteur objectif qui limite les capacités de freinage d'urgence des motos par rapport aux VP.
- **Une moto n'a que deux roues** alors qu'un VP en possède quatre. C'est trivial mais cela permet d'augmenter la surface de contact au sol et aussi de garantir la stabilité dynamique pour les VP.
- **Le transfert de masse sur l'avant** devient un facteur important d'instabilité pour une moto alors qu'il est maîtrisé par la répartition des freins avant/arrière pour un VP. En l'absence d'ABS² pour les motos, les blocages de roues (avant ou arrière) sont fortement influencés par ce transfert.
- **Généralement, une moto dispose de deux commandes de freins** qu'il va falloir gérer en urgence alors qu'un opérateur humain est par nature mono tâche (bien que les systèmes de freinage combiné ont tendance à se multiplier). Un VP n'a qu'une pédale de frein avec un dispositif de répartition.
- Les assistances au freinage d'urgence telles que ABS et AFU³ ont largement pénétré le monde des VP alors qu'elles débutent chez les motos.
- Les cyclomoteurs et certaines gammes de scooters se situent dans la partie basse des caractéristiques des motos (faible puissance de freinage, empreinte au sol des

² ABS : Anti Blocage Système

³ AFU : Aide au Freinage d'Urgence

pneus plus faible) les pénalisant d'autant plus dans leur capacité à fortement décélérer.

En considérant l'action du freinage d'urgence à réaliser par un conducteur, elle apparaît élémentaire pour un automobiliste car elle consiste à appuyer le plus fort possible sur la pédale de frein si le véhicule est doté d'un ABS (cas pour la majorité des véhicules neufs depuis 2004⁴). Il obtiendra alors les performances maximales de décélération de son véhicule. Pour un conducteur de moto, la tâche à effectuer est bien plus complexe car elle consiste, en l'absence de freinage combiné, à gérer les deux commandes de freins en essayant d'obtenir le freinage maximal tout en conservant la stabilité de la moto (risque de blocage de roue et de chute). L'aptitude du conducteur à réaliser cette manœuvre est fortement sollicitée. Elle dépend de l'expérience et de la formation (initiale et continue). On fait l'hypothèse que le déploiement des assistances au freinage d'urgence pour les motos (ABS obligatoire à partir de 2016 ou 2017 pour les motos neuves⁵) tendra à réduire la part du conducteur les actions nécessaires pour effectuer un freinage d'urgence en permettant de mieux mobiliser les capacités du véhicule.

1.2 Objectifs d'une expérimentation

La réalisation d'une expérimentation de freinage d'urgence moto vs VP repose sur les trois principales raisons suivantes :

- L'absence de données actualisées, précises, circonstanciées et comparables sur les performances de freinage des deux types de véhicules,
- L'idée répandue dans la communauté motarde que les motos disposent d'une capacité de freinage supérieure aux VP pouvant induire une sur confiance pour les motards face à cette situation,
- Une forte présence dans l'accidentalité de collisions moto/VP.

La DSCR a demandé au Cerema d'une part de définir le cahier des charges d'une telle expérimentation et d'autre part d'en assurer la maîtrise d'ouvrage déléguée en tenant compte des éléments de cadrage suivants :

- Conditions externes : route sèche, sur piste, en ligne droite.
- Véhicules : VP et moto > 125 cm³ milieu de gamme dotés des équipements de base définis par les constructeurs (freins, pneumatiques, pression, ...),
- Situation initiale : 50 km/h pour des raisons de sécurité des essais,
- Panel : conducteurs avec profils diversifiés,
- Réalisation : ne pas excéder une journée,
- Moyens : à définir.

A l'issue de cette expérimentation, on devra disposer de données/mesures tangibles qui permettront à la DSCR de rédiger une note d'information, destinée au grand public, sur les performances comparées des deux types de véhicules en situation de freinage d'urgence. Les informations à recueillir lors des essais de freinage doivent permettre d'estimer les indicateurs suivants :

- Distance d'arrêt,
- TPR et distance parcourue pendant ce TPR,
- Temps et distance de freinage,
- Décélération durant le freinage.

⁴ Obligatoire via l'ESC (Electronic Stability Control) depuis le 01/11/2011 pour véhicules nouveau type et depuis le 01/11/2013 pour les véhicules tout type.

⁵ ABS obligatoire à partir de 01/01/2016 pour les nouveaux types et 01/01/2017 pour tout type.

1.3 Conditions pratiques de réalisation : éléments de faisabilité

Dans ce chapitre, nous proposons de décrire plus précisément les conditions de réalisation d'une telle expérimentation en proposant des critères de choix qui tiennent compte à la fois des besoins exprimés par la DSCR et des possibilités offertes. Pour ce faire, nous avons repris l'ensemble des items initialement envisagés par la DSCR en proposant des hypothèses de travail raisonnables afin de s'assurer de la faisabilité de tels essais.

Conditions externes : elles sont définies par la piste sur laquelle est envisagée la manœuvre et par les conditions météorologiques. Pour des raisons de simplicité de tâche de conduite à réaliser, le freinage est effectué en ligne droite. Pour ce faire, il convient de disposer d'une ligne droite dégagée et suffisamment longue pour atteindre et stabiliser la vitesse d'essai. La piste retenue ne doit pas avoir de pente, ni de dévers. La qualité du revêtement ne doit pas perturber la liaison au sol des pneumatiques (uni) et l'adhérence devra être la plus constante possible pour éviter d'introduire un biais si les véhicules ne freinent pas scrupuleusement sur la même zone (déclenchement des ABS). Durant toute la durée des essais, la piste doit rester sèche afin de conserver les conditions expérimentales.

Véhicules : les essais nécessitent le choix d'au moins deux véhicules, VP et moto. Si le choix de deux véhicules de milieu de gamme semble pertinent, il convient de préciser les critères à prendre en considération pour retenir deux modèles adaptés et équivalents. Parmi ces critères, on peut citer :

- **Gamme / Usage :** véhicules de milieu de gamme pour un usage domicile/travail et loisirs.
- **Equipements :** conception récente avec ABS. La question de l'AFU se pose notamment pour les véhicules français les plus récents qui en sont dotés. Pour la moto, l'ABS est impératif. Les pneumatiques sont ceux préconisés par les constructeurs. Les freins n'ont pas subi de modification.
- **Performances de freinage :** si ce paramètre est disponible pour les véhicules envisagés, il peut constituer un critère de choix afin de s'assurer que les véhicules sont bien équivalents de ce point de vue.
- **Marques / Modèles :** le choix peut se faire en fonction de la diffusion la plus large possible dans le segment retenu d'un point de vue gamme et usage.
- **Neuf ou occasion :** les véhicules à utiliser pour les essais doivent présenter toutes les garanties quant à leur capacité de fonctionnement nominal défini par le constructeur. La vérification des caractéristiques est nécessaire, tant du point de vue technique que du point de vue juridique. Dans le cas de véhicules neufs, le vendeur (ou l'organisme qui met à disposition) peut apporter cette garantie. Dans le cas de véhicules d'occasion, une révision et un contrôle technique sont nécessaires avant le début des essais.

Vitesse de conduite initiale : pour des raisons de sécurité liées à la réalisation des essais, il est envisagé de réaliser des freinages avec une vitesse de conduite initiale de 50 km/h qui correspond, d'une part à un usage urbain des véhicules et, d'autre part à la vitesse de résistance du corps humain en cas de chute, même avec un équipement complet. Au delà de 50 km/h, il est utile de rappeler que les accidents de motos liées à une libération brutale de l'énergie cinétique emmagasinée sont souvent mortels. Avec cette vitesse de conduite, la discrimination des performances de freinage des différentes catégories de véhicules est limitée à quelques mètres, voire moins. Pour une vitesse de conduite initiale plus élevée (90 km/h par exemple), on se situe dans un usage de type rase campagne qui correspond à près de 2/3 des accidents mortels motos). La récente analyse de la base de données VOIESUR⁶ concernant la thématique des moto [Dubos et Varin, 2015] a montré que dans 56 % des accidents mortels moto, une manœuvre de freinage avait été entreprise sans

⁶ <http://voiesur.esy.es/>

succès. Réaliser une expérimentation avec une vitesse initiale plus importante tout en maîtrisant les risques permet de mieux discriminer les freinages selon les types de véhicules et de conducteurs.

Panel de conducteurs : cet élément est crucial pour la réalisation des essais. D'abord, il est illusoire de vouloir disposer d'un panel représentatif de la population des conducteurs de VP et de moto. De plus pour des raisons de biais dans les populations, il est préférable de disposer d'un panel commun pour conduire les différents types de véhicules, à savoir des conducteurs disposant des deux permis de conduire (A et B) qui sont amenés à conduire les différents véhicules. Les critères de choix du panel doivent répondre d'abord aux objectifs des essais et à sa faisabilité :

- Veut-on des profils diversifiés et obtenir une variabilité dans les performances ? Dans ce cas, les critères de sélection sont à définir et à hiérarchiser parmi des modalités telles que : sexe, age, expérience de conduite, formation spécifique aux manœuvres d'urgence, ...
- Veut-on plutôt des conducteurs experts capables de solliciter les différents véhicules afin de mieux les discriminer ? Dans ce second cas, un principal critère pourrait être l'expertise apportée par la profession de moniteur d'auto/moto école par exemple. La taille du panel dépend aussi de la nature des objectifs et de la faisabilité. Un nombre de 15 personnes apparaît être un minimum. Un tel choix tendra à optimiser les résultats obtenus du point de vue des performances obtenues sans être nécessairement représentatif de la population moyenne des motards.

Réalisation et mode opératoire : le souhait de ne pas dépasser une journée n'est pas sans influence sur le mode opératoire à mettre en œuvre et les moyens à déployer lors des essais. Cependant il convient que le panel soit décomposé en n parties selon le nombre de véhicules retenus afin de contrebalancer les passages. Chaque conducteur doit conduire tous les véhicules et effectuer plusieurs freinages avec chaque véhicule afin de se garantir des aléas des essais (typiquement 3 à 5). Le mode opératoire de réalisation de la manœuvre est important tant par la consigne de conduite initiale (vitesse stabilisée la plus précise possible) que par la réalisation du freinage qui doit être réalisé à réception d'un top départ avec la consigne qui pourrait être la suivante : stopper le véhicule avec la distance la plus courte possible mais avec une marge qui permet de garder le contrôle (chute interdite durant ces essais). La manière de délivrer la consigne doit être identique quel que soit le type de véhicule.

Moyens à mettre en œuvre : les moyens à mettre en œuvre dépendent de l'ensemble des éléments constitutifs des essais. Quelques points particuliers sont à lister :

- Une piste avec une ligne droite suffisamment longue et dont le revêtement et les abords ne présentent pas de risque particulier pour la réalisation de la manœuvre de freinage,
- Des véhicules en configuration « constructeur » qu'il faudra avoir préalablement vérifiés et instrumentés avec un dispositif de type freinographe (par exemple : http://www.projetel.fr/crbst_5.html),
- Un panel de conducteurs sélectionnés selon des critères prédéfinis. Les conducteurs devront être équipés de moyens de protection individuels notamment des vêtements adaptés à la pratique de la moto ainsi qu'un gilet airbag en cas de chute,
- Une logistique matérielle sur la piste pour vérifier les vitesses et délivrer les consignes (signal lumineux, signal sonore, casques, ...),
- Une logistique humaine pour la réalisation des essais y compris des moyens de secours mobilisables en cas de chute d'un motard.

En préalable, les conditions juridiques et assurancielles d'une telle expérimentation doivent avoir été vérifiées auprès de l'ensemble des partenaires. Ce point peut d'ailleurs être bloquant pour la faisabilité des essais.

2. Cahier des charges et déroulement des essais

Dans les chapitres suivants, on propose de décrire précisément les différents facteurs qui ont été choisis pour la réalisation des essais en argumentant les choix effectués. L'UTAC CERAM a été retenu comme partenaire pour la fourniture des moyens matériels nécessaires à la réalisation des essais.

2.1 Conditions générales des essais : météo et piste d'essai

Les essais doivent impérativement se dérouler par beau temps (sans précipitations) avec une piste sèche. Elle a été réalisée sur une piste afin de contrôler l'ensemble des paramètres lors des passages des véhicules.

Le choix d'une piste doit répondre aux critères retenus concernant la manœuvre à réaliser : alignement droit, pas de pente, peu ou pas de dévers, adhérence la plus constante possible, revêtement et uni de bonne qualité. Les abords de la piste doivent être exempts d'éléments verticaux susceptibles de constituer des obstacles en cas de chute d'un motard.

A ces critères, on peut ajouter : possibilité d'effectuer un circuit simple pour réaliser plusieurs essais, dégagements pour limiter les risques en cas de perte de contrôle, locaux pour recevoir les conducteurs, atelier pour préparer et contrôler les véhicules, possibilité de travailler en exclusivité, possibilité de déployer des moyens d'observation, localisation géographique, ...

L'UTAC CERAM dispose de pistes diversifiées sur son site de Montlhéry qui ont permis d'effectuer une telle expérimentation dans les meilleures conditions de déroulement.

Le plan et la photo ci-dessous décrivent les pistes d'essais utilisées dont les principales caractéristiques sont :

- Les zones utilisées pour le freinage sont les zones B et la fin de la zone C,
- Planéité de la piste < 0.7% dans les 2 directions,
- Adhérence de la piste selon la norme ASTM1137-90, CFM=1.06+/-0.08,
- Température ambiante lors des essais entre 7°C et 13°C.

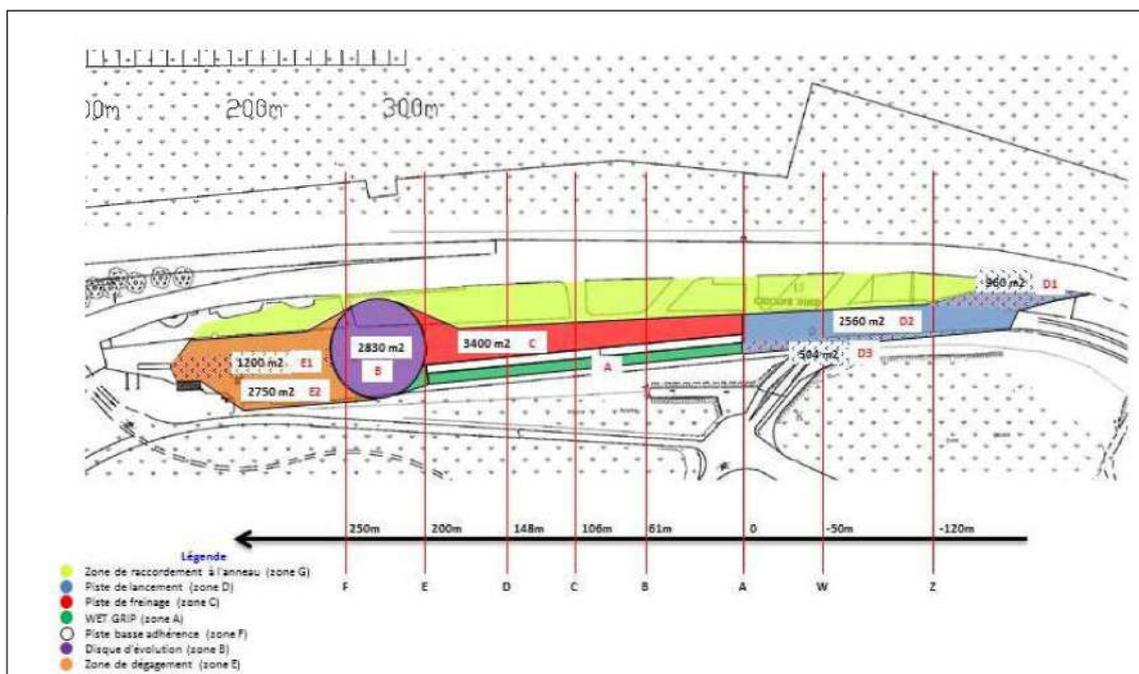


Illustration 1 : Plan synoptique des pistes de l'UTAC CERAM (Source : UTAC CERAM, 2015)



Illustration 2 : Zone de freinage (B sur le plan) (Source : UTAC CERAM, 2015)

2.2 Véhicules

En s'appuyant sur le critère d'usage pour le choix de véhicules de milieu de gamme destinés à un usage mixte (loisirs, trajets domicile/travail), les statistiques de ventes de véhicules en France montrent :

- Le trio de vente pour les VP⁷ : 1 – Clio IV, 2 – Peugeot 208, 3 – Peugeot 308,
- Le trio de vente pour les motos⁸ >125 cm³ (avec ABS en option) : 1 – Yamaha MT-07, 2 – Kawasaki ER6, 3 – Honda CB650F.

| Rang | Modèle | Ventes | Parts de Marché |
|------|-----------------------------|-------------|-----------------|
| 1 | Yamaha MT-07 | 5691 | 5,99 % |
| 2 | Kawasaki Z800 | 3578 | 3,77 % |
| 3 | Kawasaki ER-6 | 3524 | 3,71 % |
| 4 | Yamaha Tmax 530 – | 3489 | 3,67 % |
| 5 | Yamaha MT-09 – | 3080 | 3,24 % |
| 6 | Suzuki GSR750 – | 2897 | 3,05 % |
| 7 | BMW R1200RT – | 2163 | 2,28 % |
| 8 | BMW R1200GS – | 2098 | 2,21 % |
| 9 | Honda CB500F – | 1660 | 1,75 % |
| 10 | Triumph Street Triple 675 – | 1640 | 1,73 % |
| 11 | BMW R1200GS Adventure – | 1320 | 1,39 % |
| 12 | Suzuki Gladius – | 1239 | 1,3 % |

⁷ <http://www.largus.fr/actualite-automobile/la-renault-clio-toujours-reine-des-ventes-6106384.html>

⁸ http://www.lerepairedesmotards.com/actualites/2015/actu_150119-ventes-motos-2014-classement-modeles.php

| | | | |
|----|---|-------------|---------------|
| 13 | Honda CB650F | 1174 | 1,24 % |
| 14 | Kawasaki Z1000 | 1127 | 1,19 % |
| 15 | Suzuki Burgman 650 | 1090 | 1,15 % |
| 16 | Yamaha XJ6 | 968 | 1,02 % |
| 17 | Harley Davidson Sportster 883 Iron | 890 | 0,94 % |
| 18 | Yamaha FZ8 | 879 | 0,93 % |
| 19 | BMW R NineT | 863 | 0,91 % |
| 20 | Harley Davidson Sportster 48 | 838 | 0,88 % |

Tableau 1 : Statistiques des ventes de motos >125 cm³ en France pour l'année 2014
(Source : lerepairedesmotards.com, 2015)

Pour être représentatif de l'usage et des ventes actuelles, nous avons retenu les deux modèles classés en premier respectivement pour la voiture (**Clio IV**) et la moto (**Yamaha MT-07**). Concernant la Clio IV, il a été fait le choix d'une motorisation et d'une finition plutôt basiques. Pour la moto, l'option ABS a été impérative.

Pour l'obtention des véhicules, les solutions suivantes ont été mises en œuvre :

- Pour la Clio IV : location d'un véhicule neuf,
- Pour la Yamaha : prêt d'un véhicule de démonstration par Yamaha Moteur France.

Les autres types de deux-roues motorisés n'ont pas été retenus pour cette expérimentation pour les principales raisons suivantes [ONISR] :

- Les cyclomoteurs sont en très forte diminution du point de vue de leur usage et leur implication dans l'accidentalité moto est de plus en plus faible (21% des tués moto),
- Les motocyclettes légères dont la cylindrée est inférieure à 125 cm³ sont faiblement impliquées dans l'accidentalité des motos (8% des tués moto),
- Pour ces 2 catégories de moto, l'évolution des accidents mortels poursuit une tendance à la baisse supérieure aux objectifs attendus par la DSCR en termes de réduction des accidents à l'horizon 2020.

Le véhicule de catégorie administrative M1⁹ utilisé est une voiture particulière de marque Renault, de type 5RSN0A, de type commercial CLIO4 ZEN, n° de série VF15RSN0A53187647 :

- Freinage hydraulique (disque à l'avant et tambour à l'arrière) avec ABS et AFU,
- Motorisation essence 1149 cm³, 54kW,
- Boite de vitesse : 5 rapports et 1 marche arrière,
- Pneumatique : marque Continental, type EcoContact 5, dimension 195/55 R 16 (87H)
- PTAC 1566kg, Poids à vide 977kg,
- Pesée avec accompagnateur et matériel de mesures, essieu avant 725kg, essieu arrière 491kg, total 1216kg.

Le véhicule de catégorie administrative L3¹⁰ utilisé est une moto de marque Yamaha, de type RM042, genre MTT2, type L3EYAMM20000542, type commercial MT-07, n° de série JYARM042000017863 :

- Freinage hydraulique avec double disque à l'avant et simple disque à l'arrière et ABS
- Motorisation essence 2 cylindres 689cm³, 55kW,
- Boite de vitesse : 6 rapports,

⁹ Catégorie M1 = véhicule conçu et construit pour le transport de personnes et comportant, outre le siège du conducteur, huit places assises au maximum.

¹⁰ Catégorie L3 = Véhicule à 2 roues avec un moteur dont la cylindrée est supérieure à 50 cm³. Cette catégorie intègre les motocyclettes légères (= <125 cm³) et les motocyclettes (>125 cm³).

- Pneumatique : marque Michelin, type Pilot Road3, dimension avant 120/70 ZR 17 (58W), dimension arrière 180/55 ZR 17 (73W),
- PTAC 355kg, Poids à vide 172kg,
- Pesée sans pilote et avec matériel de mesures, essieu avant 87kg, essieu arrière 95kg, total 182kg,
- Pesée avec pilote UTAC CERAM et avec matériel de mesures, essieu avant 112kg, essieu arrière 153kg, total 265kg.

2.3 Vitesse de conduite initiale

La réalisation de la manœuvre de freinage d'urgence, même encadrée dans une expérimentation contrôlée, peut présenter des risques notamment pour la moto. Le choix de la vitesse initiale pour cette manœuvre est conditionné par les facteurs suivants :

- Choisir une vitesse qui discrimine les véhicules et les conducteurs,
- Choisir une vitesse qui représente une part sensible de l'accidentalité des moto,
- Choisir une vitesse qui minimise les risques pour les conducteurs en cas de chute.

Les deux premiers critères incitent à proposer une vitesse élevée à choisir parmi les vitesses maximales autorisées (VMA) de 70 à 130 km/h. En effet plus la vitesse initiale est importante, plus longue sera la distance parcourue pendant le TPR et de freinage. Pour affiner le choix, l'analyse des accidents de la base MAIDS 2009¹¹ relativement à la vitesse montre que pour les motos du segment L3, les vitesses pratiquées avant accident sont :

- Vitesse pratiquée moyenne avant accident : 65.3 km/h,
- Vitesse pratiquée médiane avant accident : 60.0 km/h.

En considérant le dernier critère pour limiter les risques de blessures en cas de chute, il a été proposé de retenir la **vitesse initiale de 50 km/h**. Cette vitesse correspond à la VMA en milieu urbain ainsi que celle retenue pour les essais de la circulation inter-file.

Cependant, les récents travaux d'analyse des accidents effectués à partir de la base de données VOIESUR suggèrent, notamment pour les motos, que les vitesses initiales avant accident présentent des valeurs élevées en particuliers dans le cas des accidents mortels. Dans ce cas, pour les routes limitées à 90 km/h, les vitesses initiales pratiquées par les motos sont :

- En cas d'accident mortel : 96.2 km/h,
- En cas d'accident corporel : 81.4 km/h.

En conséquence, il a été proposé, en complément, d'effectuer des freinages d'urgence avec **une vitesse initiale de 90 km/h**. Toutefois, ces freinages ont été soumis à l'approbation préalable des conducteurs, notamment vis-à-vis de la faisabilité de réaliser cette manœuvre en toute sécurité. La vitesse de 90 km/h présente en outre l'intérêt de plus fortement discriminer les différents passages.

D'un point de vue pratique pour la réalisation des essais, cela signifie que les conducteurs ont du effectuer des freinages avec les deux véhicules (Clio et Yamaha) et avec deux vitesses initiales préalablement ont été stabilisées (50 et 90 km/h). Ce point a été dimensionnant pour l'ensemble des essais. Il a conditionné le nombre de conducteurs à retenir ainsi que le nombre de freinages à effectuer.

2.4 Panel de conducteurs

Puisque les essais ont pour principal objectif de discriminer des performances de typologies

¹¹ <http://www.maids-study.eu/>

de véhicules, il a été fait le choix de retenir un panel de professionnels¹² qui possèdent des aptitudes similaires pour ces différentes catégories de véhicules. Initialement, il était envisagé des moniteurs de moto/auto école qui constituent un vivier pertinent. Cependant, il a été fait appel à des formateurs/instructeurs de la conduite moto et des essayeurs pour les principales raisons suivantes :

- L'aptitude à solliciter fortement les véhicules en freinage d'urgence, notamment la moto,
- L'aptitude à effectuer cette manœuvre en respectant les consignes de sécurité (chute interdite à moto),
- L'aptitude à réaliser cette manœuvre dans une pratique professionnelle qui ne nécessite pas une assurance particulière.

Ainsi, le recrutement des conducteurs basé sur le volontariat et la disponibilité s'est effectué auprès des organismes suivants :

- UTAC CERAM : 2 essayeurs moto,
- Centre formation gendarmerie nationale : 1 instructeur,
- Centre formation police nationale : 2 instructeurs,
- ZEBRA moto école : 2 moniteurs,
- Association pour la Formation des Motards : 2 moniteurs,
- Société HELITE¹³ : 2 motards expérimentés.

Tous les conducteurs qui ont réalisé les essais étaient des hommes.

2.5 Instrumentation

En fonction des indicateurs à produire et de l'exigence de disposer des mêmes données pour les deux types de véhicules, l'UTAC CERAM a défini et développé une instrumentation identique qui a pu être intégrée dans les deux véhicules sans apporter de gêne à la conduite ni présenter de risque particulier lors de la manœuvre de freinage d'urgence. Cette instrumentation a eu pour objectif de recueillir la cinématique longitudinale du véhicule depuis la réception du top de déclenchement de la manœuvre jusqu'à l'arrêt du véhicule. Les actions sur les commandes de freins ont aussi été mesurées.

Les véhicules utilisés ont été instrumentés (illustrations 3 et 4) avec différents types de capteurs et les signaux enregistrés à une fréquence de 2000Hz avec un système d'acquisition de fabrication UTAC CERAM sur tablette PC.

L'équipement utilisé pour chaque véhicule a été le suivant :

- Des électroniques d'acquisition et de traitement de marque UTAC CERAM type EVA4, de références EVA0002 et EVA0003, fournissant la distance d'arrêt et la vitesse initiale et permettant, de plus, de calculer la décélération moyenne en régime entre deux seuils de vitesse (MFDD) lors des essais de freinage.
- Des capteurs de type GPS (résolution 1 top pour 2 cm), de marque RACELOGIC, de type VBOX-3, de références DDV0173 (Clio) et DDV0169 (Yamaha), pour la mesure de la vitesse longitudinale du véhicule et de la distance parcourue.
- Des contacts disposés sur la pédale de frein (Clio) et en parallèle sur le levier au guidon et la pédale de frein (Yamaha) pour déterminer l'instant initial du freinage.
- Des systèmes spécialement développés par l'UTAC CERAM pour cet essai avec un émetteur et un récepteur par véhicule pour la délivrance du top de freinage et le déclenchement des mesures.

¹² Le recrutement d'un panel de non professionnels se serait heurté à des difficultés méthodologiques importantes notamment en raison du risque encouru lors des freinages moto. La nécessaire sécurisation de la moto (roues stabilisatrices, dispositif anti-chute) aurait apporté un biais important dans la réalisation de la manœuvre.

¹³ <http://helite.com/> : équipementier fabriquant des airbags pour motard.

En complément, un thermomètre digital Infrarouge de référence THE0066 a été utilisé pour la mesure des températures des freins et de la piste.



Illustration 3 : Yamaha instrumentée (Source Cerema, 2015)



Illustration 4 : Clio instrumentée (Source Cerema, 2015)

L'instrumentation développée intégrait aussi la fonction de délivrance d'un signal visuel d'origine du freinage d'urgence. Le top était délivré manuellement par un opérateur dans une zone prédéfinie de la piste d'une longueur d'environ 100m. Ce top était transmis via un signal radio au véhicule et il était délivré aux conducteurs par l'allumage d'une double rampe de 3 led rouges (illustration 5). C'est ce top qui a constitué l'origine des mesures.



Illustration 5 : top visuel 2x3 leds rouges et indicateur de vitesse installés sur la Yamaha (Source Cerema, 2015)

2.6 Consignes et mode opératoire

Les consignes et le mode opératoire pour la réalisation des freinages ont été transmis en considérant les séquences suivantes :

- Lors de l'invitation à participer, les conducteurs ont reçu des éléments du cahier des charges des essais afin de prendre conscience de ce qui était attendu d'eux. Il était notamment stipulé la nécessité de venir avec leur propre équipement de motard et que pour des raisons de sécurité un gilet airbag serait fourni par les organisateurs.
- Un briefing collectif de présentation des objectifs des essais a été réalisé à l'arrivée des conducteurs. Les consignes précises sur le déroulement des essais ont été données. Parmi ces consignes, il convient de signaler :
 - La manœuvre attendue est un freinage d'urgence dont l'origine est délivrée par un signal visuel dans une zone prédéfinie de la piste,
 - Les conducteurs doivent arriver dans la zone à vitesse stabilisée avec le rapport de boîte de vitesse imposé (qui dépend de la vitesse et du véhicule). Pour la Yamaha¹⁴, les rapports de boîte préconisés sont : 4^{ème} pour 50 km/h et 5^{ème} pour 90 km/h. Pour la Clio, les rapports de boîte préconisés sont : 3^{ème} pour 50 km/h et 4^{ème} pour 90 km/h,
 - Lors des essais avec la Clio, l'usage du régulateur n'est pas autorisé et les conducteurs doivent réguler leur vitesse à l'aide du pied droit,
 - Lors des essais avec la Yamaha, les conducteurs ne doivent avoir ni la main droite ni le pied droit sur les commandes de frein. Cependant, pour ceux qui

¹⁴ La Yamaha dispose d'une indication sur le tableau de bord du rapport de boîte enclenché.

ont l'habitude d'avoir un ou deux doigts prêts à actionner la poignée de frein, cette pratique est admise afin de ne pas déstabiliser le conducteur par rapport à sa pratique habituelle,

- Lors de la réception du top visuel, la consigne à appliquer est de stopper le véhicule le plus rapidement possible avec les contraintes suivantes : pour la Yamaha, la maîtrise de la trajectoire du véhicule est impérative, la chute est interdite et les deux roues avant et arrière doivent rester en contact avec le sol et le *stoppie*¹⁵ en fin de freinage n'est pas autorisé. Cependant, la manière la plus appropriée de freiner est laissée à l'initiative des conducteurs : usage des différentes commandes dont l'embrayage et le rapport de boîte de vitesses, position du corps et direction du regard,
 - A la fin de chaque freinage, le dispositif de mesure est redémarré et la nouvelle consigne de vitesse est donnée pour le freinage suivant.
- Une prise en main de la Yamaha a été proposée aux conducteurs qui l'ont acceptée.
 - Les essais se sont déroulés selon un ordre pré établi par les organisateurs afin d'obtenir un contre balancement selon les deux principaux paramètres : vitesse initiale et type de véhicule. Ainsi certains conducteurs ont réalisé leur premier freinage avec la Yamaha à 90 km/h tandis que d'autres débutaient avec la Clio à 50 km/h.

¹⁵ Freinage intense sur la roue avant qui permet de soulever la roue arrière.
<http://www.toutsurlamoto.com/lestoppie.htm>.

2.7 Déroulement des essais

Le déroulement initialement prévu des essais compte globalement la réalisation de 132 freinages : 11 conducteurs x 2 véhicules x 2 vitesses x 3 freinages. Ainsi, chaque conducteur a effectué 6 freinages avec la Yamaha (3 à 50 km/h et 3 à 90 km/h) et 6 freinages avec la Clio (3 à 50 km/h et 3 à 90 km/h). Le nombre de 132 freinages a permis de disposer de données en quantité suffisante pour le traitement et l'exploitation, à savoir :

- 33 freinages Yamaha à 50 km/h,
- 33 freinages Yamaha à 90 km/h,
- 33 freinages Clio à 50 km/h,
- 33 freinages Clio à 90 km/h.

Afin de rester dans la contrainte d'une journée de mesures, les essais avec les deux véhicules ont été entrelacés en respectant des règles strictes de sécurité d'évolution sur la piste. De plus, afin de garantir les performances nominales de freinage pour les deux véhicules, la température des freins a été relevée lors des changements de conducteurs.

Afin d'éviter des biais de mesure, l'ordre de freinage a été contrebalancé selon le type de véhicule et la vitesse initiale. Le tableau ci-dessous précise les ordres des passages effectués.

| Essai | Conducteur | Véhicule | Vitesse consigne | Conducteur | Vitesse consigne |
|-------|------------|----------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|
| 1 | 1 | MOTO | 90 | 3 | 90 | 5 | 50 | 7 | 50 | 9 | 90 | 11 | 90 |
| 2 | 2 | VL | 90 | 4 | 90 | 6 | 50 | 8 | 50 | 10 | 90 | 12 | 90 |
| 3 | 1 | MOTO | 50 | 3 | 50 | 5 | 90 | 7 | 90 | 9 | 50 | 11 | 50 |
| 4 | 2 | VL | 50 | 4 | 50 | 6 | 90 | 8 | 90 | 10 | 50 | 12 | 50 |
| 5 | 1 | MOTO | 90 | 3 | 50 | 5 | 50 | 7 | 90 | 9 | 90 | 11 | 50 |
| 6 | 2 | VL | 90 | 4 | 50 | 6 | 50 | 8 | 90 | 10 | 90 | 12 | 50 |
| 7 | 1 | MOTO | 50 | 3 | 90 | 5 | 90 | 7 | 50 | 9 | 50 | 11 | 90 |
| 8 | 2 | MOTO | 50 | 4 | 90 | 6 | 90 | 8 | 50 | 10 | 50 | 12 | 90 |
| 9 | 1 | MOTO | 50 | 3 | 50 | 5 | 90 | 7 | 90 | 9 | 50 | 11 | 50 |
| 10 | 2 | VL | 50 | 4 | 50 | 6 | 90 | 8 | 90 | 10 | 50 | 12 | 50 |
| 11 | 1 | MOTO | 90 | 3 | 90 | 5 | 50 | 7 | 50 | 9 | 90 | 11 | 90 |
| 12 | 2 | VL | 90 | 4 | 90 | 6 | 50 | 8 | 50 | 10 | 90 | 12 | 90 |
| 13 | 1 | VL | 90 | 3 | 90 | 5 | 50 | 7 | 50 | 9 | 90 | 11 | 90 |
| 14 | 2 | MOTO | 90 | 4 | 90 | 6 | 50 | 8 | 50 | 10 | 90 | 12 | 90 |
| 15 | 1 | VL | 50 | 3 | 50 | 5 | 90 | 7 | 90 | 9 | 50 | 11 | 50 |
| 16 | 2 | MOTO | 50 | 4 | 50 | 6 | 90 | 8 | 90 | 10 | 50 | 12 | 50 |
| 17 | 1 | VL | 90 | 3 | 50 | 5 | 50 | 7 | 90 | 9 | 90 | 11 | 50 |
| 18 | 2 | MOTO | 90 | 4 | 50 | 6 | 50 | 8 | 90 | 10 | 90 | 12 | 50 |
| 19 | 1 | VL | 50 | 3 | 90 | 5 | 90 | 7 | 50 | 9 | 50 | 11 | 90 |
| 20 | 2 | MOTO | 50 | 4 | 90 | 6 | 90 | 8 | 50 | 10 | 50 | 12 | 90 |
| 21 | 1 | VL | 50 | 3 | 50 | 5 | 90 | 7 | 90 | 9 | 50 | 11 | 50 |
| 22 | 2 | MOTO | 50 | 4 | 50 | 6 | 90 | 8 | 90 | 10 | 50 | 12 | 50 |
| 23 | 1 | VL | 90 | 3 | 90 | 5 | 50 | 7 | 50 | 9 | 90 | 11 | 90 |
| 24 | 2 | MOTO | 90 | 4 | 90 | 6 | 50 | 8 | 50 | 10 | 90 | 12 | 90 |

Tableau 2 : Organisation des essais de freinage selon le type de véhicule et la vitesse initiale
(Source Cerema, 2015)

D'un point de vue timing, les essais se sont déroulés le mardi 20 octobre 2015 entre 9h30 et 16h00. Les conditions météo ont été stables durant la période : pas de précipitation, pas de vent, nuageux à variable, température extérieure comprise entre 7°C et 13°C, très léger brouillard le matin (sans dégradation de la visibilité).

Des aléas de fonctionnement du système de mesure durant les essais du matin ont sensiblement perturbé l'agenda initialement prévu. Ainsi, à l'issue de la journée d'essais, on dispose des mesures synthétisées dans le tableau ci-dessous.