

DYMOA+

Diagnostic d'Infrastructures et Dynamique du Véhicule pour les Motos et les Autos

Livrable L1

N° Livrable	L1	N° workpackage	WP4
Statut	Version provisoire		
Date	\\2022		
Responsable du document			
Auteur principal	Jean-Yves Fournier		
Contributeur(s)	Claire Naude, Christophe Perrin, Thierry Serre		
Validation			
Enregistrement			

Résumé

Le WP4 du projet DYMOA+ concerne l'étude du lien entre les incidents et les accidents.

L'objectif de cette partie du livrable est d'estimer la proportion de motocyclettes subissant de fortes sollicitations dynamiques au cours du déroulement d'un accident corporel.

Cette étude vise à apporter des connaissances sur l'apport des incidents à la caractérisation des accidents de 2RM. Elle s'appuiera donc sur plusieurs types de données accidentologiques (Etudes Détaillées d'Accidents, Procès-Verbaux d'accidents) et incidentologiques (DYMOA). Ce livrable s'articulera en 3 grandes parties.

Dans un premier temps, il sera question d'étudier un échantillon ensemble d'accidents corporels de la circulation où une motocyclette est impliquée. Cette partie a été réalisée à partir de la base d'accidents EDA où une reconstruction cinématique de chaque accident est réalisée. L'analyse détaillée de ces accidents permettra de mettre en avant les paramètres dynamiques des motocyclettes dans le déroulement de l'accident ainsi que les configurations d'accidents. Ainsi, nous pourrons quantifier le nombre de motocyclistes impliqués dans un accident au cours duquel leur véhicule a été sujet à de fortes sollicitations dynamiques avant que ne survienne la collision. En d'autres termes, nous déterminerons si au cours de l'accident, le motocycliste aurait déclenché un incident d'origine dynamique selon les critères de déclenchement définis dans le projet DYMOA.

Dans un second temps, La base d'accidents sera alors pondérée aux données accidentologiques nationales. Pour cela, nous nous baserons sur une étude accidentologique réalisée à partir de Procès-Verbaux d'accidents représentatifs de l'accidentologie routière au niveau national.

Dans une troisième partie, l'origine des déclenchements (longitudinale par exemple) sera comparée avec les résultats des incidents recueillis dans DYMOA. Une mise en regard avec les résultats obtenus avec un échantillon d'accidents impliquant des voitures légères sera réalisée. En effet, dans le cadre du projet S_VRAI, ce travail, utilisant la même méthodologie, avait été fait pour les conducteurs de voitures.

Ce travail permettra d'utiliser 3 sources de données complémentaires :

- les Etudes Détaillées d'Accidents (EDA) pour leur qualité de données et sa vocation à des travaux de recherche,
- les Procès-Verbaux d'accidents corporels de la circulation routière pour leur représentativité nationale,
- les incidents DYMOA à la fois pour leur données à vocation de recherche (étude des paramètres dynamiques des véhicules en conduite naturelle) mais aussi pour leurs visées opérationnelles (diagnostic routier, notamment des infrastructures).

Table des matières

1. INTRODUCTION	5
2. METHODE	6
2.1. LES ETUDES DETAILLEES D'ACCIDENTS	6
2.2. LES PROCES-VERBAUX (PV) D'ACCIDENTS DE LA CIRCULATION ROUTIERE	8
2.3. LES DONNEES DYMOA	9
3. RESULTATS	10
3.1. LES DONNEES EDA	10
3.2. LES DONNEES PV	13
3.3. COMPARAISON ENTRE LES MOTOS (DYMOA+) ET LES VL (S_VRAI) SUR LES SOLLICITATIONS DYNAMIQUES	14
4. DISCUSSION	17
5. CONCLUSION	18
6. REFERENCES	19

1. Introduction

L'objectif de ce livrable est d'apporter des connaissances sur la question du lien entre les incidents, recueillis par des enregistreurs de données installés sur une flotte de motocyclettes lourdes (cylindrée > 125cc), et les accidents. Pour cela, nous estimerons la proportion de motocyclettes subissant de fortes sollicitations dynamiques au cours du déroulement d'un accident corporel.

Un rapport du projet S_VRAI (Fournier et Naude, 2014) nous a montré qu'il était difficile d'établir un lien quantitatif entre les incidents et les accidents via l'utilisation seule de ces enregistreurs de données au sein d'une flotte restreinte de véhicules légers. En effet, dans le cadre du projet S_VRAI, qui s'intéressait à une flotte de véhicules légers, la question du lien entre incident et accident a mis en lumière certaines limites, en particulier le manque de données d'incidents et d'accidents recueillis par les enregistreurs de données. Une autre limite rencontrée portait sur la difficulté de caractériser les incidents du fait de l'absence de vidéo filmant la scène routière. Dans le cadre du projet DYMOA, l'instrumentation de caméra sur les motocyclettes a été réalisée ; ceci a permis de classer les différents incidents selon des critères de sévérité par les experts en accidentologie du LMA. Pour pallier au manque de données d'accidents de la circulation, une étude complémentaire du projet S_VRAI (Fournier et coll., 2015) avait été réalisée à partir des Etudes Détaillées d'Accidents (EDA). Cette partie de ce rapport utilisera donc la même méthode en analysant cette fois-ci les accidents impliquant une motocyclette de plus de 125 cm³.

Dans la présente étude, par une analyse accidentologique spécifique, nous allons quantifier le nombre de motocyclistes impliqués dans un accident au cours duquel leur véhicule a été sujet à de fortes sollicitations dynamiques **avant que ne survienne la collision**. Ainsi, nous allons regarder plus précisément le passage de la situation de conduite à la situation d'urgence, et déterminer si le véhicule est sujet à de fortes sollicitations dynamiques avant qu'une collision avec un autre véhicule ou un choc avec un obstacle n'ait lieu. Pour déterminer si les sollicitations dynamiques sont présentes dans le déroulement de l'accident, nous utiliserons les critères de déclenchements définis dans DYMOA (Naude et coll., 2018), qui concernent des seuils d'accélération longitudinales et d'accélération et vitesses angulaires (roulis, lacet, tangage).

Nous porterons donc une attention particulière à la reconstruction cinématique de l'accident sur les 3 variables dynamiques suivantes : les accélérations longitudinale et transversale ainsi que la vitesse. L'accidentologie EDA n'étant pas représentative de l'accidentalité nationale, il conviendra alors de comparer les résultats obtenus à un échantillon d'accidents issus des procès-verbaux d'accidents dit représentatif à l'échelle nationale. Cela permettra d'ajuster les résultats afin de pouvoir estimer un enjeu au niveau national.

Comme il avait mentionné dans les perspectives du projet S_VRAI, une attention sera portée sur la comparaison des résultats sur ces sollicitations dynamiques entre les conducteurs de motocyclette et de véhicule léger impliqués dans les accidents corporels de la circulation.

2. Méthode

La méthode d'analyse des accidents, s'appuiera sur l'analyse séquentielle de l'accident découpé en quatre phases : situations de conduite, de rupture, d'urgence et de choc. Cette étude s'appuiera donc sur une analyse accidentologique des Etudes Détaillées d'Accidents dans un objectif de déterminer l'enjeu en termes de sollicitations dynamiques. Nous comparerons ensuite ces résultats à une autre base de données quantitatives que sont les procès-verbaux d'accidents, dites représentative à l'échelle nationale, pour corriger le biais de représentativité.

Ensuite, nous comparerons les données incidentologiques recueillis dans la base DYMOA avec les paramètres dynamiques issues des EDA. Ceci permettra de donner un aperçu de la nature du lien entre l'origine des déclenchements des incidents et les accidents.

L'intérêt ici est de relier des données qui sont complémentaires : l'une pour sa qualité de données et sa vocation à des travaux de recherche (les EDA), une autre pour sa représentativité au niveau national (les PV), et une dernière pour quantifier des incidents d'ordre dynamiques (DYMOA).

2.1. Les Etudes Détaillées d'Accidents

Ce paragraphe est en partie issu d'un ouvrage collectif du Laboratoire Mécanismes d'Accidents qui présente en détail la méthode EDA.

Pour mettre en évidence des variables aussi fines que celles qui sont décrites ci-dessous, nous nous sommes appuyés sur un matériel spécifique : les Etudes Détaillées d'Accident (EDA). Réalisées à des fins de recherche, ces études comportent des données permettant d'aller beaucoup plus loin dans la compréhension des mécanismes accidentels que les données d'accidentologie comme les procédures des forces de l'ordre. Reconnu comme scientifiquement robuste, cet outil semble indispensable pour l'analyse fine des mécanismes à l'origine des accidents de la circulation routière. Outre la synthèse et le plan de l'accident, une attention particulière sera portée à la reconstitution dynamique de l'accident de façon à relever les accélérations et la vitesse dans le déroulement de l'accident.

Ainsi, pour chaque conducteur de véhicule léger impliqué dans un accident, nous affecterons une configuration d'accident ainsi que les variables d'ordre dynamique associées.

Les études de cas réalisées par l'Université Gustave Eiffel-LMA reposent sur un recueil de données sur le terrain et l'analyse se fait par une équipe pluridisciplinaire composée de psychologues et de techniciens dans le domaine de l'infrastructure et des véhicules.

Cette approche pluridisciplinaire permet une meilleure compréhension du dysfonctionnement qui s'est produit en fonction des interactions entre les 3 composantes du système conducteur-véhicule-infrastructure. Le recueil se fait dès la survenue de l'accident, en plusieurs étapes. La première étape s'effectue sur la scène même de l'accident et le plus tôt possible après qu'il ait eu lieu, par des entretiens avec les différents impliqués, et le relevé d'un maximum de données sur les traces et les conditions matérielles de l'accident (véhicules, infrastructures, conditions atmosphériques, trafic, etc.).

Sur la base de ce premier recueil, on élabore un premier scénario hypothétique de déroulement en confrontant les différentes données, scénario qui orientera et sera mis à l'épreuve du recueil complémentaire réalisé dans les 48 heures suivant l'accident. Dans cette seconde étape de collecte de données, on réalise de nouveaux entretiens visant notamment à vérifier ces hypothèses, à approfondir certains éléments restés imprécis, ainsi qu'à recueillir tout un ensemble d'informations concernant la biographie, notamment routière, des impliqués. On réalise également un contrôle technique des organes de sécurité des véhicules susceptibles d'être impliqués (amortissement, freinage, direction, etc.). Un relevé des caractéristiques d'itinéraire d'approche est effectué, un plan des lieux de l'accident est établi. Un intérêt particulier est porté aux données permettant la reconstruction cinématique du scénario de l'accident. Une reconstruction cinématique (écriture de la description complète du déroulement de l'accident) est ensuite réalisée

à partir de toutes les informations recueillies : positions finales, positions au choc, traces de freinage, orientation de l'impact, points d'impact sur le véhicule, témoignages des impliqués, bilan lésionnel...

La confrontation de l'ensemble de ces données permet de proposer au final une description spatio-temporelle du déroulement de l'accident cohérente avec l'ensemble des données. La reconstruction étaye ainsi les interprétations des traces matérielles relevées et des témoignages. Il s'agit plus précisément de connaître pour chacun des mobiles impliqués l'évolution temporelle de ses paramètres cinématiques, de décrire sa trajectoire et de définir à chaque instant sa position relativement à l'infrastructure et aux autres mobiles

L'exploitation de l'ensemble des éléments recueillis accident par accident - environ un millier d'informations élémentaires récoltés par accident - permet une analyse des mécanismes en jeu qui va beaucoup plus loin dans la compréhension des phénomènes que ne le permettent les approches plus classiques.

L'étude de l'ensemble de ces éléments - traces, indices, mesures, interviews, reconstitution - permet ainsi une analyse fine du déroulement de l'accident. Différentes disciplines scientifiques sont requises pour ce travail : psychologie, dynamique du véhicule et mécanique, génie civil, médecine. L'analyse de ces données recueillies s'appuie sur :

- une approche "système" qui met l'accent sur les interactions entre l'impliqué, son véhicule et l'environnement,
- un modèle cinématique permettant la reconstruction et le paramétrage, dans le temps et l'espace, de la dynamique du phénomène,
- un modèle du fonctionnement humain qui exploite les formalismes de la psychologie cognitive,
- un modèle de découpage en séquences du déroulement de l'accident (Ferrandez, 1995).

L'accident étant par définition un événement dynamique, cette analyse se fait donc séquentiellement selon une répartition en 4 phases :

- La situation de conduite ou situation de pré-accident : situation de conduite "normale" qui intègre les objectifs, la tâche à réaliser, les attentes du conducteur. Elle est significative de la stratégie adoptée en approche du lieu de l'accident.
- La situation d'accident, qui correspond à l'instant de rupture qui amène une situation critique. Elle est généralement créée par la survenue d'un élément imprévu. Cette étape est souvent très brève dans le temps.
- La situation d'urgence où il y a mise en œuvre d'actions d'évitement, dès l'identification de la difficulté.
- La situation de choc, qui marque l'échec des actions entreprises. On décrit ici la nature du choc et les événements consécutifs.

La situation "d'accident" (ou de rupture) est considérée comme une étape charnière, au sens où elle rend compte du basculement dans une situation très dégradée. Le résultat de cette démarche est une collection de cas d'accidents analysés cliniquement, intégrant un diagnostic sur les mécanismes et les facteurs concourant au déclenchement, au déroulement, et aux conséquences de ces accidents. Un recoupement de ces monographies sur la base de différents critères de sélection permet la mise en place d'études thématiques comme celle qui est présentée ici, dont l'objet est la mise en évidence des sollicitations dynamiques des motocyclettes dans le déroulement de l'accident avant la situation de choc.

Pour chaque cas d'accident, l'analyse se termine par la rédaction par les deux enquêteurs d'une synthèse de l'accident. Cette synthèse "raconte" le déroulement de l'accident et contient notamment pour chacun des conducteurs :

- les éléments biographiques (âge, situation familiale, état de santé, historique du conducteur, spécificités du véhicule qu'il conduisait le jour de l'accident, etc.),
- ses activités antérieures au déplacement le jour de l'accident,
- la description et explication du déroulement de l'accident.

La synthèse doit également mettre en évidence les facteurs ayant joué un rôle dans la construction de l'accident (véhicule, conducteur, environnement).

L'apport de ces analyses spécifiques des EDA nous permettra donc de déterminer selon les différentes configurations d'accidents, la part de motocyclettes lourdes subissant de fortes sollicitations dynamiques au cours du déroulement de leur accident. N'étant pas représentative des données accidentologiques au niveau national, il conviendra alors d'extrapoler ces résultats au bilan de l'accidentologie des motocyclettes en France. Pour cela, nous nous baserons sur une étude de cas d'accidents impliquant des motocyclettes à partir de l'analyse d'un échantillon représentatif de procès-verbaux d'accidents (Ragot et coll., 2011).

2.2. Les Procès-Verbaux (PV) d'Accidents de la circulation routière

Nous nous appuyerons sur une étude réalisée au sein du laboratoire Mécanismes dans le cadre du projet COMPAR. Le volet 1 de ce rapport s'attachait, entre autres, à qualifier les mécanismes d'accidents, à savoir : dans quelles circonstances ils se produisent, quelles sont les défaillances (erreurs perceptives, cognitives, opératives) auxquelles les différents conducteurs impliqués sont sujets, quelles sont les différents facteurs de ces défaillances, quelles sont les configurations accidentelles les plus récurrentes. C'est sur ce dernier point que nous nous focaliserons pour comparer les résultats de cet échantillon à ceux des EDA. Un des résultats de cette recherche montrait que les caractéristiques spécifiques des 2RM favorisent une certaine forme d'accidentalité, en distinguant les accidents d'interaction avec le trafic (accident avec un tiers) et les accidents de type « perte de contrôle ».

Il est donc nécessaire de confronter cet échantillon à celui étudié dans la base EDA de façon à ne pas biaiser le résultat et au contraire à redresser les résultats dans le cas d'une différence statistiquement significative entre ces 2 sources de données.

Les Procès-verbaux d'accidents corporels sont des rapports dressés par les forces de l'ordre et rendant compte de l'accidentologie au niveau national. Bien que présentant certaines lacunes, ces données ont l'avantage de donner, d'un point de vue quantitatif, une représentation assez fidèle de la réalité accidentelle, au moins pour les accidents corporels. Ainsi, historiquement, la plupart des connaissances sur l'insécurité routière se sont constituées à partir de ces procès-verbaux d'accidents corporels.

Cette étude repose sur une analyse accidentologique impliquant une lecture attentive de l'ensemble du PV pour chaque accident étudié afin d'y relever les variables pertinentes pour la recherche et notamment de dégager des configurations accidentelles récurrentes en se basant sur les manœuvres d'origine des différents impliqués.

En revanche, les PV n'étant pas aussi détaillés que les EDA, leurs analyses ne permettent pas, dans la plupart des cas, de déterminer des enjeux en termes de sollicitations dynamiques. Ces manques d'informations ne nous permettent donc pas d'analyser de façon fine les paramètres dynamiques tels que la vitesse, les accélérations longitudinale et transversale pour caractériser les mécanismes d'accidents.

2.3. Les données DYMOA

Le projet DYMOA est basé sur l'instrumentation d'une flotte d'une quarantaine de véhicules (30 2RM et 10 VL) à l'aide d'Enregistreurs de Données de la Route (EDR) de types smartphones. Le recueil, d'une durée de 1 an et demi et étendu sur 3 territoires (départements de Seine-Maritime, Bouches du Rhône et Hérault), concerne l'enregistrement des parcours des véhicules, des incidents éventuels détectés par le dépassement de seuils de sollicitations dynamiques des véhicules, des passages sur des zones d'intérêt (zones accidentogènes, aménagements spécifiques ...), des comportements des conducteurs, du contexte extérieur au véhicule par enregistrement vidéo et d'un observatoire des vitesses. Des mesures techniques et organisationnelles ont été mises en place afin de garantir la protection des données à caractère personnel et de la vie privée des conducteurs impliqués dans le projet, comme l'impose la législation en vigueur en France et dans l'Union Européenne.

Les objectifs poursuivis par le projet DYMOA sont :

- de développer de nouvelles méthodes de diagnostic des infrastructures routières et de leur usage par des conducteurs de 2RM et de VL à l'aide d'Enregistreurs de Données de la Route, basées notamment sur l'analyse des incidents,
- de produire de la connaissance sur l'utilisation réelle d'un 2RM, en distinguant : les interactions avec l'infrastructure, l'utilisation des capacités dynamiques des 2RM, notamment les vitesses pratiquées et les comparaisons véhicule légers / 2RM,
- de mettre en œuvre une méthodologie de recueil (EDR de type smartphone, constitution de bases de données) et d'exploitation de données (outils cartographiques) en conformité avec les droits des conducteurs concernés (protection des données à caractère personnel).

Dans la présente étude qui s'intéresse au lien entre les incidents et les accidents et donc plus précisément aux critères de déclenchements liés aux fortes sollicitations dynamiques, le projet DYMOA a permis grâce à des campagnes d'essai sur piste ainsi qu'une revue de la littérature internationale de définir des seuils de déclenchement.

Pour caractériser les incidents d'origine dynamique, les seuils de déclenchement dynamique ont été définis de la façon suivante :

- 6 m/s² pour la décélération longitudinale, associé à un seuil de 10 km/h pour la vitesse (Critère 1),
- 80°/s pour la norme des vitesses angulaires (Critère 2),
- 300°/s² pour la norme des accélérations angulaires (Critère 3),
- et la combinaison Critère 2 et Critère 3 (Critère 4).

Sur la base de ces critères de déclenchement, une analyse détaillée des accidents de la base EDA permettra de déterminer la proportion d'accidents dont le niveau de sollicitations dynamiques du 2RM avant la situation de choc, aurait atteint ces valeurs limites et ainsi de mettre en lien ces accidents avec les incidents de la base DYMOA.

3. Résultats

3.1. Les données EDA

L'échantillon porte sur l'analyse d'accidents de la base EDA impliquant au moins une motocyclette de cylindrée supérieure à 125 cm³ entre 2001 et 2019. La base de données est composée de 80 conducteurs de motocyclettes lourdes (MTT) impliqués dans 80 accidents.

Pour cette base EDA, sur la période observée, une analyse approfondie a été effectuée sur ces 80 accidents et plus particulièrement sur la reconstitution cinématique. Pour 4 conducteurs de motocyclettes sur les 80 cas étudiés, l'analyse n'a pu déterminer s'il y aurait eu réellement un déclenchement d'origine dynamique ou non. Nous avons donc considéré ces cas comme non analysables et nous les avons exclus pour cette étude. Notre échantillon portera donc sur les 76 conducteurs où l'information a pu être renseignée. Comme nous l'avons mentionné pour l'étude des conducteurs de véhicule léger, les résultats présentés ci-dessous montrent l'intérêt de bien distinguer chaque configuration d'accident en fonction des sollicitations dynamiques des véhicules (voir tableau 1). En effet, certaines configurations d'accidents ne font jamais référence à de fortes sollicitations dynamiques (choc arrière où le véhicule se fait percuter par un autre usager arrivant derrière) ou au contraire sont sujets à de fortes sollicitations dynamiques (cas des pertes de contrôle de type dynamique). Sur l'ensemble de nos 76 accidents, dans 59% des cas, le conducteur de la motocyclette aurait déclenché un incident d'ordre dynamique avant que ne survienne le choc. En d'autres termes, dans environ 60% des accidents impliquant une motocyclette lourde, le motocycliste aurait généré de fortes sollicitations dynamiques lors de la situation d'urgence.

Concernant les configurations d'accidents qui ont été classées selon la manœuvre d'origine, on compte 3 principales catégories : les accidents en interaction avec un autre véhicule, les cas de perte de contrôle et enfin les cas d'accidents sans interaction avec un autre véhicule (cas des accidents impliquant des piétons notamment). Il ressort que les accidents en interaction avec un autre véhicule sont ceux où les déclenchements d'origine dynamique de la motocyclette sont les plus fréquents (61,5% comparé à 52,6% pour l'ensemble des pertes de contrôle). La configuration générant le plus de déclenchements est celle de type choc fronto-arrière où le conducteur de la motocyclette est surpris par le ralentissement du véhicule le précédent (77,8%). En revanche, on constate que la configuration où un autre véhicule effectue un changement de voie ou un tourne à gauche en intersection, le plus souvent sans percevoir le motocycliste en train de le dépasser par la gauche, ne génère pas systématiquement d'incident dynamique (46,2% pour l'ensemble de ces cas). Par l'analyse de l'accident, on constate le plus souvent dans cette configuration que le conducteur du 2RM surpris par cette manœuvre soudaine de tourne à gauche de l'autre usager, ne peut réagir à temps et engager une manœuvre d'évitement. De ce fait il n'aurait pas engendré de déclenchement dynamique. Ceci suggère donc que selon les situations accidentelles, les déclenchements d'origine dynamiques sont liés à des contraintes temporelles, comportementales, de trafic, d'infrastructures... En effet, dans ce cas, on constate que l'automobiliste ne détecte pas le motocycliste pour plusieurs raisons : le comportement de dépassement ou de remontées de files n'est pas attendu, des masques à la visibilité liés aux autres véhicules dans le trafic ou encore une infrastructure assez peu lisible (intersection complexe).

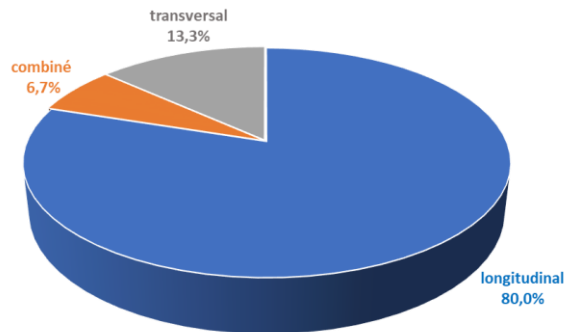
Ces résultats suggèrent, hormis quelques configurations, que les motocyclettes impliquées dans un accident semblent être sujettes à de fortes sollicitations dynamiques avant que la situation de choc n'ait lieu.

Tableau 1 : Part des accidents EDA qui auraient donné lieu à un déclenchement d'origine dynamique selon la configuration d'accidents (base EDA impliquant une motocyclette lourde)

Configurations		Nb cas	% de déclenchement
Accidents impliquant une motocyclette lourde en interaction avec un autre véhicule	en intersection non prioritaire : le 2RM s'insère dans le trafic et est confronté à un autre usager venant d'un axe prioritaire	2	50
	en intersection non prioritaire : le 2RM effectue un "tourne à gauche" (ou demi-tour) et est confronté à un autre usager arrivant en sens opposé	0	-
	2RM en choc arrière : confronté à un autre usager venant de derrière	1	0
	2RM en choc frontal : confronté à un autre usager circulant devant	9	77,8
	2RM en dépassement d'un autre usager effectuant un "tourne à gauche" (ou un changement de file)	13	46,2
	2RM en intersection prioritaire : confronté à un autre usager effectuant un "tourne à gauche" en sens opposé	6	66,7
	2RM en intersection prioritaire : confronté à un autre usager venant d'un axe non prioritaire s'insérant dans le trafic	14	71,4
	2RM effectue un "tourne à gauche" (ou "tourne à droite") et est percuté par un autre usager en train de dépasser	0	-
	Autres interactions	7	57,1
Total des accidents impliquant une motocyclette lourde en interaction avec un autre véhicule		52	61,5
Accidents impliquant une motocyclette lourde sans interaction avec un autre véhicule	Perte de contrôle de type dynamique	13	69,2
	Perte de contrôle de type guidage	4	25
	Autre perte de contrôle	2	0
	Total des motocyclettes lourdes impliquées dans un accident en perte de contrôle	19	52,6
	Accident avec piétons	4	75
	Autres sans interaction	1	0
Total des motocyclettes lourdes impliquées dans un accident sans interaction avec un autre véhicule		5	60
Ensemble des motocyclettes lourdes impliquées dans un accident corporel		76	59,2

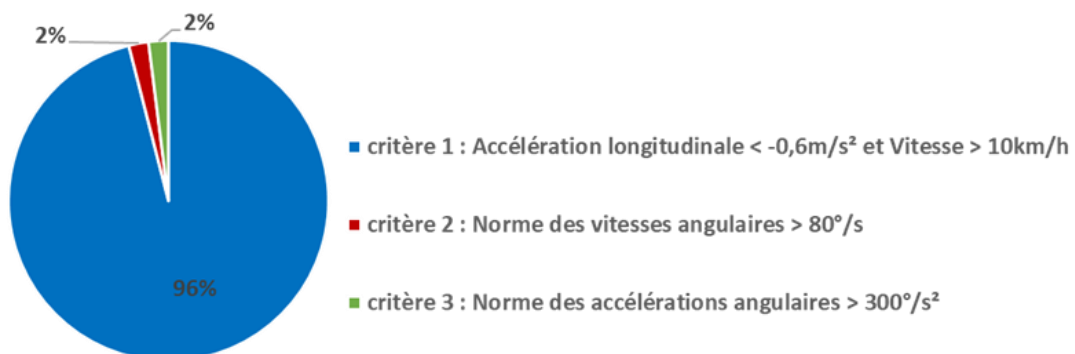
Concernant les 45 motocyclettes ayant subi de fortes sollicitations dynamiques avant la situation de choc, on constate que les freinages sont ceux qui sont les plus représentés et de façon majoritaire (80% de freinage seul contre 13,3% de dépassement des seuils de l'accélération transversale). Dans moins de 7% des cas, la combinaison des 2 types d'accélération aurait provoqué un déclenchement des paramètres dynamiques (voir figure 1).

Figure 1 : Répartition des origines dynamiques de déclenchement dans les EDA



Par comparaison avec les types de sollicitations rencontrées dans les incidents recueillis dans DYMOA (figure 2), on constate que la répartition est assez différente. En effet, bien que majoritaires dans les accidents de la base EDA, les déclenchements liés à l'accélération longitudinale sont moins représentés que dans les incidents recueillis dans la base DYMOA (Naude et coll., 2018). En effet, les sollicitations dynamiques d'origine longitudinales (96%) sont statistiquement plus représentées dans les incidents DYMOA que dans les accidents des EDA (respectivement 96% et 80%, $\chi^2=15,2$; $p<0.01$). Cela peut s'expliquer par la difficulté à mesurer via un enregistreur de données les sollicitations dynamiques d'origine transversales sur une moto. En effet, à la différence de la voiture, on ne peut mesurer directement l'accélération transversale réelle (dans un repère terrestre) pour la moto, via l'enregistreur de données. Par principe, pour changer de direction, le conducteur d'une moto incline celle-ci vers l'intérieur du virage pour maintenir l'équilibre entre la force de gravité, la force centrifuge et la réaction du sol. L'accélération transversale mesurée par notre EMMAPHONE dans le repère embarqué, comme celle ressentie par le conducteur, est donc "nulle". Pour connaître l'accélération transversale d'une motocyclette, il faudrait donc connaître son angle d'inclinaison par rapport à la route, mais ces deux grandeurs dépendantes sont difficilement mesurables avec un système de mesures fixé sur le 2RM.

Figure 2 : Répartition globale des origines des déclenchements des incidents recensés dans DYMOA



3.2. Les données PV

Les chiffres présentés précédemment ne reflètent que la base des EDA et non l'ensemble des accidents corporels sur le territoire national. Il convient alors de déterminer la part que représente chaque configuration au niveau national par l'exploitation des PV puis de relier le chiffre des déclenchements d'incidents observés dans la base EDA.

Pour avoir une vue représentative de l'accidentologie des motocyclistes au niveau national, nous nous sommes appuyés sur l'étude COMPAR qui a analysé un échantillon de 1000 procès-verbaux d'accidents corporels représentatifs des données statistiques nationales. Cet important échantillon a été jugé représentatif de l'accidentologie des deux-roues motorisés dans le sens où il a été constitué par extraction aléatoire sur la base de l'ensemble des PV collectés en France métropolitaine entre 2004 et 2009.

Le tableau 2 fournit cette répartition des accidents selon la manœuvre d'origine accidents telles qu'elles ont été analysées dans le chapitre précédent (tableau 1).

Tout d'abord concernant les 3 principales catégories d'accidents (en interaction avec un autre véhicule, en perte de contrôle et sans interaction avec un autre véhicule), on constate que la répartition entre les 2 échantillons n'est significativement pas différente ($\chi^2=1,12$; $p=0.57$).

En regardant plus en détail dans chaque catégorie d'accident, on n'observe aucune différence significative entre les configurations d'accidents EDA et l'échantillon de PV COMPAR. On note donc que la répartition des accidents impliquant un motocycliste dans la base EDA est comparable à celle de l'échantillon national de PV et qu'aucun redressement n'est à faire du moins en ce qui concerne les configurations accidentelles.

Tableau 2 : Répartition des configurations d'accidents des échantillons de PV de l'étude COMPAR (n=312) et des EDA (n=76)

	Configurations	Nb cas PV	% PV	% EDA
Accidents impliquant une motocyclette lourde en interaction avec un autre véhicule	en intersection non prioritaire : le 2RM s'insère dans le trafic et est confronté à un autre usager venant d'un axe prioritaire	4	1,3%	2,6%
	en intersection non prioritaire : le 2RM effectue un "tourne à gauche" (ou demi-tour) et est confronté à un autre usager arrivant en sens opposé	0	0,0%	0,0%
	2RM en choc arrière : confronté à un autre usager venant de derrière	9	2,9%	1,3%
	2RM en choc frontal : confronté à un autre usager circulant devant	18	5,8%	11,8%
	2RM en dépassement d'un autre usager effectuant un "tourne à gauche" (ou un changement de file)	84	26,9%	17,1%
	2RM en intersection prioritaire : confronté à un autre usager effectuant un "tourne à gauche" en sens opposé	40	12,8%	7,9%
	2RM en intersection prioritaire : confronté à un autre usager venant d'un axe non prioritaire s'insérant dans le trafic	45	14,4%	18,4%
	2RM effectue un "tourne à gauche" (ou "tourne à droite") et	2	0,6%	0,0%

	est percuté par un autre usager en train de dépasser			
	Autres interactions	28	9,0%	9,2%
Total des accidents impliquant une motocyclette lourde en interaction avec un autre véhicule		230	73,7%	68,4%
Accidents impliquant une motocyclette lourde sans interaction avec un autre véhicule	Perte de contrôle dynamique	35	11,2%	17,1%
	Perte de contrôle guidage	14	4,5%	5,3%
	Autre perte de contrôle	12	3,8%	2,6%
	Total des accidents en perte de contrôle	61	19,6%	25,0%
	Accident avec piétons	15	4,8%	5,3%
	Autres sans interaction	6	1,9%	1,3%
Total des motocyclettes lourdes impliquées dans un accident sans interaction avec un autre véhicule		21	6,7%	6,6%
Ensemble des motocyclettes lourdes impliquées dans un accident corporel		76		

NB : 4 cas sont classés comme indéterminés

3.3. Comparaison entre les motos (DYMOA+) et les VL (S_VRAI) sur les sollicitations dynamiques

Ayant appliqué la même méthode pour les conducteurs de véhicules légers (S_VRAI) et les conducteurs de motocyclettes (DYMOA+), nous pouvons ici comparer les résultats concernant ces 2 usagers de la route. Plus précisément, nous allons comparer les enjeux liés aux déclenchements d'origine dynamiques entre les conducteurs de motocyclettes et de voitures légères impliqués dans des accidents de la base EDA. Globalement, d'après le tableau 3 ci-dessous, il est à noter que les motocyclistes ont statistiquement plus subi de sollicitations dynamiques que les conducteurs de vl avant que le choc n'ait lieu (respectivement 59,2% vs 26,7%, $\chi^2=23,4$; $p<0.01$). Concernant les catégories de configurations, ce résultat est vrai pour ceux impliquant un usager en interaction avec un autre véhicule (61,5% pour les MTT vs 20,5% pour les VL, $\chi^2=24,0$; $p<0.01$), et plus particulièrement les configurations de type choc fronto-arrière lorsque l'usager est confronté à un autre véhicule circulant devant (77,8% de déclenchement pour les MTT contre 25%).

En revanche concernant les autres catégories d'accidents comme les pertes de contrôle (37,5% pour les VL vs 52,6% pour les MTT, $\chi^2=1,34$; $p>0.05$) ou ceux sans interaction avec un autre véhicule motorisé (60,0% vs 30,8%, $\chi^2=0.98$; $p>0.05$), on n'observe aucune différence statistique entre les 2 échantillons de conducteurs.

Bien que non statistiquement significatif, les conducteurs de VL subissent de plus fortes sollicitations dynamiques que les conducteurs de motocyclettes dans les pertes de contrôle de type dynamique (respectivement 80% vs 69,2% pour les MTT, $\chi^2=0,05$; $p>0.05$).

Tableau 3 : Comparaison entre les conducteurs de MTT et VL de la part des déclenchements d'origine dynamique selon la configuration d'accidents (base EDA)

	Configurations	% de déclenchement des VL (S_VRAI)	% de déclenchement des MTT (DYMOA)
Accidents impliquant une motocyclette lourde ou un VL en interaction avec un autre véhicule	en intersection non prioritaire : 2RM ou VL s'insère dans le trafic et est confronté à un autre usager venant d'un axe prioritaire	12,0	50,0
	en intersection non prioritaire : 2RM ou VL effectue un "tourne à gauche" (ou demi-tour) et est confronté à un autre usager arrivant en sens opposé	11,1	-
	choc arrière : 2RM ou VL confronté à un autre usager venant de derrière	0	0
	choc fronto-arrière : 2RM ou VL confronté à un autre usager circulant devant	25	77,8
	dépassement d'un autre usager effectuant un "tourne à gauche" (ou un changement de file)	80,0	46,2
	en intersection prioritaire : confronté à un autre usager effectuant un "tourne à gauche" en sens opposé	50,0	66,7
	en intersection prioritaire : confronté à un autre usager venant d'un axe non prioritaire s'insérant dans le trafic	33,3	71,4
	effectue un "tourne à gauche" (ou "tourne à droite") et est percuté par un autre usager en train de dépasser	0	-
	Autres interactions	0	57,1
Total des accidents impliquant une motocyclette lourde ou un VL en interaction avec un autre véhicule		20,5	61,5
Accidents impliquant une motocyclette lourde ou un VL sans interaction avec un autre véhicule	Perte de contrôle dynamique	80,0	69,2
	Perte de contrôle guidage	21,9	25,0
	Autre perte de contrôle	22,2	0
	Total des motocyclettes lourdes impliquées dans un accident en perte de contrôle	37,5	52,6
	Accident avec piétons	14,3	75,0
	Autres sans interaction	30,0	0
Total des motocyclettes lourdes ou VL impliqués dans un accident sans interaction avec un autre véhicule motorisé		30,8	60,0
Ensemble des motocyclettes lourdes ou VL impliqués dans un accident corporel		26,7	59,2

Une hypothèse que l'on peut avancer, concernant ces différences entre les VL et les 2RM, est que, comme le montrent certaines études (Van Elslande et coll., 2008), les conducteurs de motocyclette sont moins à l'origine de la situation d'accidents (actifs primaires ou déclencheurs) comparés aux automobilistes mais inversement plus actifs secondaires ou contributeurs. On définit les contributeurs comme des impliqués qui ne sont pas à l'origine même du déclenchement de la situation d'accident mais sont souvent considérés comme actifs dans la dégradation de cette situation par leur absence de régulation face au problème généré par l'autre impliqué (le

déclencheur). En d'autres termes, dans les accidents, les motocyclistes sont le plus souvent confrontés à une manœuvre de déclenchement à l'origine de l'accident de la part de l'autre impliqué qui va donc les obliger à réagir, souvent tardivement, par une manœuvre d'urgence et donc à solliciter la dynamique de leur véhicule. Ceci étant moins le cas pour les automobilistes, la différence observée peut donc provenir du degré d'implication des usagers dans l'origine de l'accident. Cette hypothèse se renforce par le fait que la différence statistiquement significative s'observe pour les accidents où les usagers (2RM et VL) sont impliqués dans des accidents en interaction avec un autre usager (61,5% de déclenchement chez les 2RM contre seulement 20,5% pour les VL d'après le tableau 3).

Tableau 4 : Comparaison entre les conducteurs de MTT et VL de la répartition sur l'origine dynamique des déclenchements dans les accidents (base EDA)

Origine du déclenchement	2RM (DYMOA+)	VL (S_VRAI)
Longitudinal	80,0%	51,2%
Transversal	13,3%	39,5%
Combiné	6,7%	9,3%
Total des accidents avec fortes sollicitations dynamiques	45	43

Concernant l'origine dynamique du déclenchement potentiel, on observe une différence significative entre les automobilistes et les motocyclistes ($\chi^2=8,74$; $p=0.013$). En effet, on remarque que les conducteurs de 2RM déclenchent principalement en accélération longitudinale (80%) contre seulement 51,2% pour les automobilistes (Tableau 4). Cette différence est d'ailleurs statistiquement significative ($\chi^2=8,14$; $p<0.01$). A l'inverse les automobilistes eux déclenchent significativement plus en transversal comparés aux motocyclistes (respectivement 39,5% contre 13,3%, $\chi^2=7,82$; $p<0.01$).

4. Discussion

L'objectif de ce livrable est d'apporter des connaissances sur le lien entre les incidents, recueillis par des enregistreurs de données installées sur une flotte de motocyclettes lourdes (cylindrée > 125cc) et les accidents, issus de la base EDA. Il s'agissait de montrer en quoi l'utilisation des enregistreurs de données pour recueillir des données sur des déclenchements dynamiques nous permettrait de déterminer un lien entre les incidents et les accidents.

Le premier enseignement que l'on peut tirer de cette étude est que le lien entre les incidents et les accidents est difficile à appréhender via l'utilisation seule de ces enregistreurs de données au sein d'une flotte restreinte de véhicules. En effet, dans le cadre du projet S_VRAI, qui s'intéressait à une flotte de véhicules légers, la question du lien entre incident et accident a mis en lumière certaines limites, en particulier le nombre insuffisant d'incidents et d'accidents recueillis. Une autre limite rencontrée portait sur la caractérisation des incidents du fait de la non utilisation de la vidéo. Dans le cadre du projet DYMOA, l'instrumentation de caméra sur les motocyclettes a été réalisée, ce qui a permis aux experts en accidentologie du LMA de classer les différents incidents selon des critères de sévérité. Mais comme pour le projet S_VRAI, le manque de données ne nous a pas permis d'enregistrer des accidents. Pour pallier à ce manque de données d'accidents de la circulation, une étude avait été réalisée à partir des accidents EDA. Nous avons ici utilisé la même méthode, à savoir une analyse spécifique des reconstructions d'accidents afin d'identifier la présence ou l'absence de fortes sollicitations dans les instants précédents l'accident, pendant la phase de situation d'urgence.

Concernant les motocyclistes, nous avons observé que dans les accidents, il y avait notamment plus de déclenchements dynamiques par rapport aux conducteurs de VL ce qui permet de mieux faire le lien avec les incidents d'origine dynamiques. En effet, dans près de 6 accidents sur 10, le motocycliste sollicite fortement la dynamique de son véhicule contre seulement 1 conducteur de VL sur 5. Ce résultat pourrait être mis en lien avec le niveau d'implication de ces conducteurs. En effet, des études ont montré que dans les accidents impliquant un 2RM et une automobile, les automobilistes étaient plus souvent considérés comme actifs primaires alors que les motocyclistes étaient plus souvent actifs secondaires et donc plus souvent confrontés à la réalisation d'une manœuvre d'urgence, manœuvre au cours de laquelle l'utilisateur sollicite fortement la dynamique de son véhicule.

En revanche, l'origine du déclenchement des sollicitations dynamiques est différente entre les accidents et les incidents. En effet, on observe plus de déclenchements liés à l'accélération longitudinale dans les incidents que dans les accidents (96% vs 80%). Ceci est lié en partie au fait qu'il est difficile pour les 2RM de mesurer l'accélération transversale réelle via un enregistreur de données embarqué. Cela constitue une limite dans notre analyse de mesure des incidents.

L'équipement des motocyclettes d'un système d'acquisition d'images vidéo a été un plus par rapport au précédent projet S_VRAI. Cela a permis entre autres de pouvoir classer certains incidents. Tous les incidents n'ont malheureusement pas pu être validés par la vidéo car nous n'avions que le point de vue de la motocyclette et lorsque le motocycliste était confronté à un autre usager, le manque d'information sur l'autre usager ne permettait pas de classer de façon pertinente l'incident. Il est donc apparu difficile d'établir un lien entre incident et accident. Dans d'autres livrables du projet DYMOA+ (WP5 et WP6), nous verrons les apports de la vidéo concernant la qualification des incidents.

Un autre résultat important est le fait que sur les variables observées dans ces travaux, les accidents impliquant des motocyclistes dans la base EDA semblent représentatifs à l'échelle nationale. Il serait donc possible d'établir un lien direct entre les 2 bases de données DYMOA et EDA. Ce résultat pourrait être plus fin si l'on arrive à améliorer la détection des incidents liés à l'accélération transversale via les enregistreurs de données.

5. Conclusion

Cette étude a permis d'apporter de nouvelles connaissances sur la thématique du lien quantitatif entre les incidents et les accidents. L'approche du lien entre les incidents et accidents semble plus pertinente pour les deux-roues-motorisés que pour les voitures car ils sont plus sujets à de fortes sollicitations dynamiques, notamment en ce qui concerne les situations de freinage d'urgence. Cependant, la mesure des paramètres dynamiques via un enregistreur de données paraît plus délicate pour les motocyclettes, du fait de la sensibilité du véhicule aux secousses de la route, des aménagements... De plus, l'absence de mesure de l'accélération transversale sur les motocyclettes présente un frein à l'analyse, et plus particulièrement pour les configurations de type « perte de contrôle ». Enfin, cette étude a montré l'apport déterminant de la vidéo pour qualifier la notion d'incidents dynamiques. En effet, cela a permis de contextualiser une partie des situations incidentogènes et ainsi dans certains cas d'écarter des situations qui ne nous paraissaient finalement pas critiques (ex : cas des conduites de type sportives).

6. Références

FOURNIER, J-Y., NAUDE, C. Projet S_VRAI : Sauver des Vies par le Retour d'Analyse sur Incidents Convention de Subvention DSCR n°: 7624. Livrable 6S6_A : Pyramide des incidents : Ratio entre incidents et accidents. 1ère partie. Septembre 2014. 15p.

FOURNIER, Jean-Yves, NAUDE, Claire, SERRE, Thierry, 2015. Livrable S_VRAI phase 1 n°6S6_B : Pyramide des incidents [2ème partie] Relations entre accidents et incidents, INSTITUT FRANCAIS DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DES TRANSPORTS, DE L'AMENAGEMENT ET DES RESEAUX - IFSTTAR, 20p.

NAUDE, Claire, FOURNIER, Jean-Yves, PERRIN, Christophe, SERRE, Thierry, 2018, DYMOA - Livrable 3.3 - Utilisation réelle des capacités dynamiques d'un 2RM, 100p.

PERRIN, Christophe, COSTA, Laura, DUBOIS-LOUNIS, Maxime, NAUDE, Claire, FOURNIER, Jean-Yves, CORNEN, Romane, SERRE, Thierry, 2018, Livrable 3.2 - Définition des seuils de déclenchement d'incidents pour un 2RM - projet DYMOA - Diagnostic d'infrastructures et d'Ynamic du véhicule pour les MOtos et les Autos, 30p.

RAGOT-COURT, I ; VAN ELSLANDE, P ; CLABAUX, N ; FOURNIER, JY ; BRENAC, T ; COQUELET, C ; JAFFARD, M ; PERRIN, C, 2011. Les comportements et leurs déterminants dans l'accidentalité des deux-roues motorisés. Rapport final Projet COMPAR, Convention Ifsttar/DSCR N 0007202, Ifsttar, 198p.

VAN ELSLANDE, P ; FOUQUET, K ; PARRAUD, C ; FOURNIER, JY, 2008. Les défaillances d'interaction dans les accidents impliquant un deux-roues motorisé. Rapport scientifique Tâche 1 (R1), Convention INRETS/ANR/PREDIT, Projet 2RM ANR-05-PDIT-011-01, INRETS, 81p.