



Livrable 3.3

Utilisation réelle des capacités dynamiques d'un 2RM

N° Livrable	3.3	N° sous-projet	SP3
Statut	Version finale		
Date	26 Janvier 2018		
Responsable du document	Claire Naude IFSTTAR – TS2 – LMA, Salon de Provence		
Auteur principal	Claire Naude		
Contributeur(s)	Jean-Yves Fournier, Christophe Perrin, Thierry Serre		
Validation	Thierry Serre, Michèle Guilbot		
Enregistrement	DYMOA_Livrable3.3_Vf.doc		

Résumé

Les objectifs poursuivis par le projet DYMOA sont :

- de développer de nouvelles méthodes de diagnostic des infrastructures routières et de leur usage par des motos (2RM) et des voitures (4RM) à l'aide d'enregistreurs de données de la route (EDR), 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 et les comparaisons 4RM / 2RM.
- de mettre en œuvre une méthodologie de recueil (enregistreurs embarqués de type smartphone, base de données) et d'exploitation de données (outils cartographiques) en conformité avec les droits des conducteurs concernés (protection des données à caractère personnel).

Le SP3 est dédié à l'étude du comportement dynamique d'un 2RM. Il comportait en premier lieu la conception d'un nouveau boîtier enregistreur spécifique aux 2RM (voir livrable L3.1). Ensuite il consistait à identifier les paramètres dynamiques d'un 2RM et leurs valeurs seuils permettant de détecter une situation de conduite à risque de type incident. Ceci fait l'objet du livrable L3.2.

Le présent livrable L3.3 vise à déterminer quelle est l'utilisation réelle des capacités dynamiques d'un 2RM par des usagers lambda, à partir du recueil de données pendant une durée de un an avec une flotte d'une trentaine de 2RM et d'une dizaine de 4RM équipés d'EMMAPhones. Un repositionnement de l'utilisation réelle des capacités dynamiques d'un 2RM sera notamment effectué vis-à-vis des usagers de 4RM.

Le rapport est décomposé en 4 parties qui concernent chacune un type de données recueillies et les enseignements que l'on peut en tirer concernant l'usage des 2RM.

La première partie expose les données d'**événements** recueillis, c'est à dire des situations de conduite avec un déclenchement de courte durée plus lié à un défaut ou un aménagement spécifique de l'infrastructure qu'au comportement du conducteur.

La deuxième partie concerne les **incidents** proprement dits, qui constituent des situations dangereuses ou risquées, à la limite du contrôle par le conducteur. Cette partie comprend :

- un bilan global et une typologie des incidents recueillis,
- des exemples d'incidents illustrant la diversité des situations rencontrées,
- une analyse contrastée de vidéos,
- et une discussion sur la validité des seuils d'incident.

La troisième partie concerne les **zones d'intérêt**, elle présente un bilan du recueil dans ces zones, des études thématiques (comportement urbain dense, voies structurantes d'agglomération) et une comparaison 4RM/2RM sur des zones accidentogènes déjà étudiées dans le cadre du projet S_VRAI.

La quatrième partie du rapport propose d'explorer l'utilisation réelle des capacités dynamiques des 2RM grâce à l'exploitation des **synthèses de parcours**, croisements des niveaux d'accélération et de vitesses angulaires sur l'ensemble des parcours de la flotte. Elle inclut des éléments généraux et des comparaisons entre couples véhicule-conducteur extrêmes et entre types de véhicule 4RM/2RM.

Table des matières

1. MATERIEL ET METHODES	7
1.1. DECLENCHEMENT DYNAMIQUE	7
1.2. INCIDENT / EVENEMENT	7
1.3. DECLENCHEMENT SUR ZONE D'INTERET	7
1.4. CONCEPT DE LA SYNTHESE DE PARCOURS	9
1.4.1. <i>Croisement de variables</i>	9
1.4.2. <i>Indices</i>	9
2. BILAN DU RECUEIL	11
2.1. BILAN GLOBAL	11
2.2. PARCOURS	13
2.3. DECLENCHEMENTS	20
3. LES EVENEMENTS	25
3.1. EXEMPLES	25
3.1.1. <i>Dos d'âne</i>	25
3.1.2. <i>Rails de tramway</i>	26
3.2. ACCUMULATION D'EVENEMENTS	28
4. LES INCIDENTS	33
4.1. TYPOLOGIE	33
4.1.1. <i>Taux d'incident</i>	33
4.1.2. <i>Critères de déclenchement</i>	34
4.1.3. <i>Types de sollicitation</i>	34
4.1.4. <i>Niveaux de sollicitation</i>	35
4.1.5. <i>Configuration de la route</i>	37
4.2. EXEMPLES	38
4.2.1. <i>Incident en freinage suite au dépassement d'un poids-lourd</i>	38
4.2.2. <i>Incident en freinage en entrée de rond-point</i>	40
4.2.3. <i>Incident en freinage lors d'une tentative de dépassement</i>	42
4.2.4. <i>Incident en transversal en rond-point</i>	44
4.2.5. <i>Incident en transversal en virage</i>	46
4.3. EXPLOITATION DES VIDEOS	49
4.3.3. <i>Facteurs d'incidents</i>	49
4.3.2. <i>Analyse fine des vidéos et notion d'incident</i>	50
4.4. DISCUSSION SUR LES SEUILS	52
5. LES ZONES D'INTERET	55
5.1. BILAN DU RECUEIL	55
5.2. EXEMPLE	55
5.3. ETUDES SUR LES ZONES D'INTERET	57
5.3.1. <i>Méthodologie de l'étude</i>	57
5.3.2. <i>Echantillon et résultats généraux</i>	58
5.3.3. <i>Comportement en zone urbaine dense</i>	58
5.3.4. <i>Voies structurantes d'agglomération (VSA)</i>	60
5.3.1. <i>Zones accidentogènes</i>	60
5.3.2. <i>Comparaison entre 2RM et 4RM</i>	68
5.3.3. <i>Détection d'incidents sur zones d'intérêt par analyse de la vidéo</i>	74
5.3.4. <i>Conclusions</i>	76

6	LES SYNTHÈSES DE PARCOURS	77
6.3	DISTRIBUTION DES PARAMÈTRES DE CONDUITE (1D).....	77
6.3.3	<i>Tous les parcours 2RM</i>	77
6.3.4	<i>Comparaison 4RM / 2RM</i>	80
6.4	CROISEMENT DE VARIABLES (2D) ET INDICE DE LA TACHE	83
6.4.3	<i>Tous les parcours 2RM</i>	83
6.4.4	<i>Comparaison 4RM / 2RM</i>	84
6.4.5	<i>Deux profils de conduite extrêmes</i>	87
6.5	GRAPHES 3D ET INDICES DES SOLlicitATIONS MOYENNES	90
6.5.3	<i>Tous les parcours 2RM</i>	90
6.5.4	<i>Comparaison 4RM / 2RM</i>	91
6.5.3.1.	<i>Deux profils de conduite extrêmes</i>	94
6.6	CROISEMENT DES INDICES.....	95
6.7	COMPARAISON DES TRAJETS DOMICILE-TRAVAIL 4RM/2RM	96
6.7.2.	<i>Un trajet identique réalisé en 4RM et 2RM par le même conducteur</i>	96
7	REFERENCES.....	100

1. Matériel et méthodes

1.1. Déclenchement dynamique

L'étude bibliographique et l'examen de données mesurées lors de différentes campagnes d'essais a permis de déterminer des seuils de déclenchement pour les 2RM, prenant en compte la norme des vitesses angulaires et la norme des accélérations angulaires (roulis, lacet, tangage). En début de recueil, les seuils ont été fixés à :

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

Les premiers recueils ont montré que ces seuils apparaissaient comme pertinents. Toutefois, l'analyse des données permettra d'affiner leur définition.

Pour les 4RM, un critère unique de déclenchement a été implémenté dans le programme de l'EMMAPhone (Critère 5), combinant un seuil de 6 m/s^2 pour la norme des accélérations longitudinale et transversale, et un seuil de 10 km/h pour la vitesse. Ce critère unique s'inspire des critères utilisés dans le projet S_VRAI, mais n'intègre ni la variation de seuil avec la vitesse, ni la prise en compte du jerk, ni la distinction événement/incident via un filtrage différencié. Il n'y aura donc pas de comparaison directe possible avec S_VRAI, et pas non plus de recueil d'événements pour les 4RM.

Lorsque l'EMMAPhone détecte un dépassement de seuil, il stocke les 30 secondes précédentes et y ajoute les 15 secondes suivantes, prolongées d'autant si un nouveau dépassement intervient moins de 15 secondes après.

1.2. Incident / Evénement

Les premiers enregistrements recueillis suite au déclenchement des seuils dynamiques prédéfinis ont fait apparaître deux types de situations. Certains de ces déclenchements, de courte durée, correspondaient plutôt à un défaut de la chaussée (nid de poule, tranchée affaissée...) ou un aménagement spécifique de l'infrastructure (dos d'âne, bouche d'égout, passage ferré...), et ont été classés comme « événements ». Certains déclenchements en revanche pouvaient être considérés comme des « incidents », résultant davantage du comportement du conducteur (freinage ou virage brusque...).

La plupart des événements sont en fait déclenchés par le critère sur la norme des accélérations angulaires, car ces dernières sont plus sensibles au bruit et aux vibrations de courte durée, étant calculées par dérivation des vitesses angulaires, sans filtrage particulier. L'accélération longitudinale et les vitesses angulaires de roulis, de lacet et de tangage sont quant à elle filtrées dès l'acquisition pour éviter les vibrations trop importantes.

1.3. Déclenchement sur zone d'intérêt

Des études ont été envisagées sur des données recueillies par les véhicules équipés lors de leur passage sur des zones d'intérêt. Un recueil spécifique a été mis au point par l'IFSTTAR LMA pour lequel le déclenchement se fait sur critère géographique, sur des points GPS prédéfinis.

Comme l'illustre l'exemple de la Figure 1.3, lorsque le véhicule arrive dans une zone définie par des coordonnées GPS et un rayon donné (zone jaune), l'EMMAPhone enregistre toutes les données concernant la dynamique du véhicule telles que la vitesse, l'accélération longitudinale, les vitesses angulaires, durant les 30 secondes précédant la zone (bleu clair), lors de la traversée de la zone (vert), et pendant les 15 secondes en aval de cette zone (rouge). Le calcul de distance lié à une zone circulaire étant assez consommateur de ressources logicielles, il a été décidé de faire le calcul en prenant une zone carrée. Les coordonnées des points GPS ainsi que les rayons de la ou des zone(s) étudiée(s) sont à renseigner dans un fichier de configuration. Ce fichier est automatiquement pris en compte par tous les EMMAPhone déployés dans une zone géographique donnée, typiquement en Normandie-Centre et dans les Bouches-du-Rhône (pas de zones d'intérêt dans l'Hérault).



Figure 1.3 – Trajectoire GPS d'un événement déclenché sur localisation géographique

De façon similaire au projet SVRAI pour les voitures, le recueil de données sur des zones d'intérêt a pour objectif principal d'étudier les comportements des 2RM sur différents types de zones (FOURNIER et coll., 2016). Le choix de ces zones s'est opéré en fonction de la finalité des analyses :

- **Zone urbaine dense** : il s'agit d'axes urbains du centre-ville où le trafic des véhicules est important et où les interactions entre les usagers de la route sont nombreuses.
- **Zone à aménagements ou configurations particuliers** : il s'agit de configurations ou d'aménagements existants qui ont un intérêt particulier, soit par leur caractère innovant, soit par leur caractère reconnu accidentogène. Les données recueillies devaient permettre d'étudier et mieux comprendre le comportement des usagers sur ces zones.
- **Zone sur voie structurante d'agglomération** : il s'agit ici d'étudier les comportements des 2RM en interfile en lien avec l'expérimentation qui a débuté en février 2016.
- **Zones accidentées du secteur EDA** : il s'agit de zones sur lesquelles se produisent régulièrement des accidents. L'étude des données recueillies devrait permettre de mieux comprendre les raisons pouvant conduire à un accident.

Le Tableau 1.3 présente la répartition géographique des différents types de zones d'intérêt retenues.

Zone géographique	Zones urbaines denses	Aménagements ou configurations particuliers	Voies structurantes d'agglomération	Zones accidentées	Total
Seine-Maritime	0	26	0	0	26
Bouches-du-Rhône	21	16	21	14	72
TOTAL	21	42	21	14	98

Tableau 1.3 – Dénombrement et répartition des différents types de zones retenues

1.4. Concept de la synthèse de parcours

1.4.1. Croisement de variables

Cette fonctionnalité complémentaire de l'EMMAPhone permet de recueillir quelques données générales et des données plus élaborées concernant les paramètres dynamiques de conduite de chaque parcours du véhicule.

Les données générales sont les suivantes : les heures de début et de fin de parcours, la durée du trajet, la vitesse moyenne pendant le trajet, les positions GPS en début et fin de parcours, les minima et maxima des 3 accélérations, des 3 vitesses angulaires, des 2 jerks (dérivées des accélérations longitudinale et transversale) et la vitesse maximale.

Les données élaborées concernant les paramètres dynamiques de conduite sont des croisements des paramètres de conduite. Il y a 7 croisements :

- Accélération longitudinale versus Vitesse de roulis
- Accélération longitudinale versus Accélération transversale,
- Accélération longitudinale versus Accélération angulaire de roulis,
- Accélération verticale versus Vitesse de lacet,
- Accélération longitudinale versus Vitesse de lacet,
- Accélération longitudinale versus Vitesse de tangage,
- Accélération longitudinale versus Accélération transversale recalculée dans le repère terrestre (estimation).

L'algorithme de cette synthèse de parcours peut être résumé de la manière suivante :

Les périodes sont comptabilisées, en termes de temps passé, dans des matrices selon le niveau des deux paramètres concernés par intervalle de 1 m/s² pour une accélération, de 10°/s pour une vitesse angulaire, et de 20°/s² pour une accélération angulaire.

Les compteurs sont incrémentés dans les cases correspondantes d'une matrice en fonction de la vitesse du véhicule, par intervalle de 5 km/h.

1.4.2. Indices

Deux types d'indices ont été élaborés pour caractériser de manière globale une synthèse de parcours donnée, donc un profil de conduite sur un parcours. Ces indices peuvent être calculés sur un parcours ou sur le cumul de plusieurs parcours, tous les parcours d'un véhicule par exemple ou tous les parcours de toutes les motos.

Le premier type d'indice appelé « indice de la tâche » représente la taille de la tâche d'une synthèse de parcours donnée, pour un/des parcours considéré/s, soit le nombre de valeurs non

nulles de la matrice cumulée sur toutes les vitesses, ou encore de cases occupées sur un graphique 2D (voir exemples au paragraphe 6.2). Il y a donc 7 indices de ce type pour les 7 types de synthèses de parcours. Plus un de ces indices est élevé, plus les sollicitations fortes croisées de la synthèse correspondante sont atteintes.

Le second type d'indice appelé « indice de sollicitation moyenne » est une estimation de la moyenne pour chaque paramètre dynamique, sur l'ensemble du/des parcours considéré/s. Il prend en compte la durée pendant laquelle un niveau du paramètre est atteint, donc la 3^{ème} dimension des synthèses de parcours. Il y a 8 indices pour les 8 paramètres des synthèses de parcours (Accélération longitudinale, ...). Plus un de ces indices est élevé plus le niveau de cette sollicitation est haut en moyenne.

Ces indices permettront de faire des comparaisons synthétiques entre des parcours, des ensembles de parcours de conducteurs différents, de types de véhicules différents, etc.

2. Bilan du recueil

2.1. Bilan global

Globalement, le bilan du recueil pendant un an est le suivant :

- 3236 parcours correspondant à 41000 km, dont 36500 en 2RM et 4500 en 4RM,
- Aucun accident enregistré par l'EMMAPhone,
- 427 incidents, dont 395 en 2RM et 32 en 4RM,
- 716 événements, tous en 2RM (du fait du seul critère choisi pour les 4RM),
- et 319 passages en zone d'intérêt, dont 315 en 2RM et 4 en 4RM.

Un certain nombre de ces situations enregistrées sont accompagnées d'une vidéo. Pour des raisons techniques dans un certain nombre de cas la vidéo n'a pas fonctionné correctement, comme le montre la figure 2.1.a. Certaines caméras se sont révélées défectueuses. Certaines vidéos ont pu ne pas être envoyées automatiquement par GSM compte tenu de leur taille et du temps nécessaire à l'envoi. Elles seront parfois récupérées dans les boîtiers lors de la désinstallation à la fin de la période de 18 mois de recueil. Globalement nous disposons de la vidéo pour 44% des enregistrements, avec une qualité variable selon le positionnement de la vidéo, la météo et la luminosité. La qualité a été dégradée à la base pour ne pas avoir à flouter a posteriori les plaques minéralogiques et les visages.

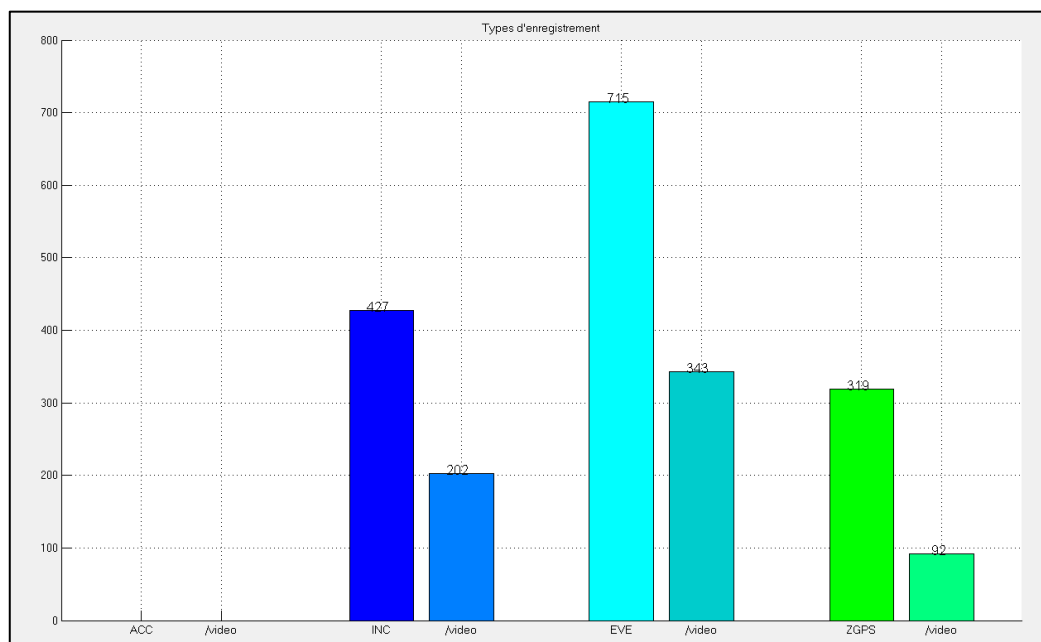


Figure 2.1.a : Répartition globale des enregistrements sur déclenchement par type, et vidéos associées

Le détail des nombres de parcours, de distance parcourue, des différents types d'enregistrements et des vidéos associées est donné à la figure 2.1.b. Les situations sont assez variées.

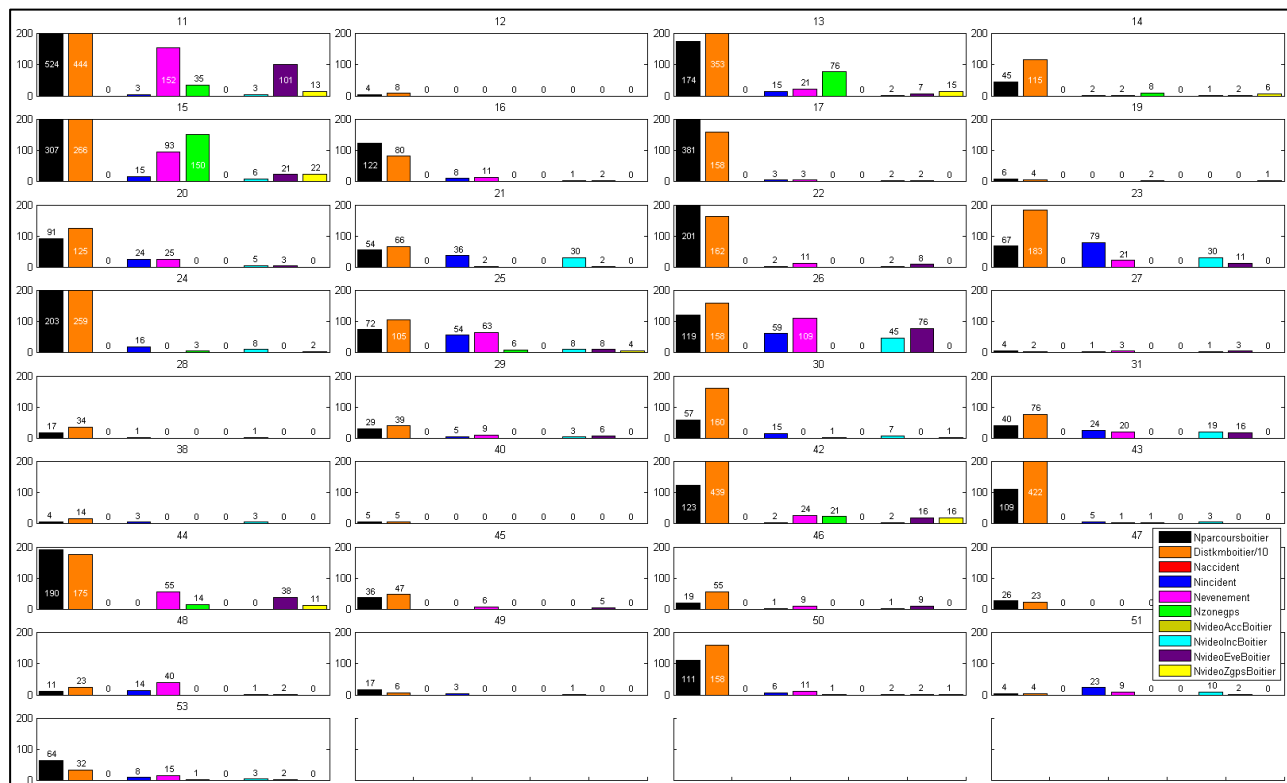


Figure 2.1.b : Répartition des parcours (nombre en noir, distance en orange), des enregistrements sur déclenchement (incidents en bleu, événements en magenta, zones d'intérêt en vert) et des vidéos associées par boîtier

La figure 2.1.c montre comment se répartissent les parcours, les incidents, les événements et les zones d'intérêt en termes de période (entre semaine et week-end) et de luminosité (jour ou nuit). La luminosité est calculée d'après la date et l'heure et les coordonnées GPS qui permettent de savoir quand l'instant se situe par rapport au crépuscule. Il y a nettement plus de parcours et de déclenchements en semaine que le week-end :

- 92% vs 8% pour les parcours,
- 88% vs 12% pour les incidents,
- 90% vs 10% pour les événements,
- 93% vs 7% pour les passages sur zones d'intérêt.

Et il y a une majorité de parcours et de déclenchements de jour plutôt que de nuit :

- 85% vs 15% pour les parcours,
- 94% vs 6% pour les incidents,
- 82% vs 18% pour les événements,
- 90% vs 10% pour les passages sur zones d'intérêt.

Il est à noter qu'il y a une proportion plus importante de déclenchements de type événement de nuit que des autres types, peut-être parce que le conducteur perçoit moins bien de nuit les défauts de chaussée et les aménagements type dos d'âne, et réduit moins sa vitesse en approche.

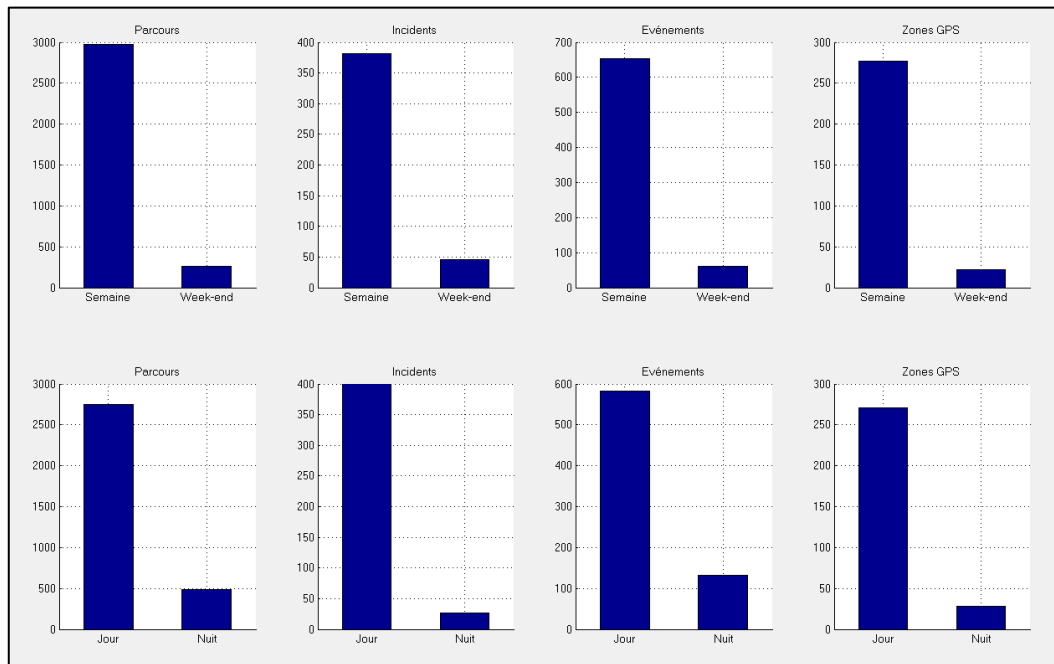


Figure 2.1.c : Répartition Semaine/Week-end et Jour/Nuit des parcours et des enregistrements sur déclenchement

2.2. Parcours

Les nombres de parcours et les distances parcourues sont diverses entre les véhicules équipés, comme le montrent les figures 2.2.a et 2.2.b, avec entre 4 et 524 parcours par boîtier et entre 21 et 4439 km parcourus. Les 33 boîtiers ont générés des parcours.

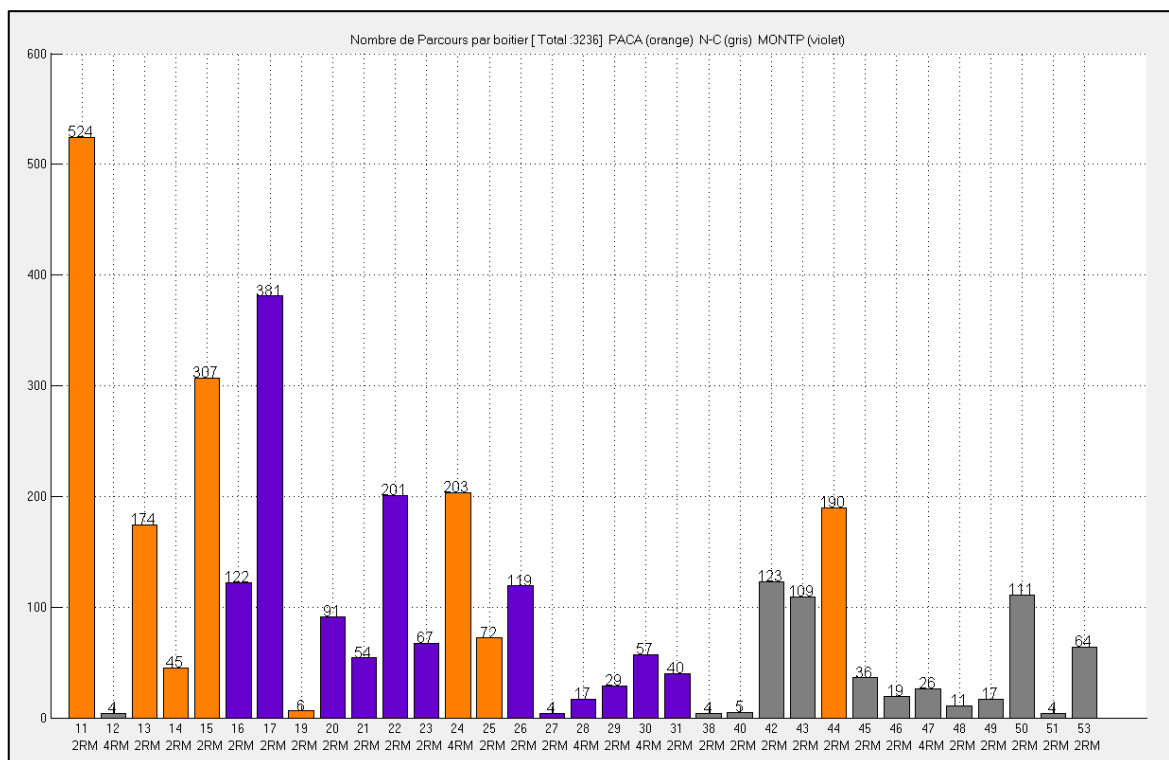


Figure 2.2.a : Répartition des parcours par boîtier. PACA (orange) HERAULT (violet) SEINE-MARITIME (gris)

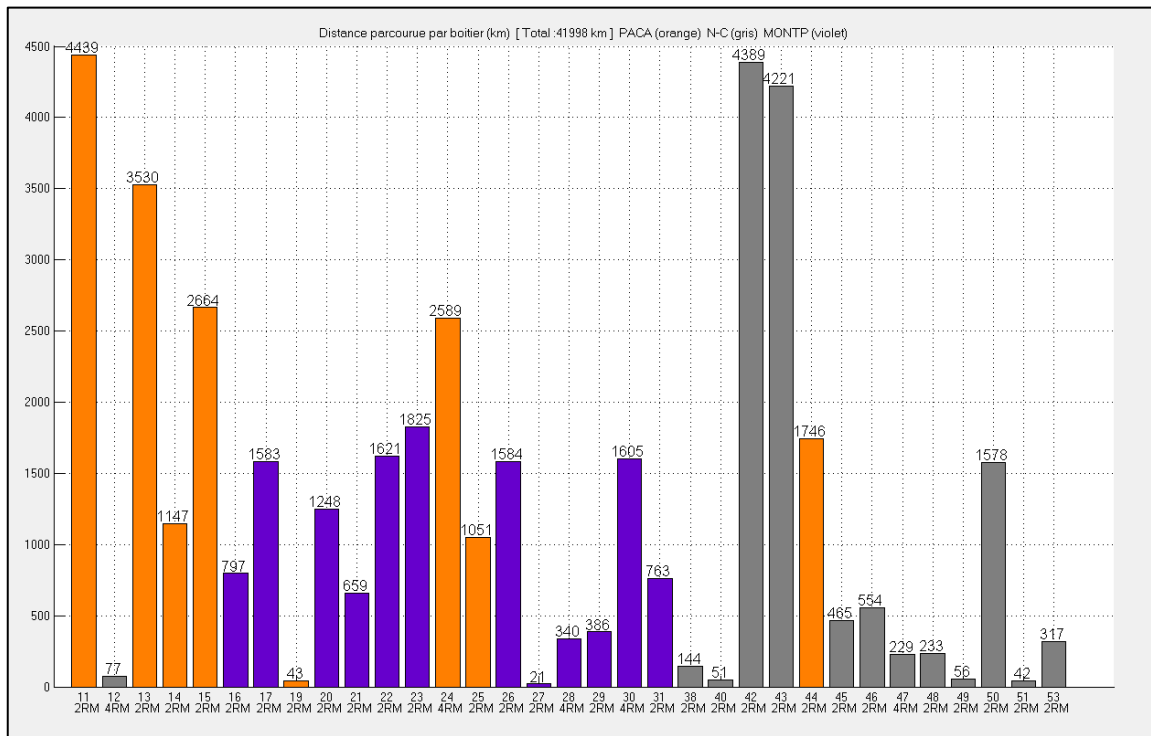


Figure 2.2.b : Répartition des distances parcourus par boîtier. PACA (orange) HERAULT (violet) SEINE-MARITIME (gris)

Les distances parcourues sont variables d'un parcours à l'autre, mais il y a beaucoup de trajets de courte ou moyenne distance, comme le montre la figure 2.2.c, avec 95% de trajets de moins de 50 km, 68% de moins de 10 km. On retrouve parmi ces derniers beaucoup de trajets domicile-travail.

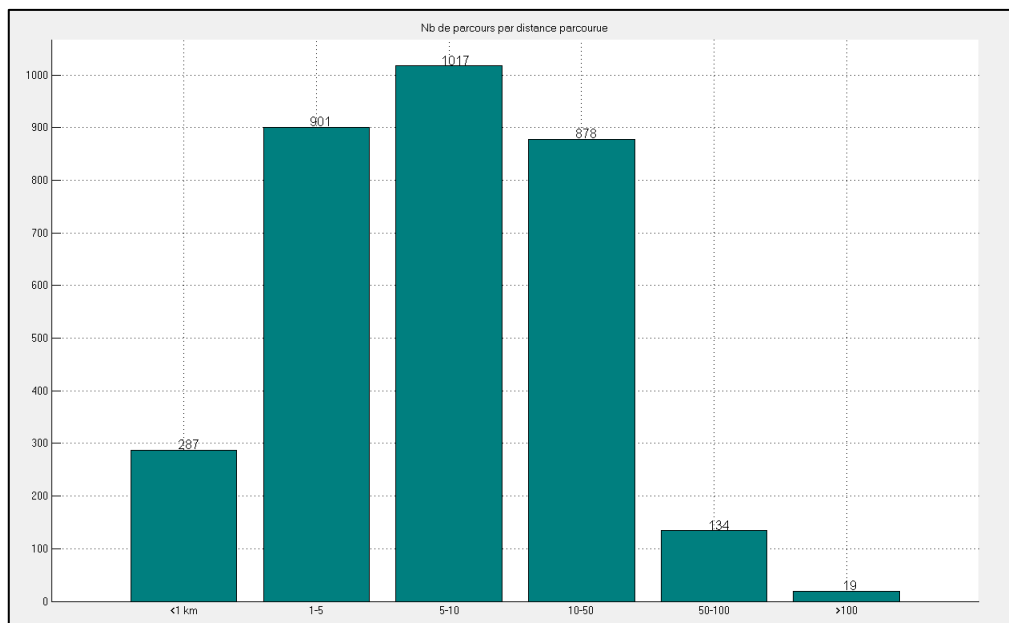


Figure 2.2.c : Répartition des parcours par distance parcourue

Les traces GPS des parcours sont réparties majoritairement sur le territoire en Normandie-Centre, en PACA et dans l'Hérault comme l'illustrent les cartes des trajectoires des figures 2.2.d à 2.2.l, avec en vert les trajectoire des 2RM et en rouge les trajectoires des 4RM.

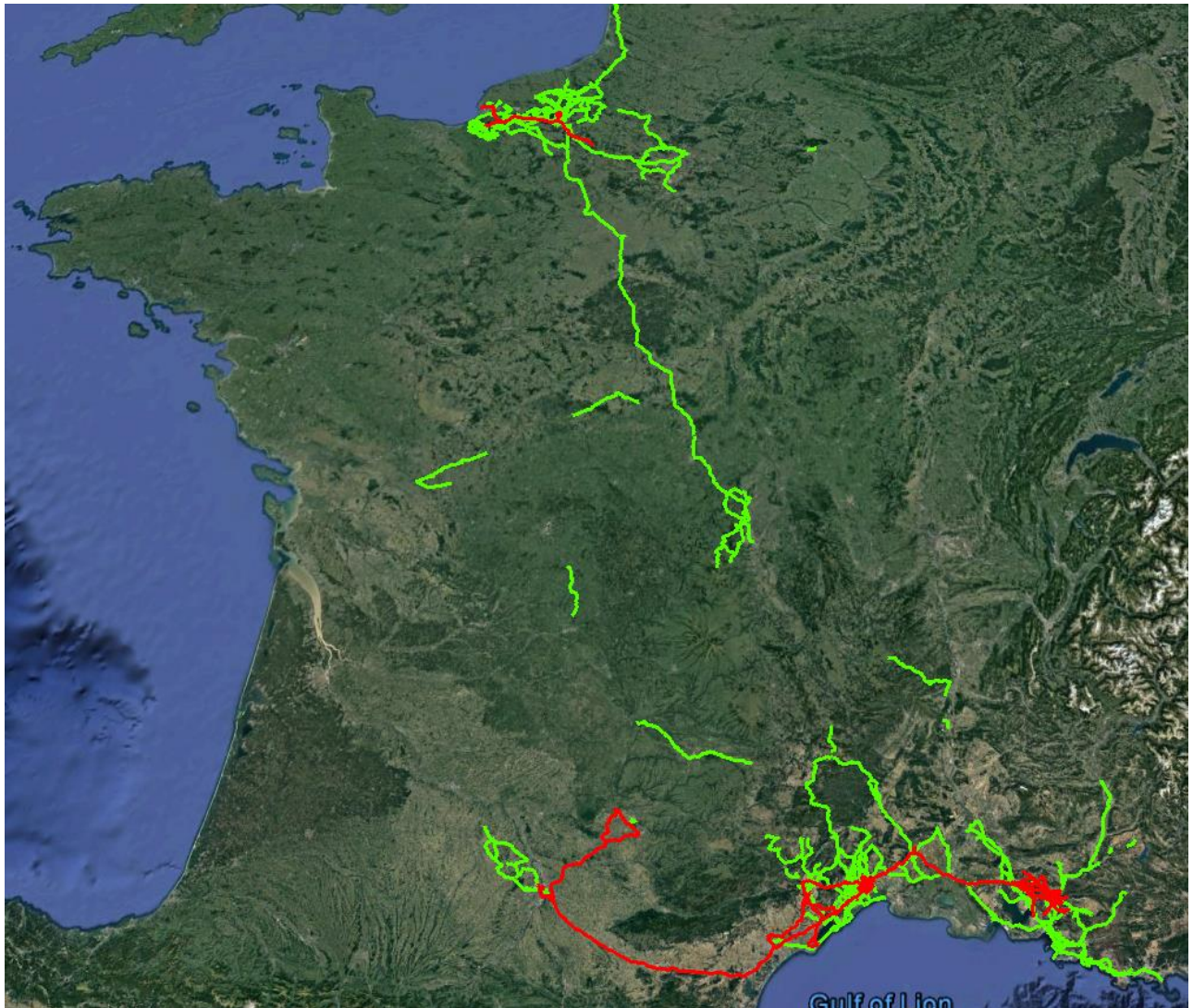


Figure 2.2.d : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), France entière

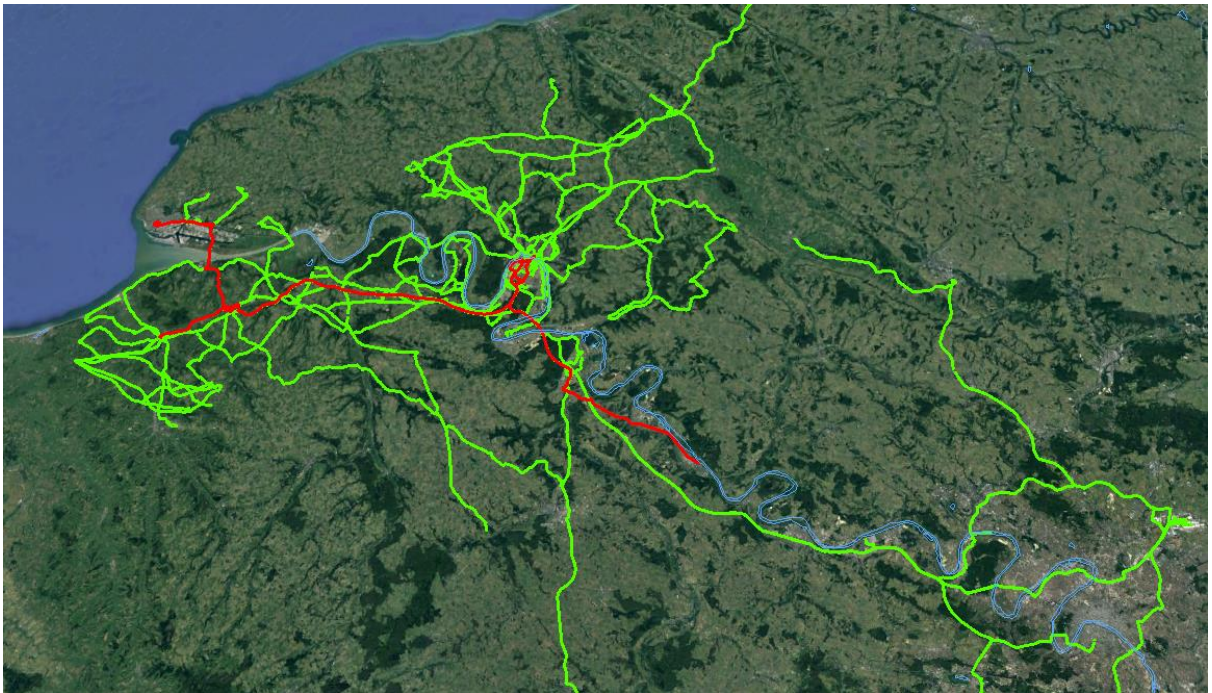


Figure 2.2.e : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), Normandie-Centre

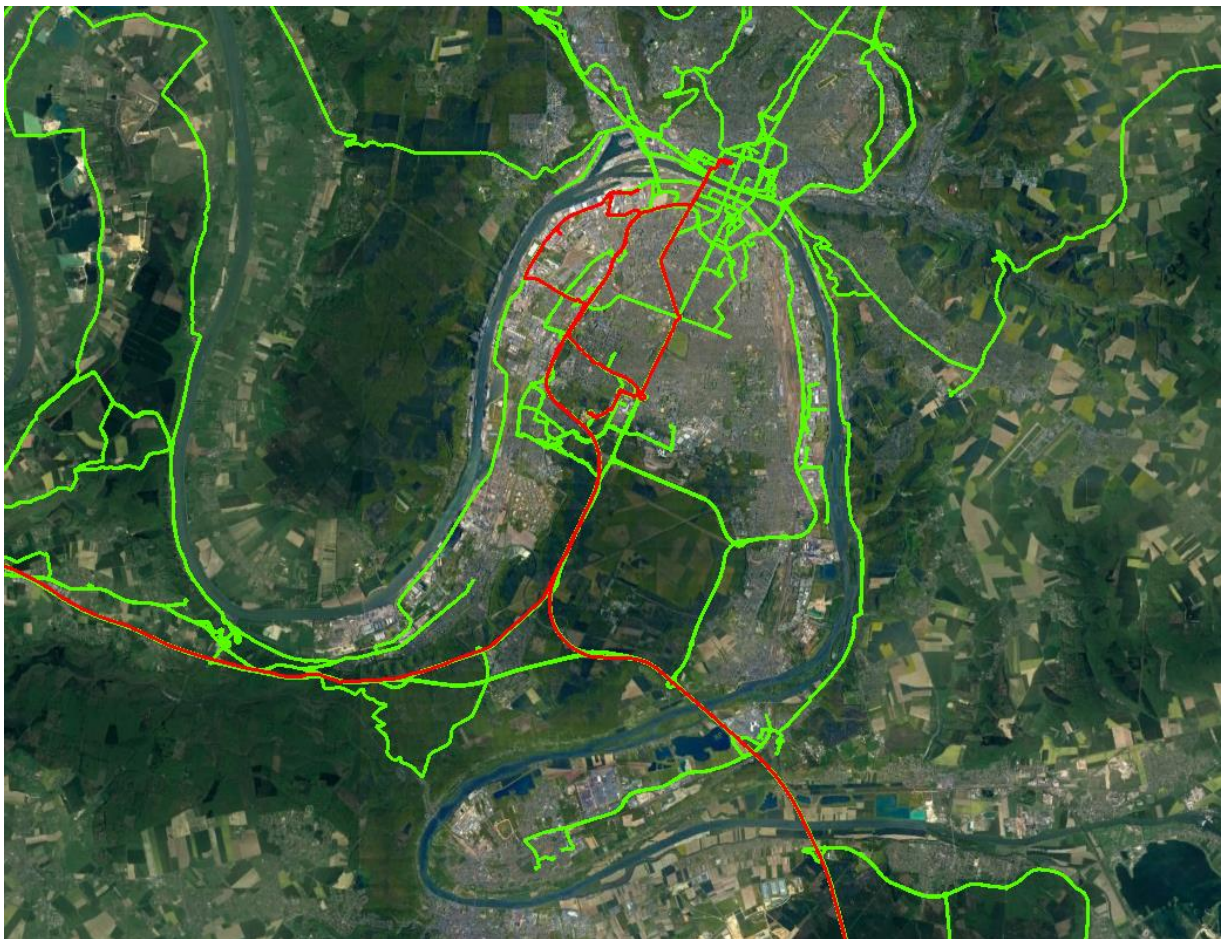


Figure 2.2.f : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), Rouen

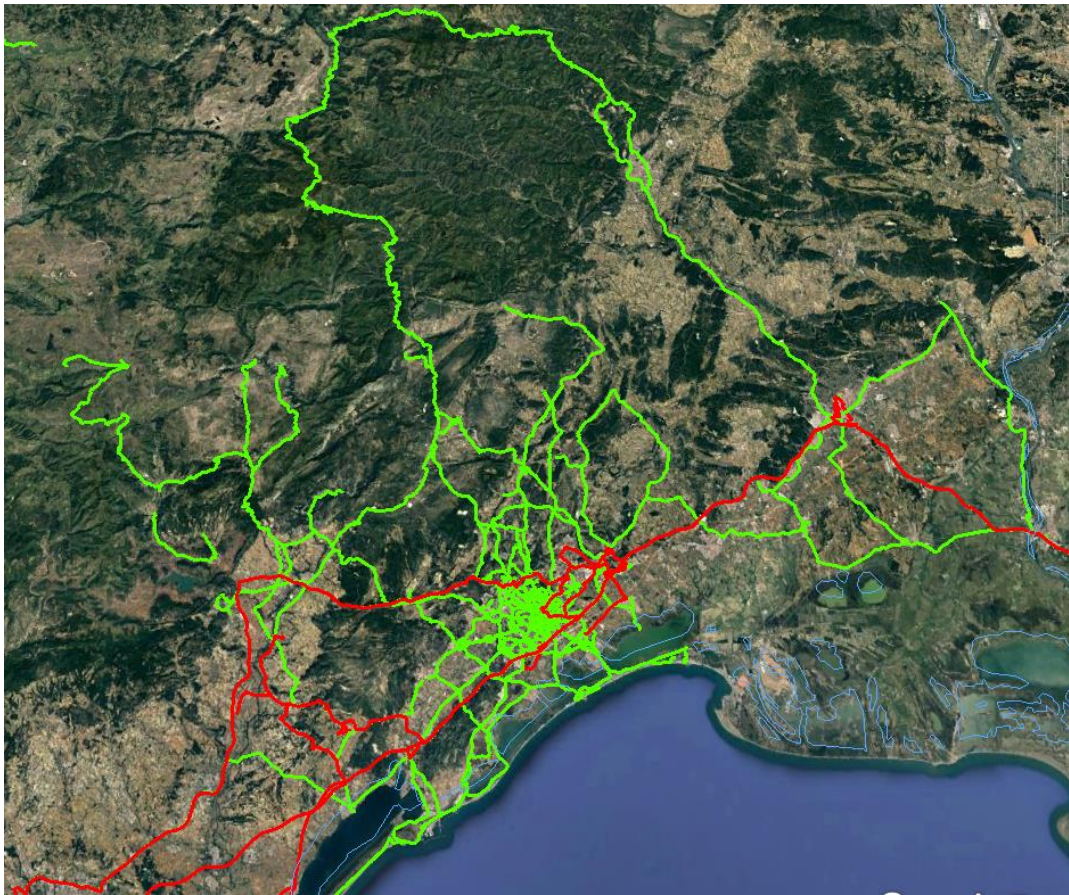


Figure 2.2.g : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), Hérault



Figure 2.2.h : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), Montpellier

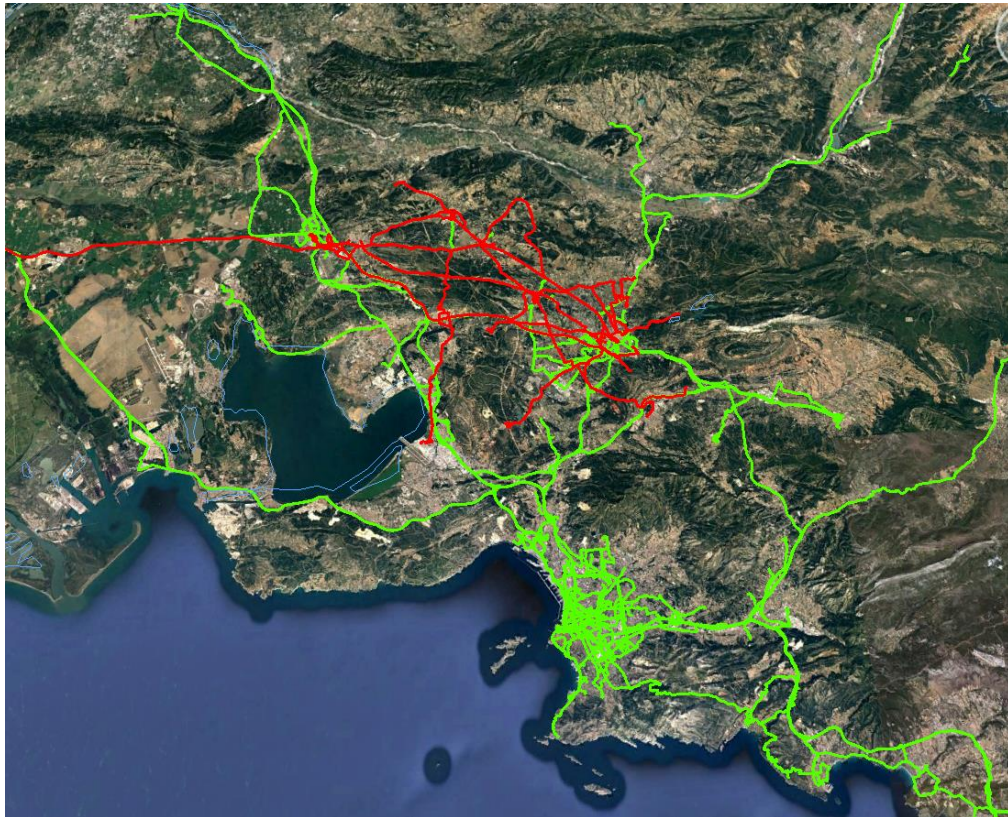


Figure 2.2.i : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), PACA

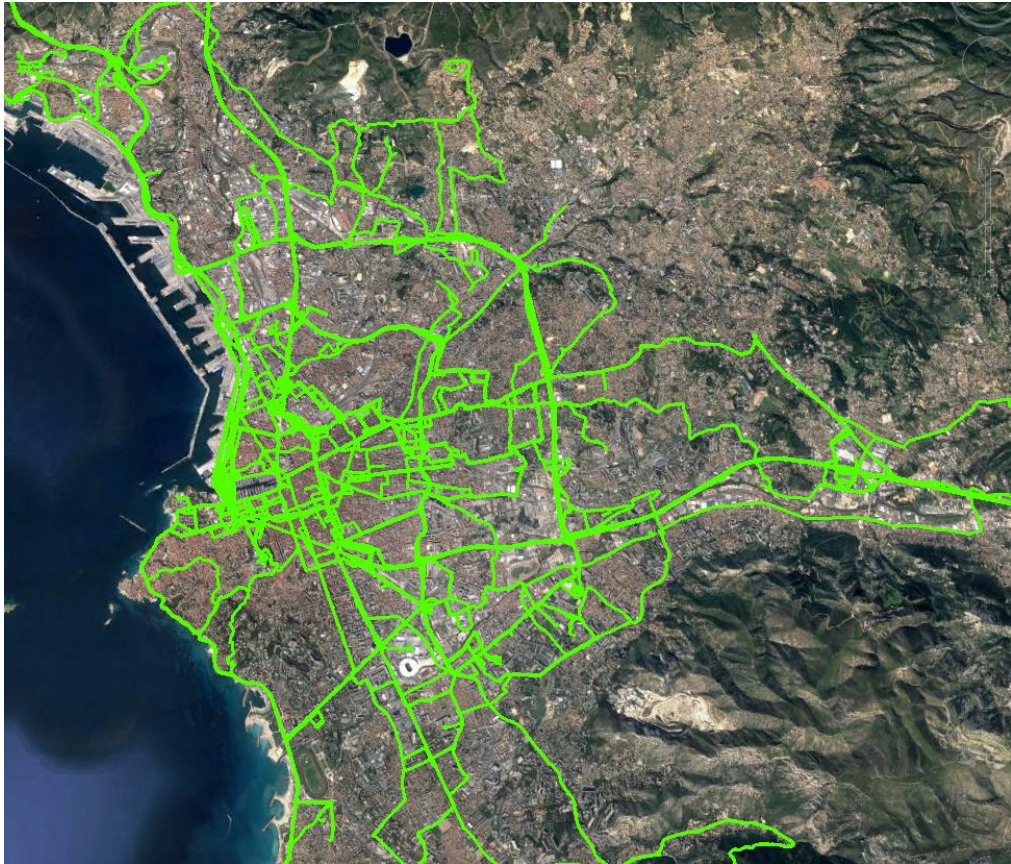


Figure 2.2.j : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), Marseille

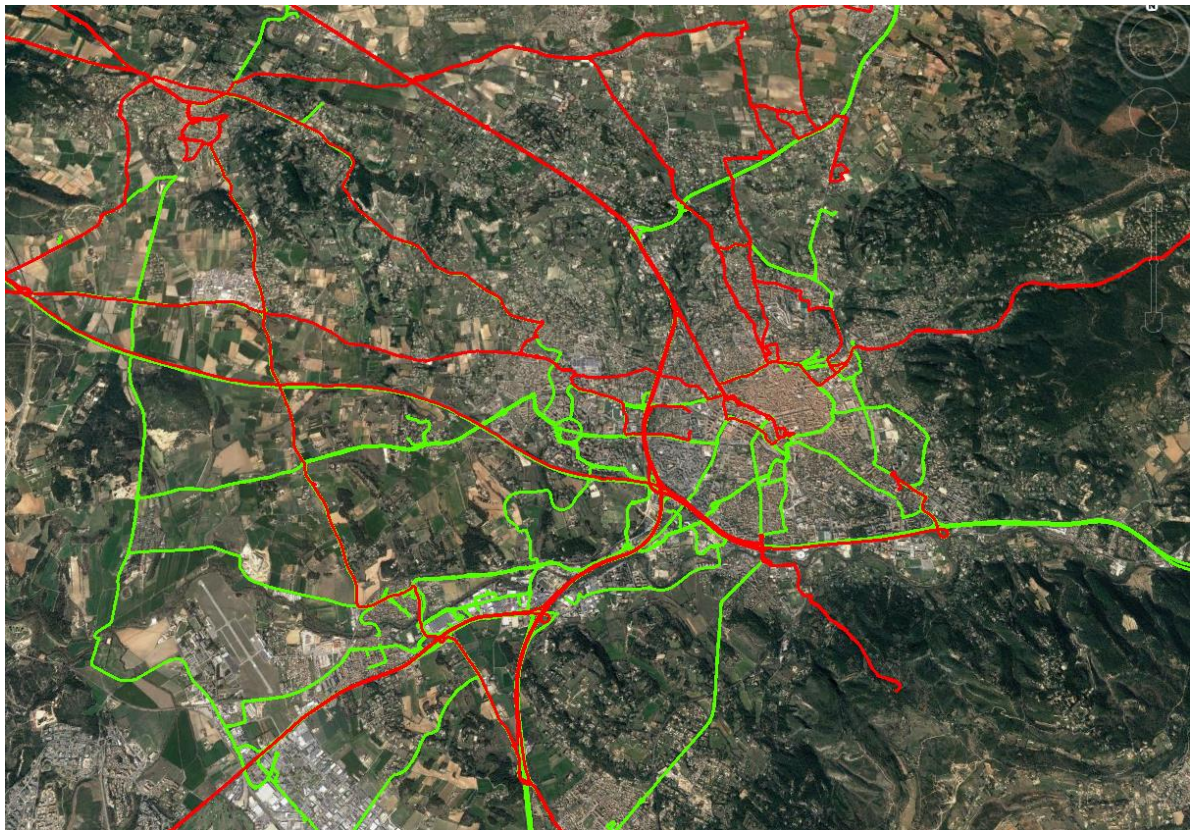


Figure 2.2.k : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), Aix et alentours

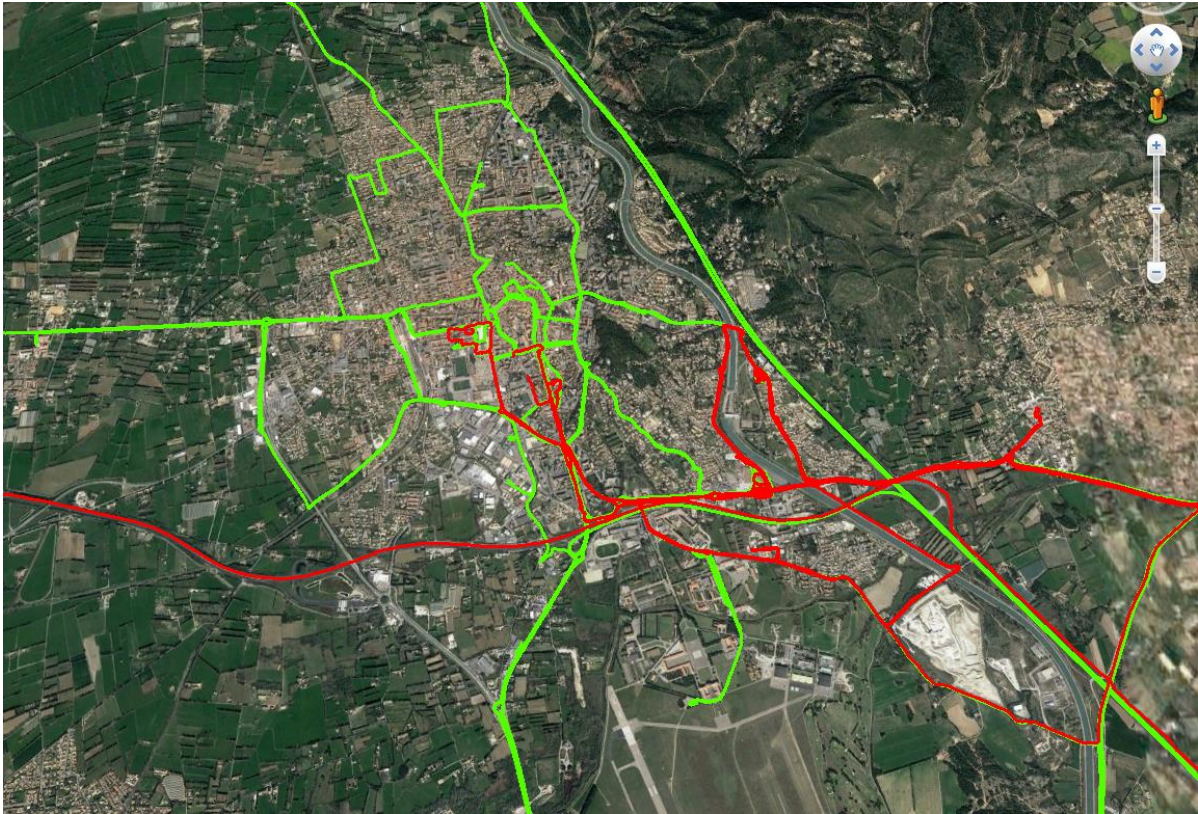


Figure 2.2.I : Carte des trajectoires des parcours 2RM (vert) et 4RM (rouge), Salon de Provence

2.3. Déclenchements

Les différents types de fichiers enregistrés, de type incidents, événements, ou passages sur zones d'intérêt, sont répartis de manière contrastée selon les véhicules, comme l'illustre la figure 2.3.a. Parmi les 33 boîtiers ayant générés des données de parcours, trois n'ont généré aucun enregistrement sur déclenchement quel que soit le type. Certains véhicules n'ont réalisé aucun passage en zone d'intérêt, notamment les véhicules de l'Hérault, puisqu'aucune zone d'intérêt n'a été définie dans ce département.

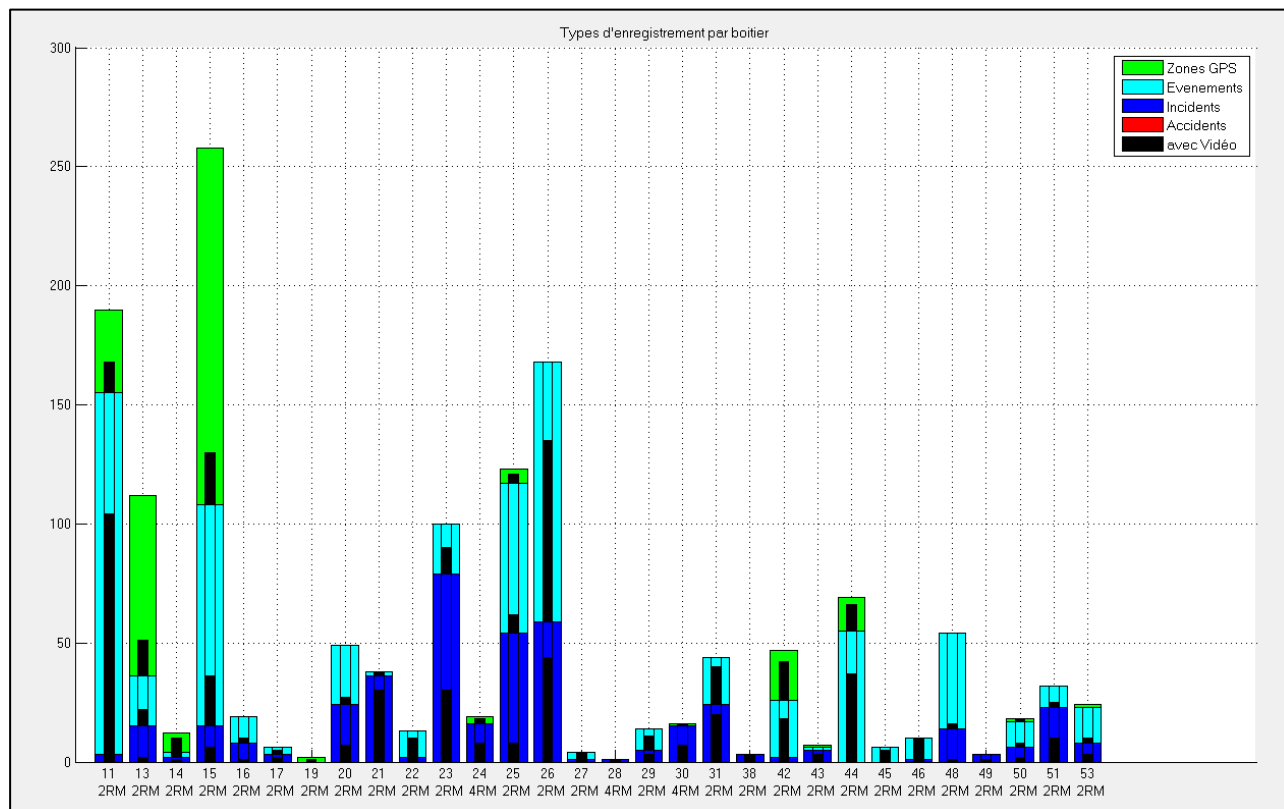


Figure 2.3.a : Répartition des déclenchements par boîtier et par type

La répartition sur le territoire des déclenchements selon leur type est illustrée par les figures 2.3.b à 2.3.f. Chaque déclenchement d'un fichier, survenant au moins une seconde après le précédent, est représenté sur la carte par une petite moto ou voiture selon le véhicule concerné. Le bilan des déclenchements est le suivant :

- 484 déclenchements de type « incident »,
- 966 déclenchements de type « événement »,
- 320 déclenchements de type « zone d'intérêt ».

La figure 2.3.f permet notamment de constater que certains axes routiers sont plus sujets à incidents et événements que d'autres.

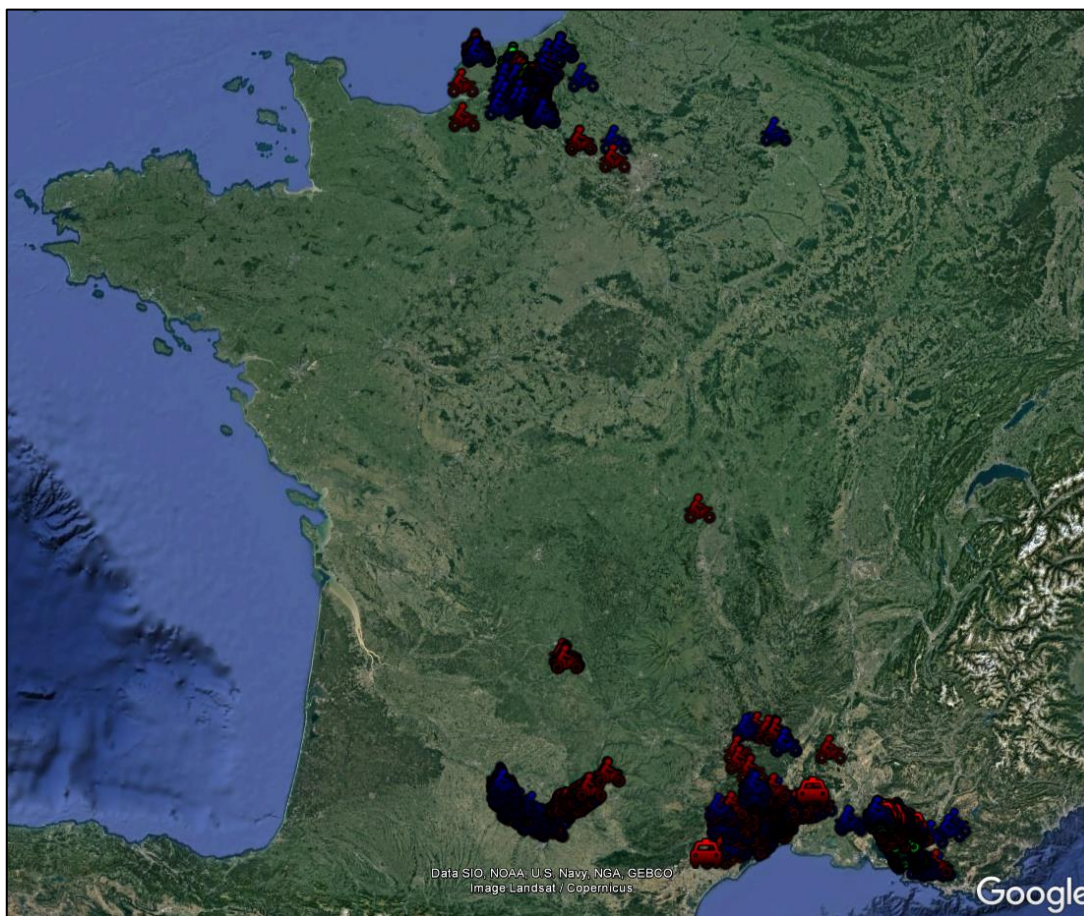


Figure 2.3.b : Répartition des déclenchements France entière. Incidents (rouge), Evénements (bleu), Passages en zone d'intérêt (vert)

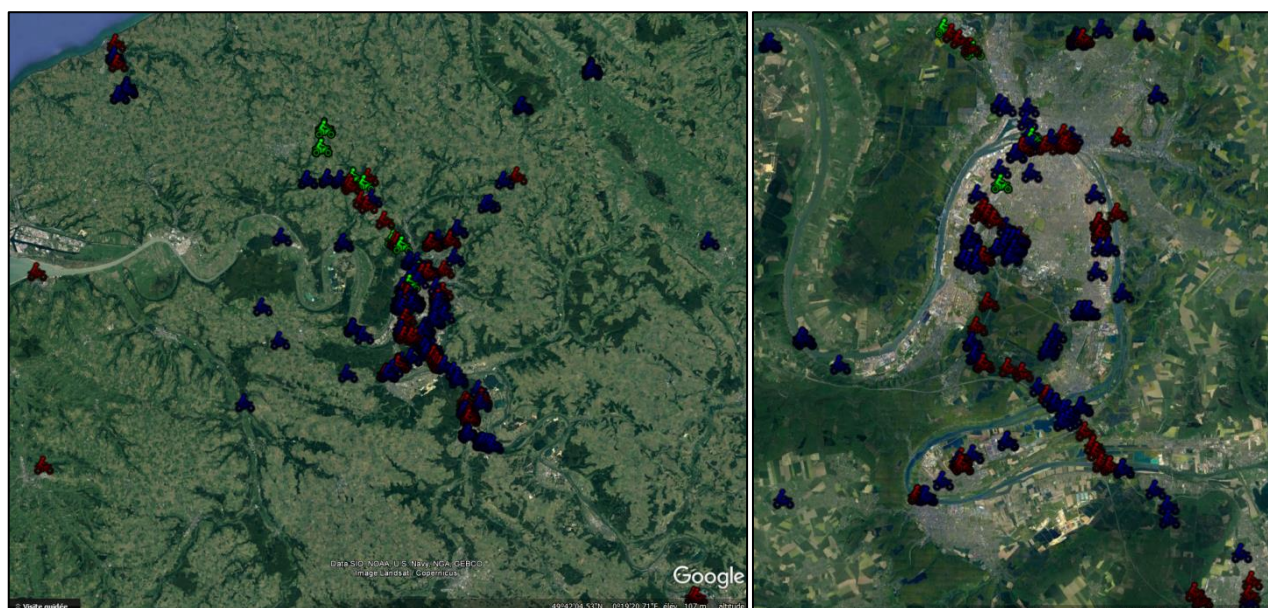


Figure 2.3.c : Répartition des déclenchements en Normandie-Centre (à gauche) et zoom sur Rouen (à droite). Incidents (rouge), Evénements (bleu), Passages en zone d'intérêt (vert)

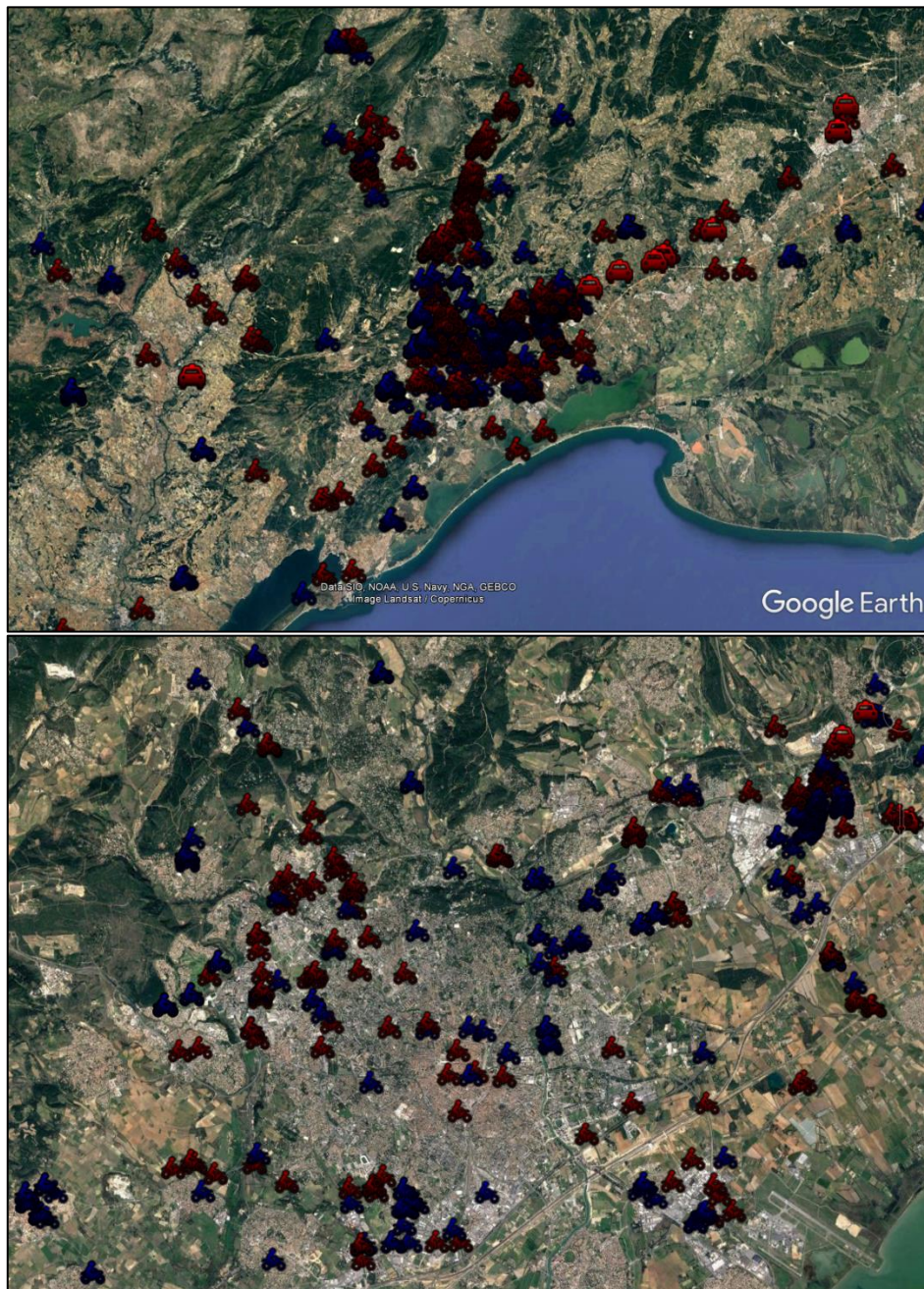


Figure 2.3.d : Répartition des déclenchements dans l'Hérault (en haut) et zoom sur Montpellier (en bas). Incidents (rouge), Evénements (bleu), Passages en zone d'intérêt (vert)

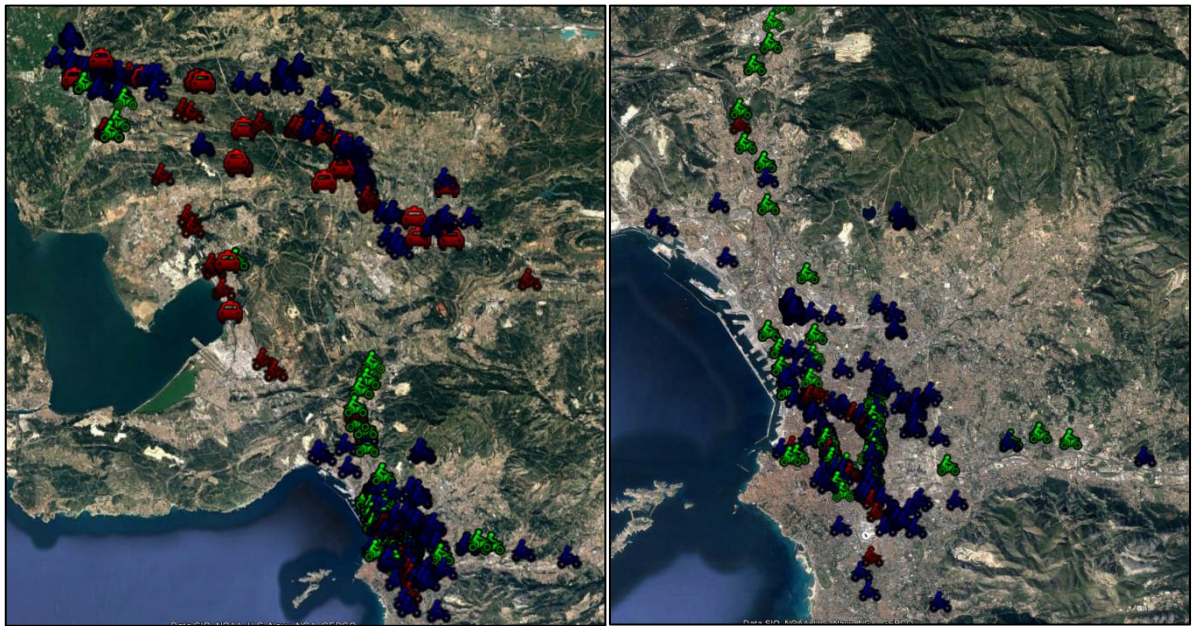


Figure 2.3.e : Répartition des déclenchements en PACA (à gauche) et zoom sur Marseille (à droite). Incidents (rouge), Evénements (bleu), Passages en zone d'intérêt (vert)

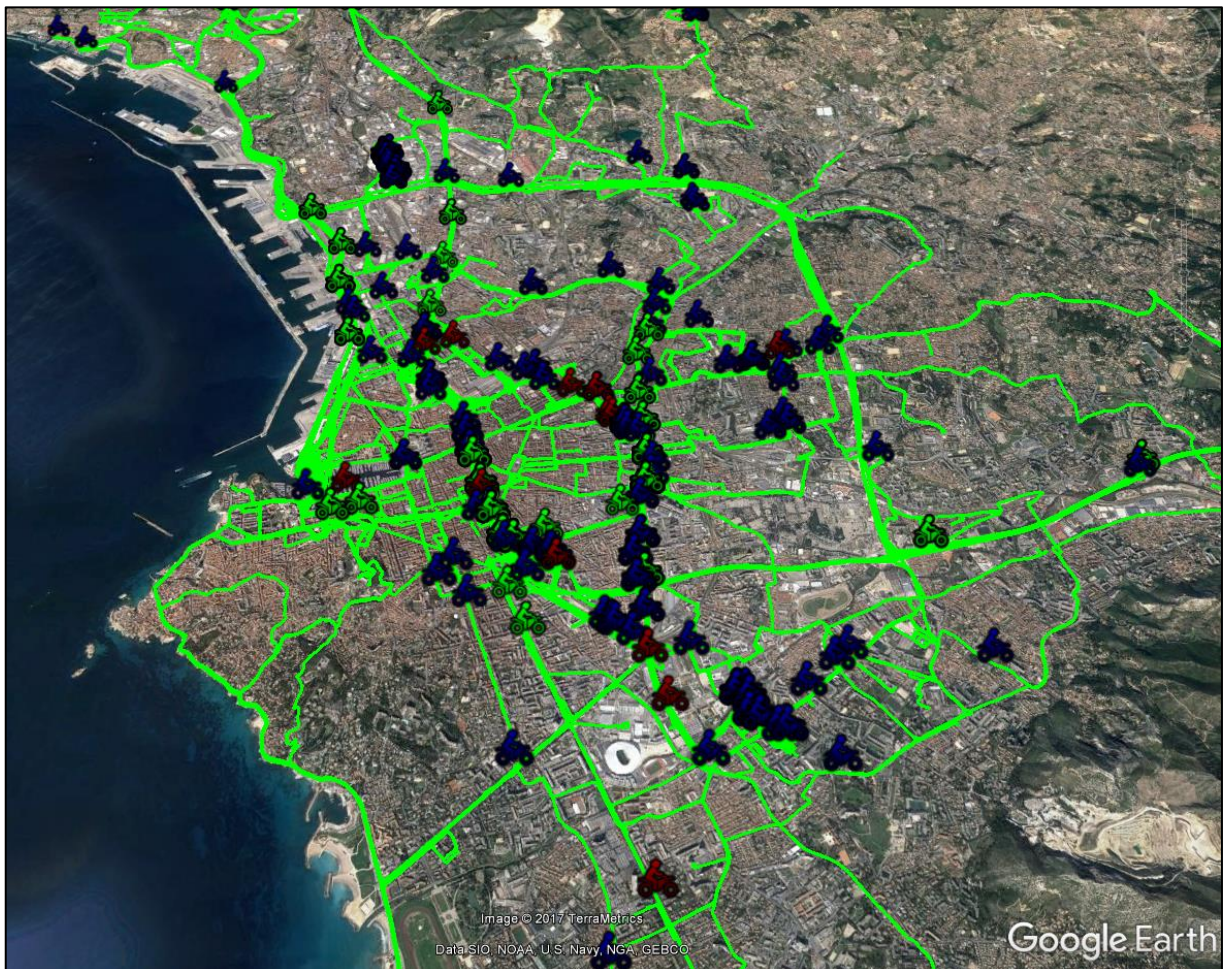


Figure 2.3.f : Répartition des parcours (en vert) et des déclenchements à Marseille - Incidents (rouge), Evénements (bleu), Passages en zone d'intérêt (véhicules verts)

3. Les événements

3.1. Exemples

3.1.1. Dos d'âne

Dans cette situation enregistrée, le motard double une voiture qui freine devant un dos d'âne, et passe le dos d'âne vers 30 km/h dans la voie en sens inverse en déclenchant sur la norme des accélérations angulaires (figure 3.2.1.b), puis il se rabat dans sa voie. Une voiture arrive en sens inverse.



Figure 3.1.1.a : Vue cartographique et vue satellite de la trajectoire d'un événement sur un dos d'âne. Début des 45s (rouge), Déclenchement (jaune), Fin (noir)

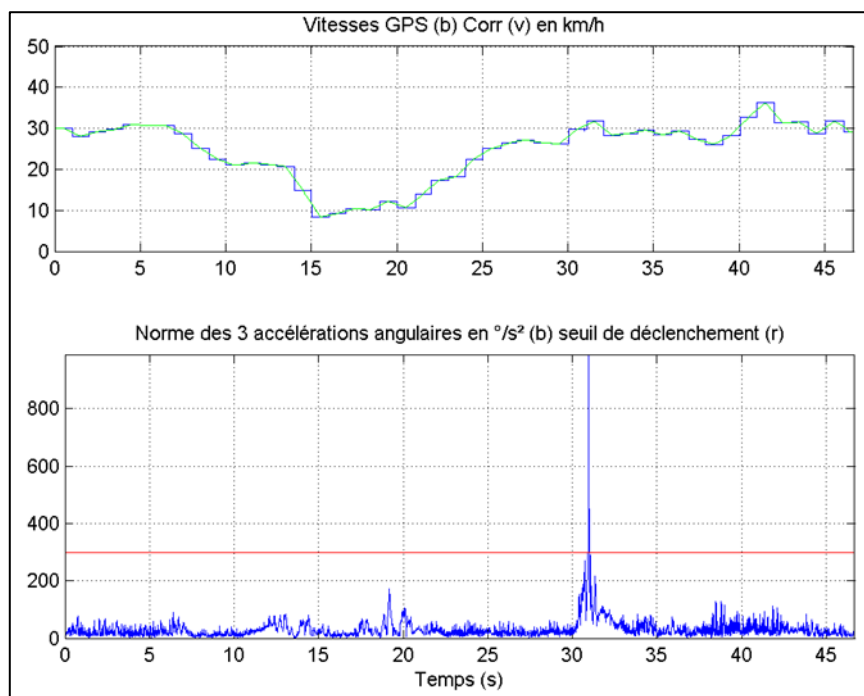


Figure 3.1.1.b : Vitesse, Norme des 3 accélérations angulaires lors d'un événement sur dos d'âne.



Figure 3.1.1.c : Sélection d'image de la vidéo d'un événement sur des rails de tramway.

3.1.2. Rails de tramway

L'événement suivant intervient lors du passage de rails de tramway au niveau d'une intersection, avec un double déclenchement dû à 2 grosses secousses qui induisent des dépassements du seuil de la norme des accélérations angulaires.

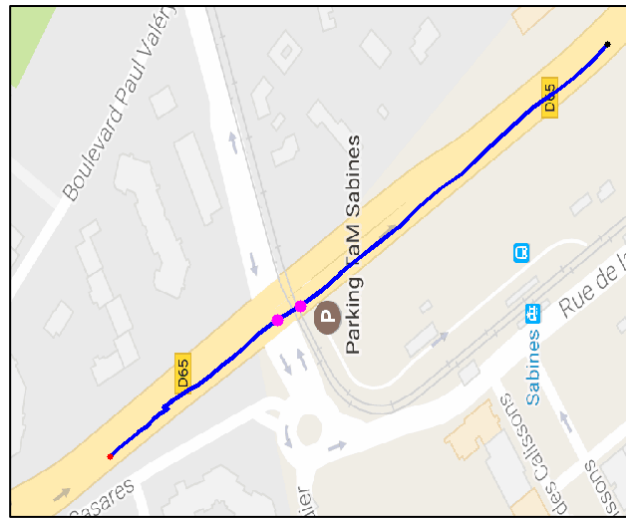


Figure 3.1.2.a : Vue cartographique et vue satellite de la trajectoire d'un événement sur un dos d'âne. Début des 45s (rouge), Déclenchements (magenta), Fin (noir)

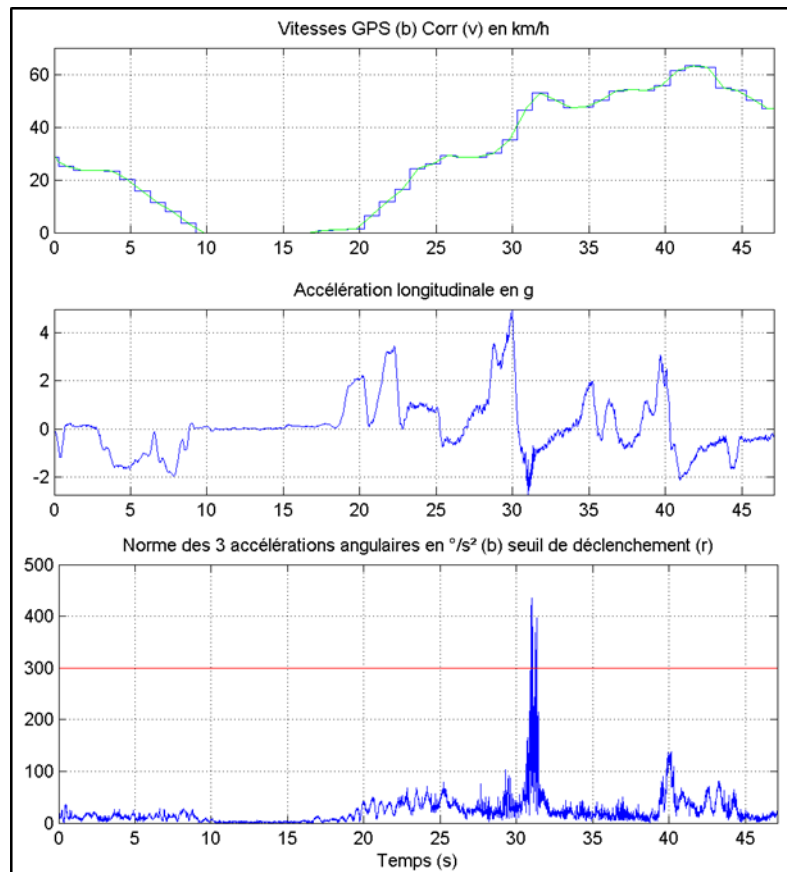


Figure 3.1.2.b : Vitesse, Accélération longitudinale, et Norme des 3 accélérations angulaires lors d'un événement sur des rails de tramway



Figure 3.1.2.c : Sélection d'images de la vidéo d'un événement sur des rails de tramway

3.2. Accumulation d'événements

Les événements sont plutôt liés à un aménagement ou à un défaut de la chaussée. La visualisation avec Google Street Map et/ou la vidéo permettent souvent d'identifier la cause des secousses. On rencontre notamment :

- Des dos d'âne (c'est la plus forte proportion), déclenchant plus souvent en descente qu'en montée,
- Des coussins berlinois,
- Des voies ferrées et en particulier en ville des rails de tramways,
- Des bouches d'égout,
- Des zones pavées,
- Des rigoles transversales à la route avec grille,
- Des rails de portail en entrée de site,
- Des différences de niveau entre deux chaussées,
- Des tranchées mal faites ou affaissées,
- Des nids de poule,

- Des fissures de la chaussée.

Cependant tous les aménagements de ce type et tous les défauts de la route ne déclenchent pas systématiquement le système embarqué. L'intérêt majeur de ces événements est leur accumulation sur certains points, qui peut démontrer le danger potentiel de l'aménagement ou du défaut notamment pour un deux roues. Cela peut orienter l'action du gestionnaire de voirie vers ces points.

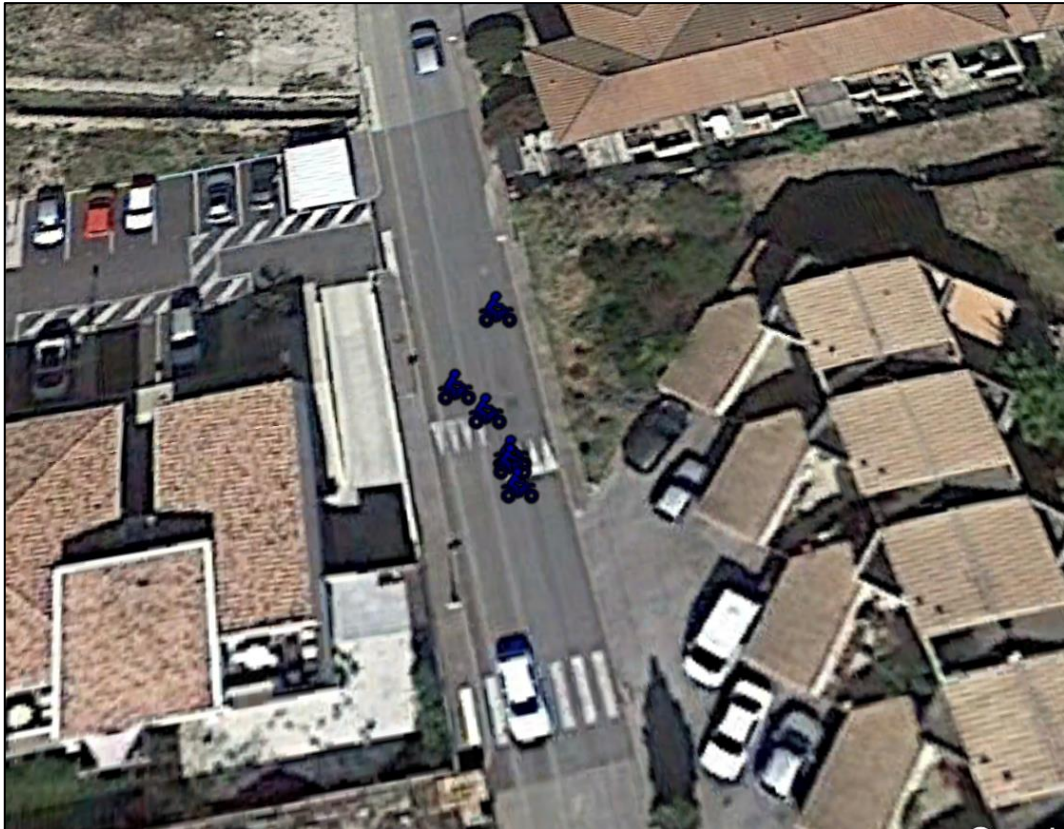


Figure 3.2.a : Accumulation de 5 événements au niveau d'un dos d'âne



Figure 3.2.b : Accumulation de 10 événements au niveau d'une tranchée affaissée et de 2 bouches d'égout



Figure 3.2.c : Accumulation de 6 événements au niveau de coussins berlinois

4. Les incidents

4.1. Typologie

4.1.1. Taux d'incident

Les distances parcourues par les 2RM sont variables (figure 4.1.1a) et les taux d'incidents aux 1000 km également (figure 4.1.1b), allant de 0 incident pour des distances jusqu'à 1746 km, à 60.1 incidents aux 1000 km.

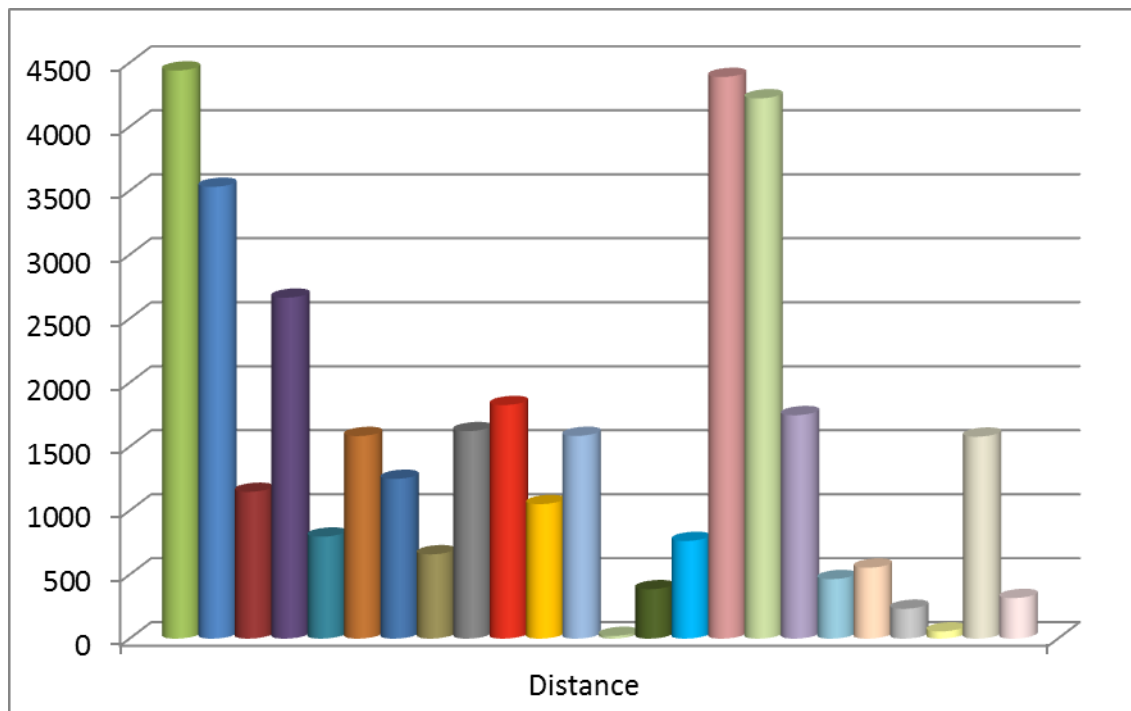


Figure 4.1.1a : Distances parcourues par les 2RM

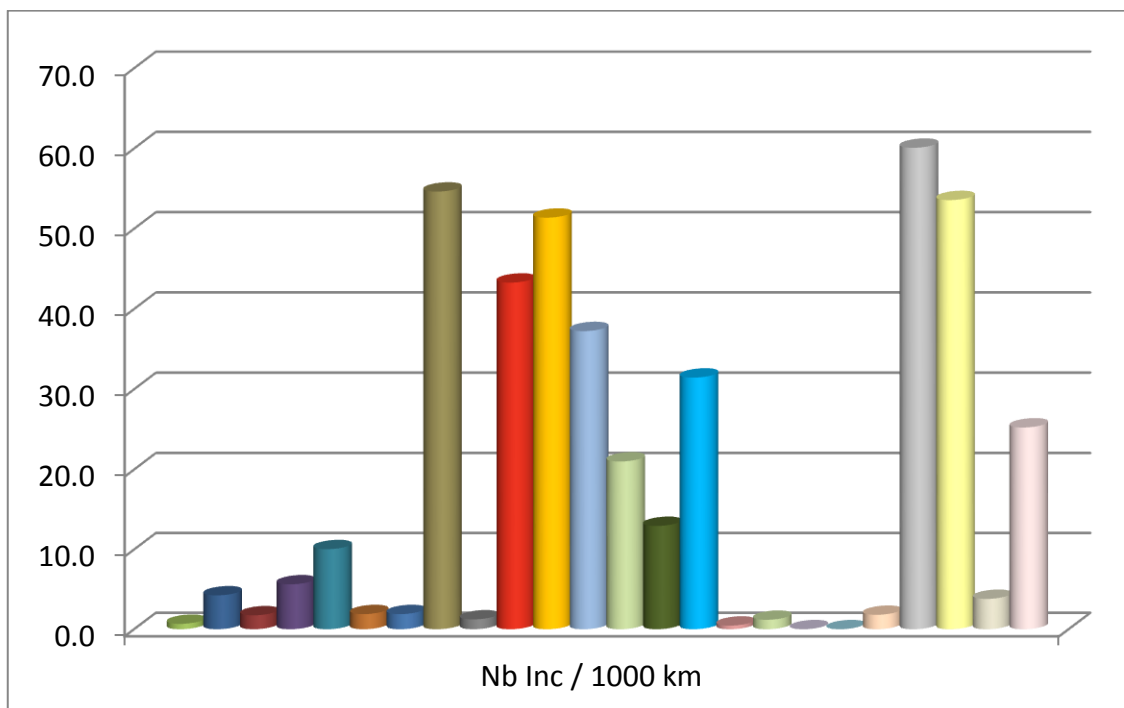


Figure 4.1.1b : Taux d'incident aux 1000 km pour les 2RM

4.1.2. Critères de déclenchement

Parmi les 427 incidents recueillis, 395 ont eu lieu en 2RM et 32 en 4RM. Les critères de déclenchement réellement validés pour les 395 incidents 2RM sont répartis de manière très différenciée, comme le montre la figure 4.1.2. Il y a une grande majorité de déclenchements sur l'accélération longitudinale, et seulement 4% de déclenchement sur les critères 2 et 3, soit seulement 17 incidents concernés par un déclenchement en transversal. Aucun déclenchement n'a eu lieu sur le critère 4, qui combine les critères 2 et 3.

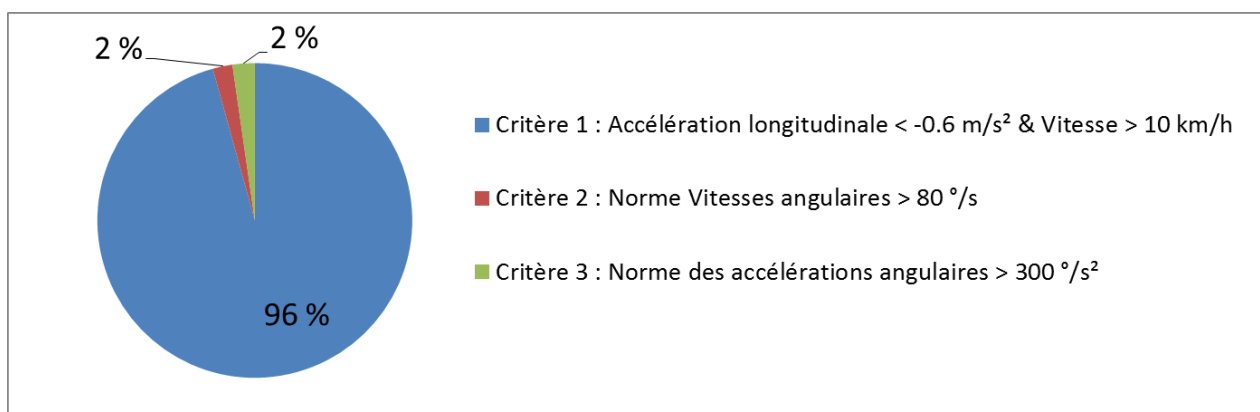


Figure 4.1.2 : Répartition des 395 incidents 2RM en fonction du critère de déclenchement

4.1.3. Types de sollicitation

Cependant, même parmi les déclenchements sur le critère 1 longitudinal, il ne s'agit pas uniquement de freinages, comme l'exprime la répartition des incidents selon le type de sollicitation,

à la figure 4.1.3.a. Il reste 86% de freinages parmi les 395 incidents 2RM et 3% de déclenchement lié à du transversal. 9% des incidents sont liés à des sollicitations verticales s'étant reportées sur le longitudinal, essentiellement des situations de conduite sur l'autoroute à très forte vitesse. Les 3% restant sont liés à des secousses qui peuvent donner lieu à des sollicitations longitudinales, transversales, et/ou verticales, et qui sont considérées comme suffisamment importantes pour n'être pas seulement des « événements ».

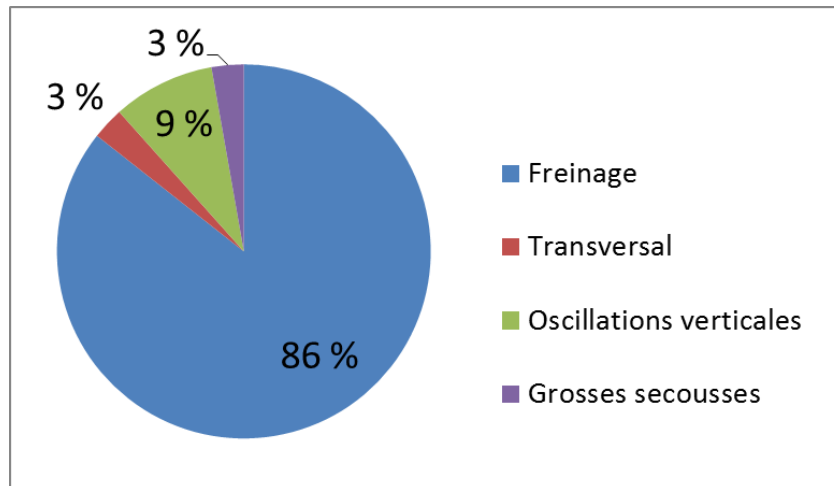


Figure 4.1.3.a : Répartition des 395 incidents 2RM en fonction du type de sollicitation

Concernant les 32 incidents de 4RM (Figure 4.1.3.b), la répartition selon le type de sollicitation est plus équilibrée, avec cette fois-ci plus de transversal (63%) que de freinage (34%). On se rapproche davantage des résultats de S_VRAI (76 % transversal / 24 % Freinage), avec des différences notables, en particulier sur le système de recueil (EMMA2 / EMMAPhone) et sur les critères de déclenchement.

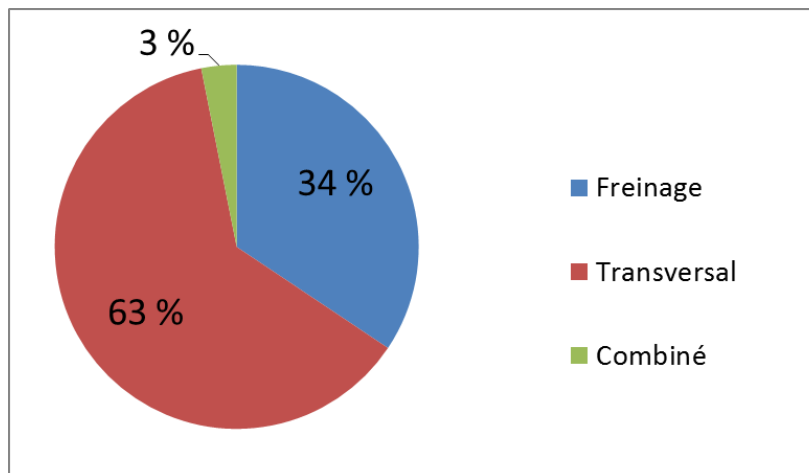


Figure 4.1.3.b : Répartition des 32 incidents 4RM en fonction du type de sollicitation

4.1.4. Niveaux de sollicitation

Les valeurs extrêmes des principaux paramètres de la dynamique du véhicule ont été calculées lors des déclenchements de tous les incidents ainsi que la durée du déclenchement. Les moyennes de ces valeurs sont données dans le Tableau 4.1.4 pour tous les incidents 2RM, pour

tous les incidents 4RM, et dans chaque cas pour les différents type de sollicitation à l'origine du déclenchement.

Si on compare globalement les incidents 2RM et les incidents 4RM :

- Les niveaux d'accélération longitudinale sont plus élevés en moyenne pour les 2RM, entre -4.4 et -6.7 contre -3.1 à -2 m/s² pour les 4RM. Ceci peut s'expliquer par la proportion de déclenchement en freinage beaucoup plus importante en 2RM qu'en 4RM.
- Comme attendu les niveaux d'accélération transversale sont faibles pour les 2RM, puisque le motard incline sa moto pour tourner. Pour les 4RM ils sont en moyenne entre 0.4 et 1.9 m/s² lors des déclenchements, peu élevés parce qu'ils moyennent des situations de déclenchement en longitudinal et en transversal.
- Les extrêmes des 3 vitesses angulaires sont faibles pour les 2RM et encore plus pour les 4RM, sauf la vitesse de lacet (-21 à 12 °/s), qui entre en jeu lors des virages en 4RM.
- La norme des accélérations angulaires atteint des niveaux plus élevés en 2RM (179°/s) qu'en 4RM (20°/s²).
- Les vitesses au déclenchement sont en 2RM entre 80 et 88 km/h en moyenne contre seulement 51 à 56 km/h pour les incidents 4RM.
- La durée du déclenchement est supérieure en 4RM (0.87 s pour 0.45s en 2RM), mais rappelons que les critères de déclenchement sont différents.

La comparaison entre 2RM et 4RM sur les situations de déclenchement en freinage apporte les éléments suivants :

- Les accélérations longitudinales sont du même ordre (-7 à -5.3 m/s² et -6.8 à -6 m/s²), mais celles des 2RM sont plus variables entre minimum et maximum.
- La norme des accélérations angulaires est aussi nettement supérieure en moyenne en 2RM (123°/s²) qu'en 4RM (20°/s²).
- L'écart de vitesse est dans le même sens mais moindre (76-83 / 68-72 km/h).
- La durée de déclenchement est en moyenne la même pour les 2 types de véhicules, 0.46/0.45s.

Pour les incidents en transversal :

- Les niveaux d'accélération transversale sont faibles en 2RM, et nettement plus élevés en 4RM avec des maxima au-delà de 6 m/s² comme attendu.
- Le niveau de vitesse de roulis est beaucoup plus élevé en 2RM qu'en 4RM (-25 à 38 / -2 à 2°/s). La vitesse de lacet est en moyenne plus étendue (-13 à 33 / 8 à 18°/s).
- Le niveau moyen du maximum de la norme des accélérations angulaires est nettement plus élevé en 2RM (363 °/s²) qu'en 4RM (35°/s²).

		AccX	AccY	GyrX	GyrY	GyrZ	NAccGyr	Vitesse	Durée
VL Type Effectif		Accélération longitudinale	Accélération transversale	Vitesse de roulis	Vitesse de tangage	Vitesse de lacet	Norme des accélérations angulaires		
		m/s ²	m/s ²	°/s	°/s	°/s	°/s ²	Km/h	s
2RM tous 395	Min	-6.7	-0.6	-4.2	-2	-4		80	
	Max	-4.4	0.6	4	4	2	179	88	0.45

2RM freinages 314	Min	-7	-0.5	-3	-1	-3		76	
	Max	-5.3	0.4	3	4	1	123	83	0.46
2RM transvers 11	Min	-1.3	-1.2	-25	-12	-13		50	
	Max	1.5	1.5	38	-1	33	363	58	0.80
2RM vertical 35	Min	-6.6	-0.8	-3	-2	-2		128	
	Max	-4.3	2.3	3	2	2	175	131	0.39
2RM gros sec. 11	Min	-4.5	-0.3	-3	-8	-10		60	
	Max	-0.7	0.9	3	5	-1	612	62	0.12
4RM tous 32	Min	-3.1	0.4	-1	-1	-21		51	
	Max	-2.0	1.9	2	2	12	30	56	0.87
4RM freinages 11	Min	-6.7	-0.3	0	-1	-2		68	
	Max	-5.8	0	1	1	-1	20	72	0.45
4RM transvers 21	Min	-1.2	G 5.6 D -6.6	-2	-1	8		42	
	Max	0	G 6.4 D -6.0	2	3	18	35	47	1.09

Tableau 4.1.4 : Minima et maxima des paramètres dynamiques pour tous les incidents par catégorie de véhicule et par type de sollicitation

4.1.5. Configuration de la route

Les 395 incidents de 2RM et les 32 incidents 4RM ont été classés selon la configuration de la route au moment du déclenchement, quelle que soit la manœuvre concernée (Figure 4.1.5).

12% des incidents 2RM ont eu lieu sur l'autoroute et 42% en ligne droite sur une route secondaire (nationale, départementale...). Il faut préciser que presque la moitié de ces 42% se sont produits juste avant une intersection, avec souvent la présence de feux de signalisation et/ou de passages piéton. Les incidents en virage représentent 18% des situations, tandis que les intersections avec Tourne-à-droite ou Tourne-à-gauche seulement 5%. Les 24% d'incidents restant se sont produit en rond-point avec une part prépondérante d'incidents en entrée ou en approche de rond-point. Globalement, une large part des incidents sont des freinages, même en virage ou avant une manœuvre de changement de direction.

La comparaison avec les incidents de voitures est délicate car il y en a peu. Sur cet échantillon faible d'incidents il peut être constaté comme principale différence qu'il y a plus de deux fois plus d'incidents en virage qu'en moto. Ces incidents sont généralement déclenchés suite à un dépassement du seuil lié à l'accélération latérale. Par ailleurs il y a 7 fois moins d'incidents voiture en ligne droite hors autoroute qu'en moto.

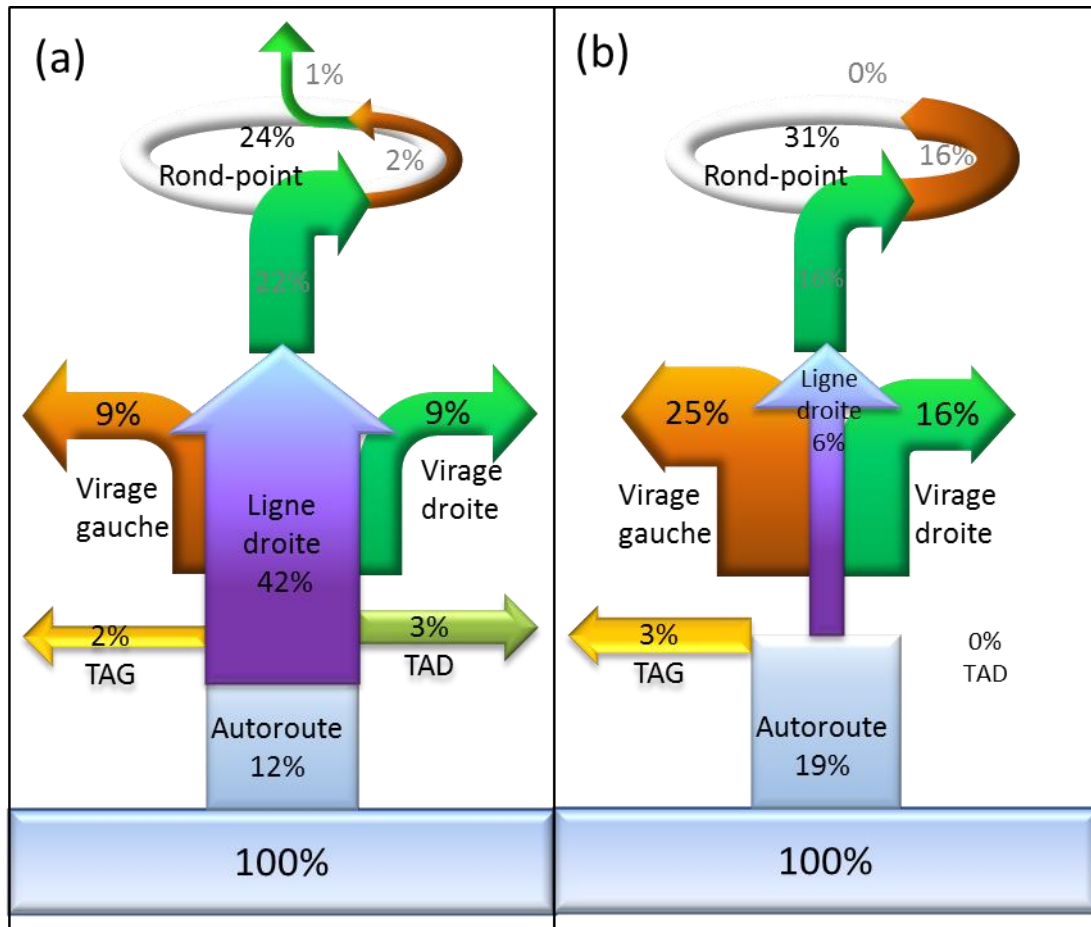


Figure 4.1.5 : Répartition des 395 incidents 2RM (a) et des 32 incidents 4RM (b) en fonction de la configuration de la route

4.2. Exemples

4.2.1. Incident en freinage suite au dépassement d'un poids-lourd

Dans cet exemple, le motard approche d'un péage (figure 4.2.1.a), un peu en dessous de 100 km/h, et donne 3 petits coups de frein brutaux, dont le premier induit un dépassement du seuil d'accélération longitudinale. Un poids-lourd le double par la gauche pour aller vers une file de péage à sa droite, en croisant donc sa trajectoire et en l'obligeant à freiner.

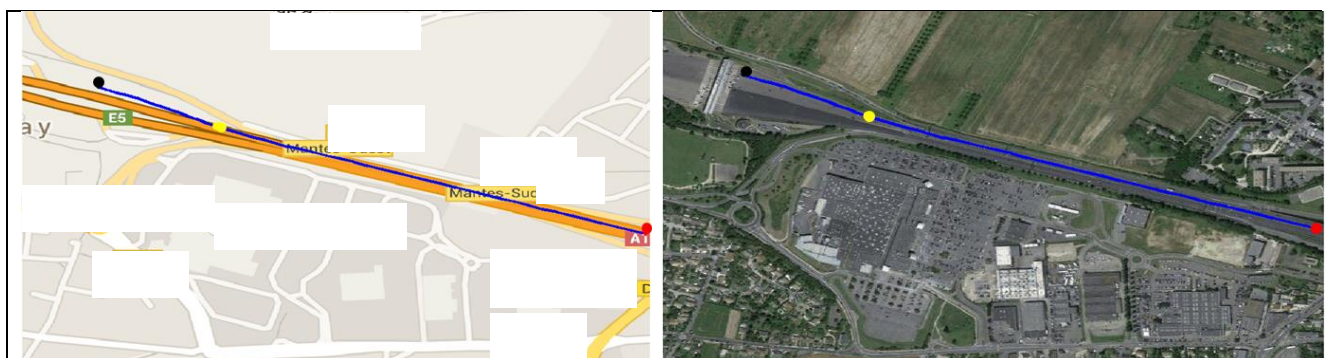


Figure 4.2.1.a : Vue cartographique et vue satellite de la trajectoire d'un incident en freinage. Début des 45s (rouge), Déclenchement (jaune), Fin (noir)

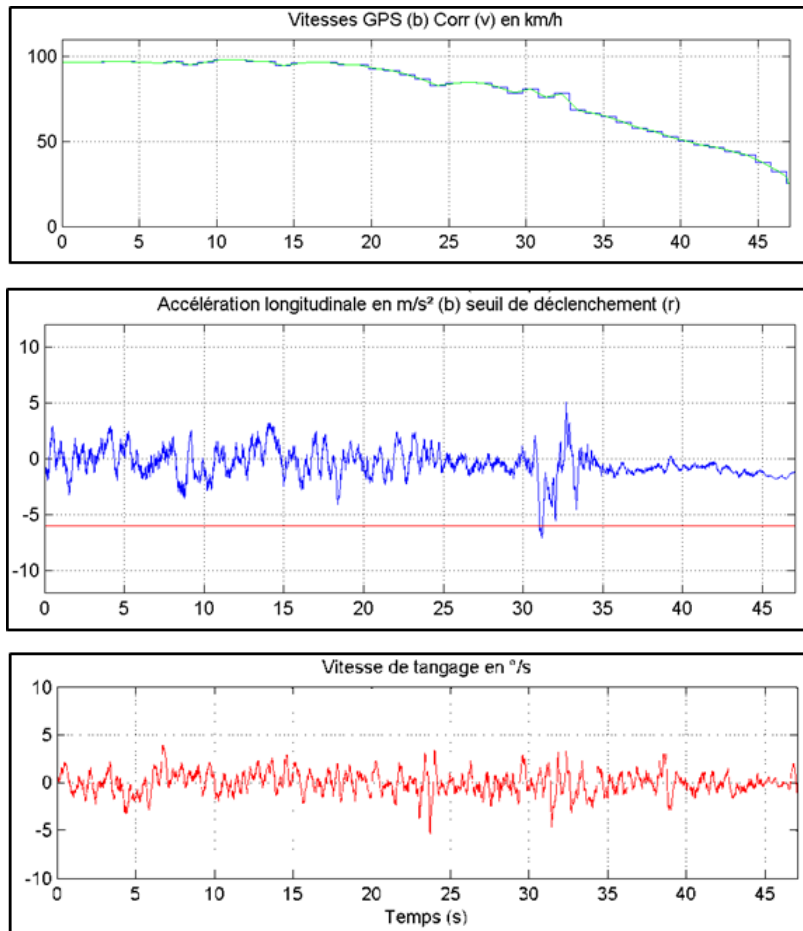


Figure 4.2.1.b : Vitesse, Accélération longitudinale, et Vitesse de tangage lors d'un incident en freinage.



Approche du péage (1)



Approche du péage (2)

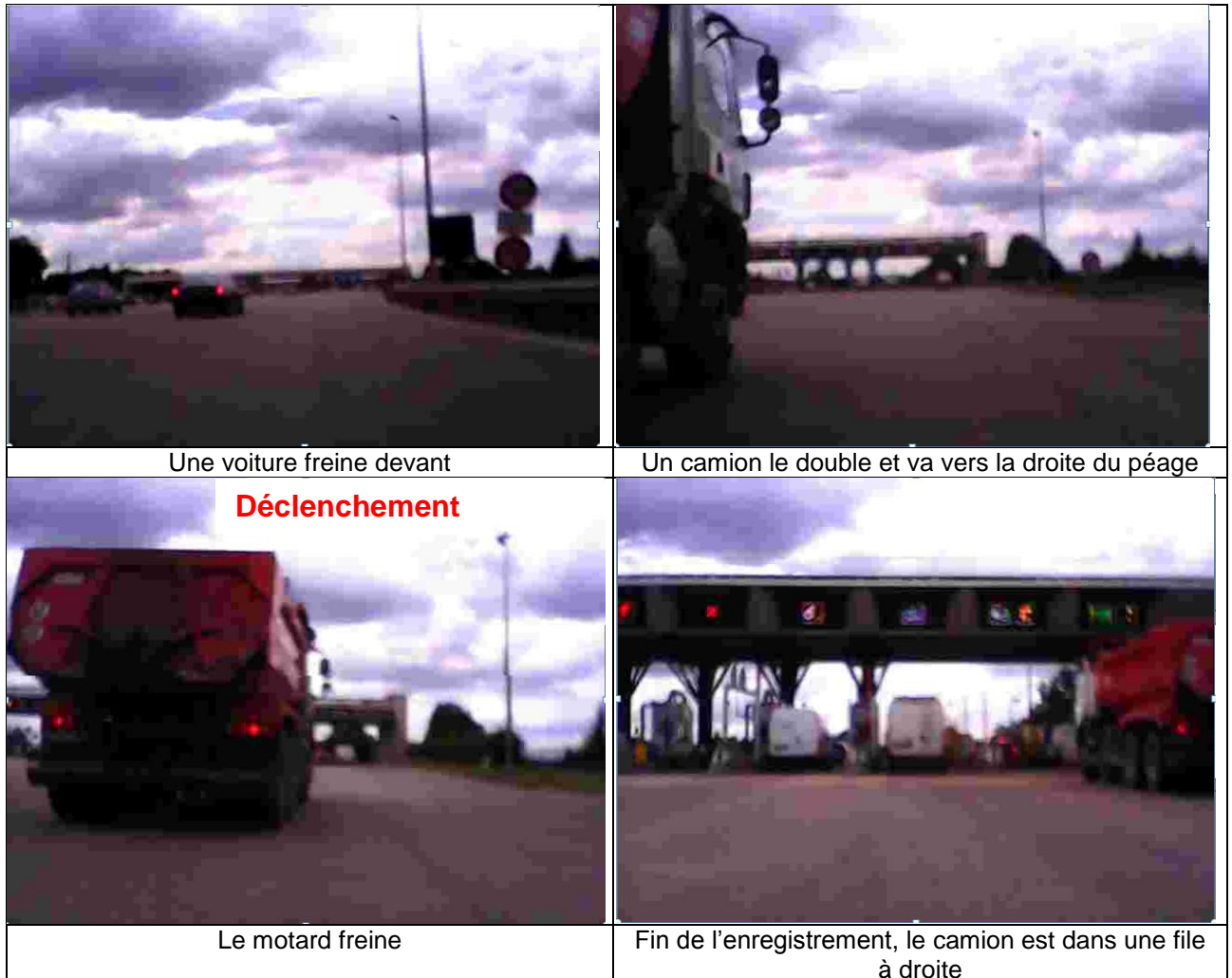


Figure 4.2.1.c : Sélection d'image de la vidéo d'un incident en freinage.

4.2.2. Incident en freinage en entrée de rond-point

Dans cette situation d'incident, le motard arrive en ligne droite au niveau d'un petit rond-point, à une vitesse proche de 70 km/h, et il freine d'abord légèrement puis fortement pour laisser passer une voiture sur le rond-point.



Figure 4.2.2.a : Vue cartographique et vue satellite de la trajectoire d'un incident en freinage. Début des 45s (rouge), Déclenchement (jaune), Fin (noir)

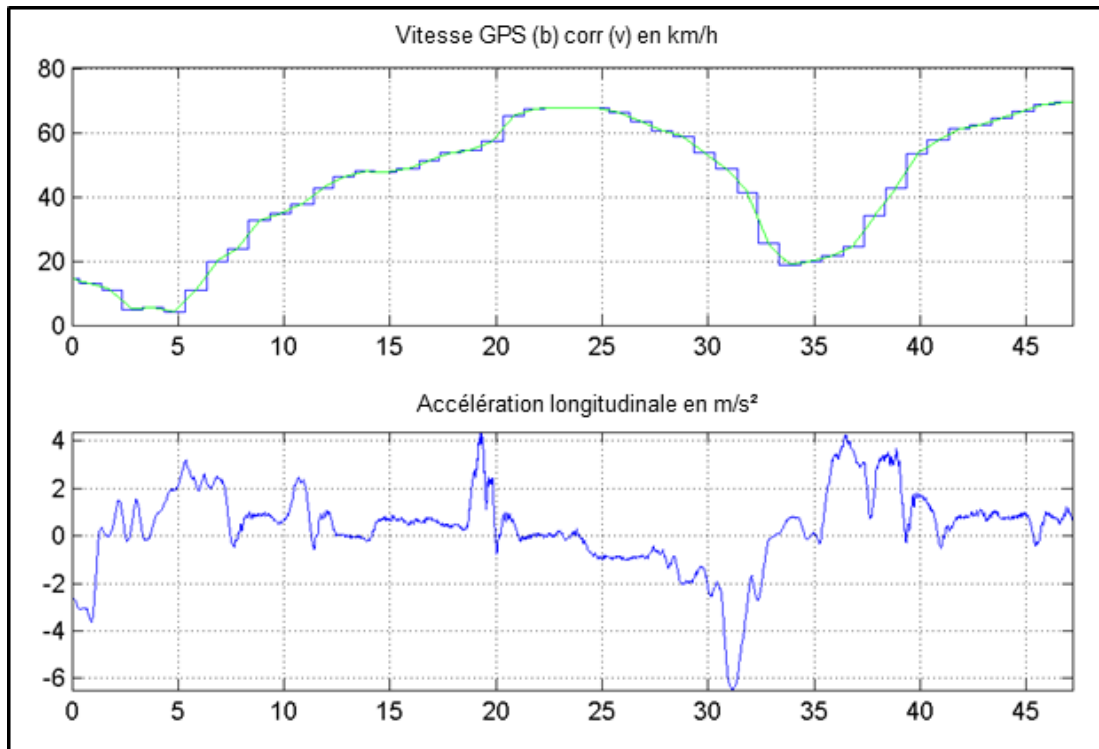


Figure 4.2.2.b : Vitesse, Accélération longitudinale, et Vitesse de tangage lors d'un incident en freinage.





Figure 4.2.2.c : Sélection d'image de la vidéo d'un incident en freinage.

4.2.3. Incident en freinage lors d'une tentative de dépassement

Dans cette situation de conduite, le motard circule en ligne droite à environ 100 km/h, il fait une première tentative de dépassement de la voiture qui le précède mais renonce car une voiture arrive en sens inverse. Il déboîte une seconde fois pour dépasser, ce qui est corroboré par le pic d'accélération transversale au temps 30s (figure 4.2.3.b), lorsque la voiture le précédant décide elle aussi de doubler une autre voiture située devant elle, en mettant son clignotant à la dernière seconde. Le motard freine (pic d'accélération longitudinale qui dépasse -6 m/s^2 vers 31s), ce qui déclenche l'enregistrement. Le motard attend que la voie soit de nouveau libre pour continuer sa route et ré accélérer. De même que dans les situations précédentes, la vidéo permet de comprendre le mécanisme en jeu dans l'incident.

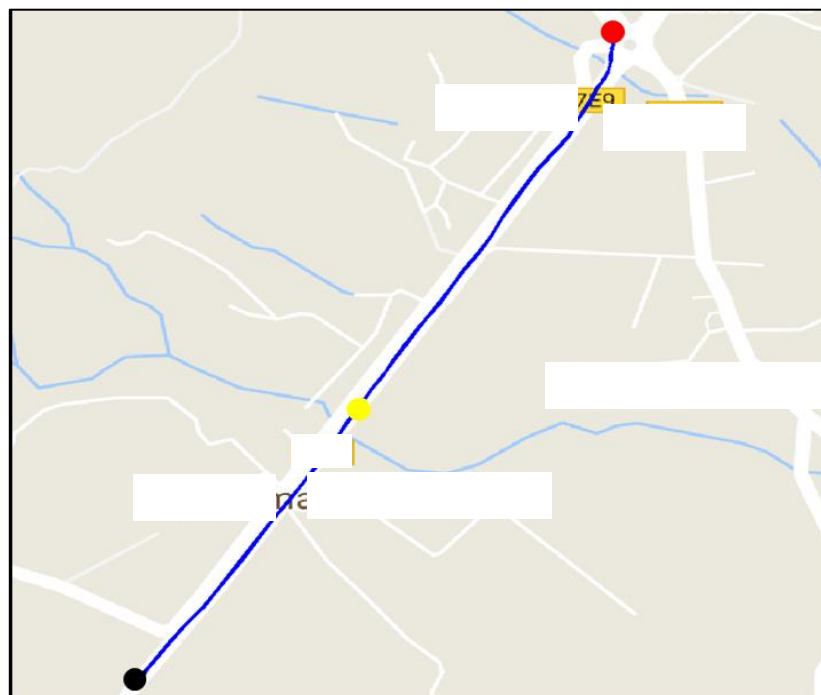


Figure 4.2.3.a : Vue cartographique de la trajectoire d'un incident en freinage. Début des 45s (rouge), Déclenchement (jaune), Fin (noir)

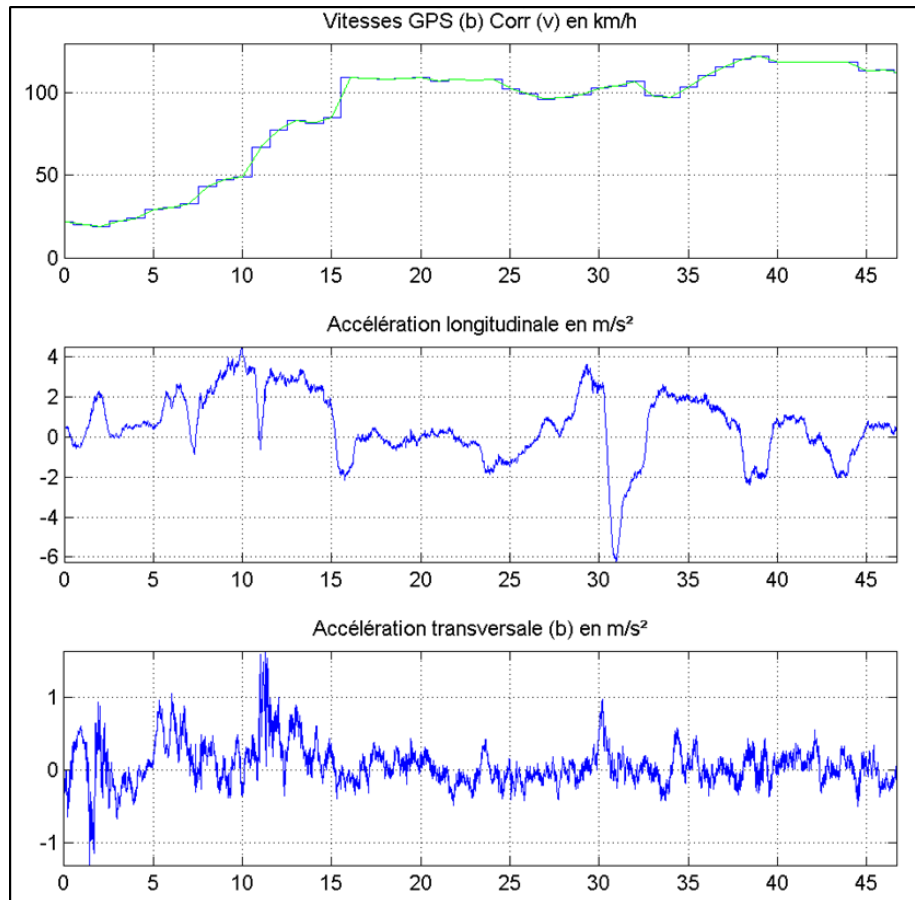


Figure 4.2.3.b : Vitesse, Accélération longitudinale, et Accélération transversale lors d'un incident en freinage.





Figure 4.2.3.c : Sélection d'image de la vidéo d'un incident en freinage.

4.2.4. Incident en transversal en rond-point

En sortie de rond-point, le motard bascule rapidement à gauche et se redresse, avec une vitesse angulaire de roulis qui dépasse le seuil de $80^\circ/s$ à elle seule, ce seuil étant prévu pour la norme des 3 vitesses de rotation. A noter que la vitesse de roulis est assez élevée en entrée de rond-point, mais ne dépasse pas le seuil. Le motard passe ce rond-point de manière un peu brusque, à une vitesse de 50 km/h mais n'est pas gêné par d'autres usagers.

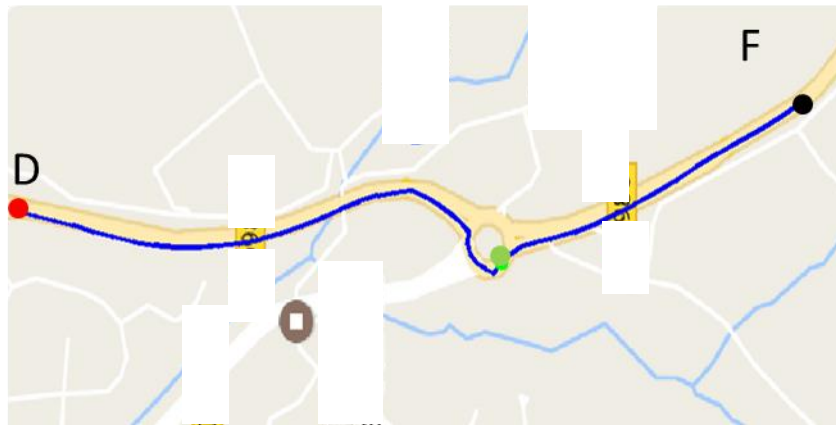


Figure 4.2.4.a : Vue cartographique et vue satellite de la trajectoire d'un incident en transversal. Début des 45s (rouge), Déclenchement (vert), Fin (noir)

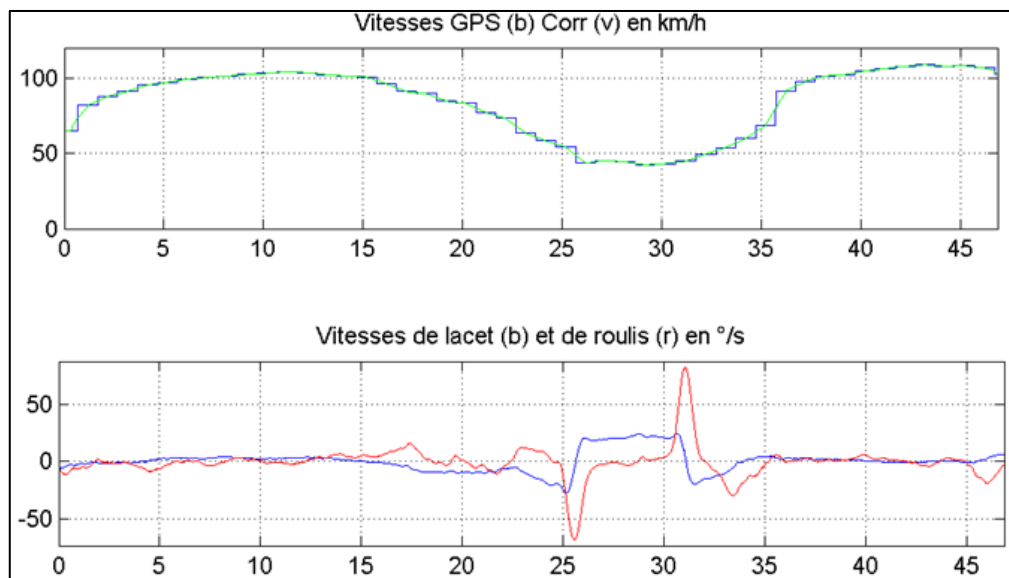


Figure 4.2.4.b : Vitesse, Vitesses de lacet (bleu) et de roulis (rouge) lors d'un incident en transversal.



Approche du rond-point



Entrée dans le rond-point

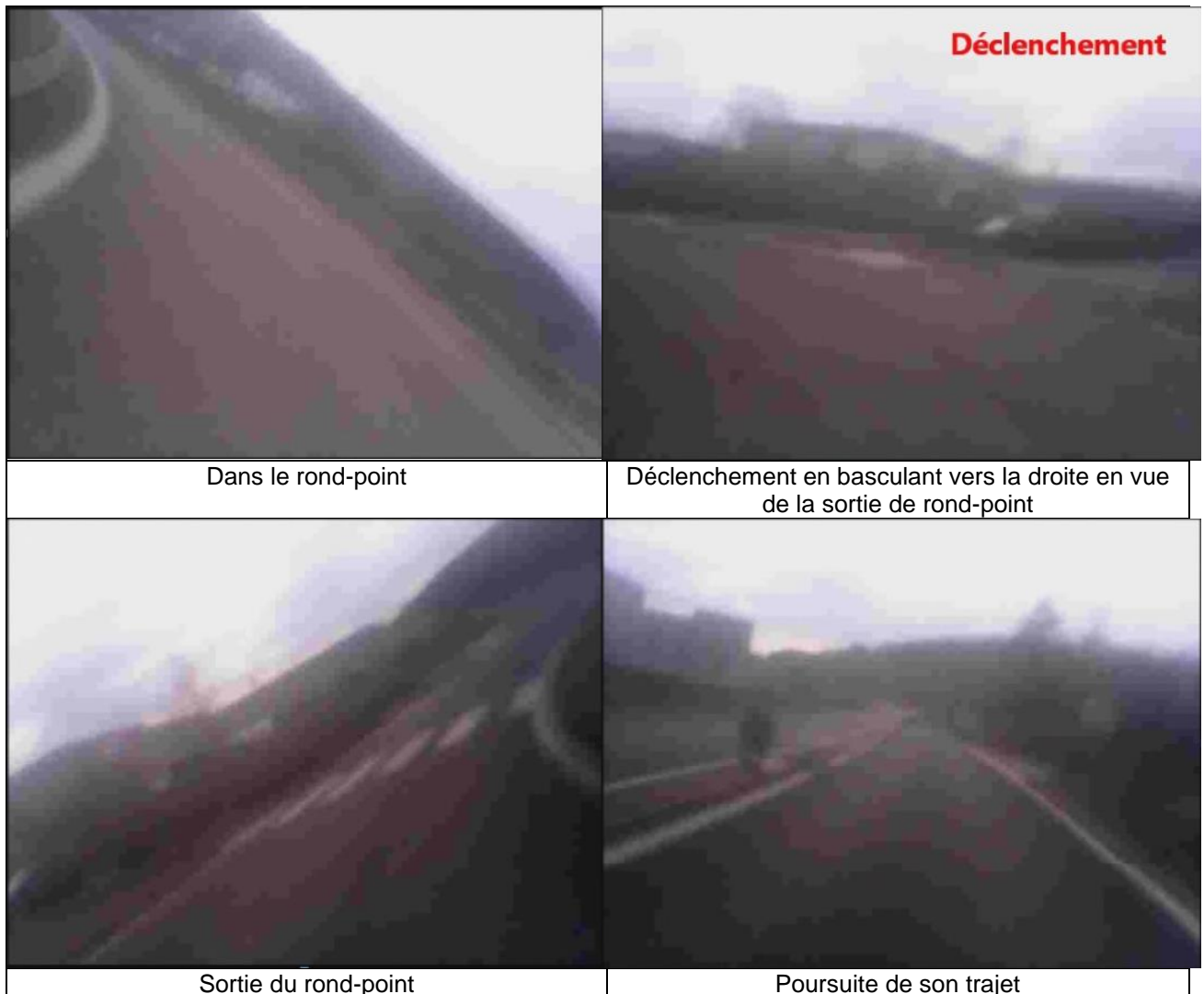


Figure 4.2.4.c : Sélection d'image de la vidéo d'un incident en transversal.

4.2.5. Incident en transversal en virage

Dans cet incident, le motard enchaîne des virages sur un itinéraire très sinueux. Le déclenchement en transversal, sur la norme des vitesses angulaires, a lieu lors du basculement prononcé et rapide du motard entre un virage à gauche et un virage à droite enchaînés. C'est la combinaison d'une vitesse de lacet à $55^{\circ}/s$ et d'une vitesse de roulis à $63^{\circ}/s$ qui seule permet le dépassement du seuil de $80^{\circ}/s$.

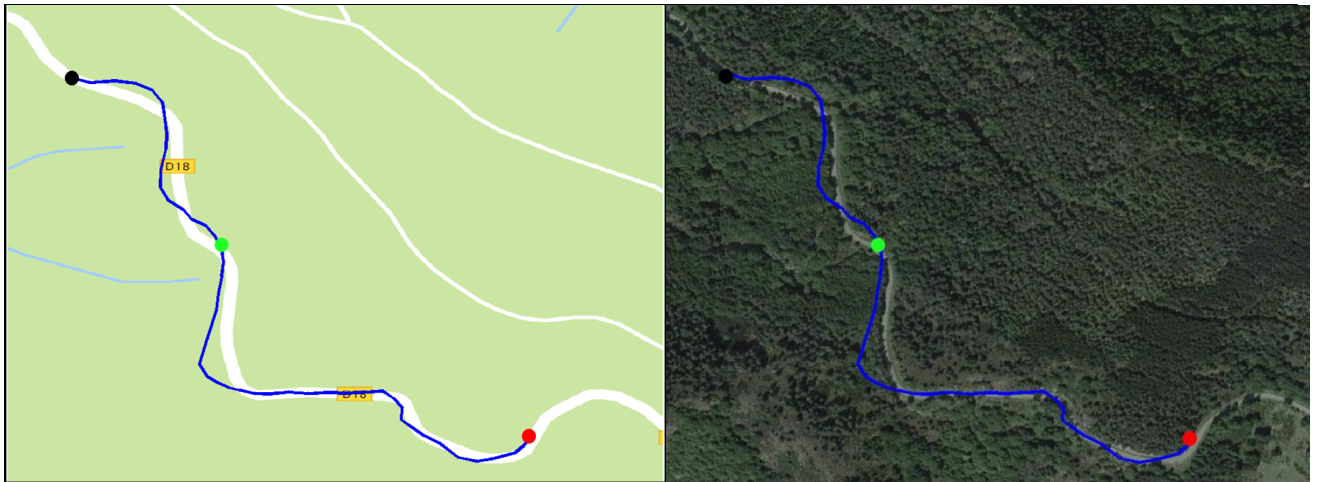


Figure 4.2.5.a : Vue cartographique et vue satellite de la trajectoire d'un incident en transversal sur une route sinueuse. Début des 45s (rouge), Déclenchement (vert), Fin (noir)

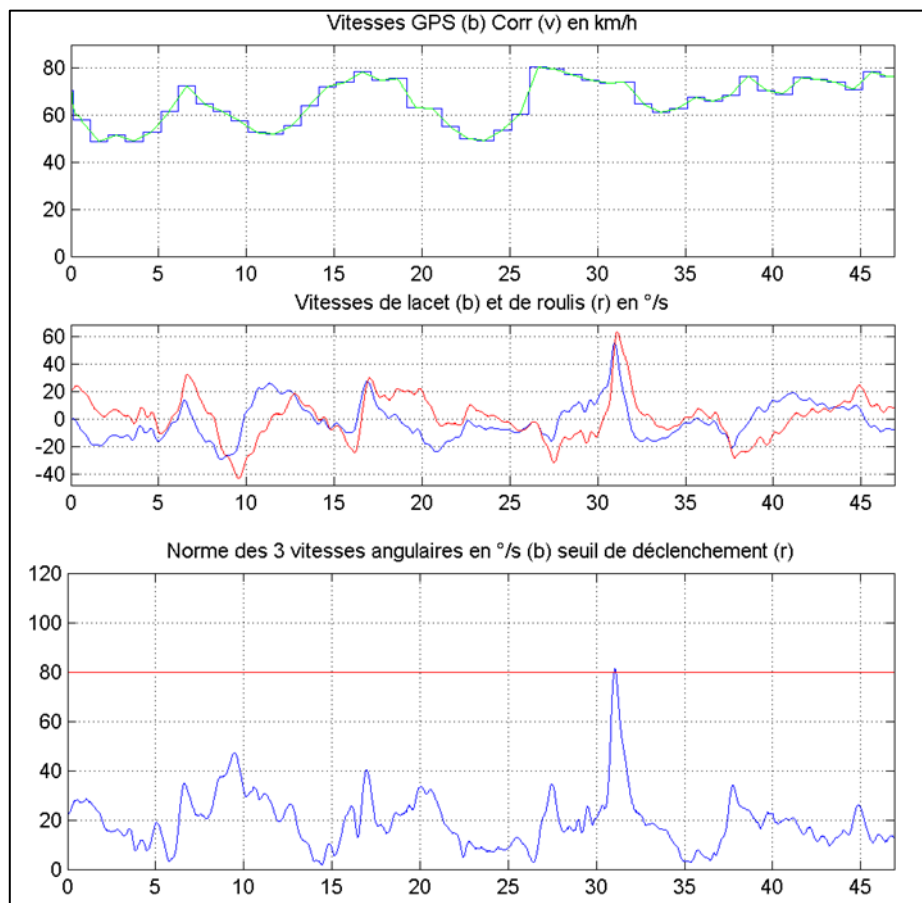


Figure 4.2.5.b : Vitesse, Vitesses de lacet et de roulis, et norme des 3 vitesses angulaires lors d'un incident en transversal.



Approche sur une route sinueuse



Entrée dans un virage à gauche



Fin de virage à gauche



Déclenchement lors de la bascule entre les deux virages



Virage à droite



Sortie du virage à droite

Figure 4.2.5.c : Sélection d'image de la vidéo d'un incident en transversal.

4.3. Exploitation des vidéos

4.3.3. Facteurs d'incidents

Une analyse globale des facteurs d'incidents, entre infrastructure, humain et véhicule, a été réalisée principalement en visualisant les vidéos d'incident disponibles. Cette étude donne une idée approximative du rôle potentiel des différents éléments impliqués dans la situation d'incident, avec pour objectif d'avoir une idée globale de leurs fréquences. A noter qu'il s'agit d'un avis d'expert issu de l'analyse des données de la dynamique et des vidéos. De plus, une grande partie des incidents combinent plusieurs facteurs explicatifs possibles. Parmi les 395 incidents de 2RM, 187 vidéos sont disponibles. Des problèmes techniques de l'enregistreur, de la caméra ou de la transmission des données expliquent que l'on ne dispose pas des vidéos de tous les incidents. Certaines des vidéos disponibles sont de très mauvaise qualité, en raison de la résolution volontairement basse, mais aussi à cause de mauvaises conditions climatiques ou de luminosité. Cependant dans certains cas les données de la dynamique du véhicule permettaient à elles-seules d'analyser les principaux facteurs ayant potentiellement provoqué l'incident. Dans 207 cas d'incidents 2RM l'analyse a pu être faite, soit 52% des incidents. Pour les 32 incidents de voitures, 15 disposaient d'une vidéo de qualité suffisante pour faire l'analyse.

Les résultats présentés à la figure 4.3.3 donnent les proportions d'incidents qui peuvent résulter d'un problème d'infrastructure, du véhicule, du conducteur, ou d'un autre usager de la route. Une grande partie des incidents combinent plusieurs facteurs explicatifs possibles. Dans 40% des incidents de 2RM l'infrastructure a pu jouer un rôle. Cela peut être un problème de visibilité ou de signalisation par exemple. Pour les incidents de voiture, la proportion est de 20% seulement (mais l'échantillon est faible).

La moto pourrait avoir joué un rôle dans la survenue de l'incident dans 19% des cas, la voiture dans aucun des incidents 4RM. Il faut préciser que le rôle de la moto elle-même dans l'incident est de l'ordre de l'hypothèse encore plus que les autres facteurs, car un problème technique est difficilement détectable sur la vidéo, qui ne montre que la scène à l'avant du véhicule. Les incidents considérés dans cette catégorie présentaient souvent des signes sur d'autres données enregistrées (accélérations et vitesses angulaires) comme de larges et fréquentes oscillations observées souvent à grande vitesse, mais qui pourraient avoir d'autres causes.

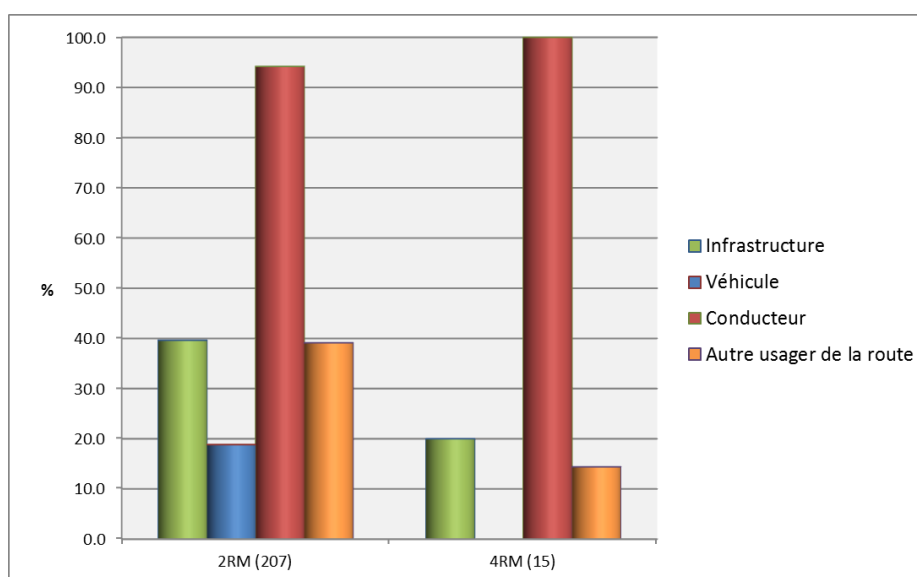


Figure 4.3.3 : Rôle potentiel de l'infrastructure, du véhicule, du conducteur et des autres usagers dans les incidents.

94% des motocyclistes et 100% des conducteurs de voiture sont considérés comme impliqués dans la survenue de l'incident. Les autres usagers de la route, voitures, camions, piétons, cyclistes, motards ont joué un rôle ou pourraient avoir joué un rôle dans 39% des incidents 2RM et 27% des incidents 4RM. C'est souvent la combinaison de 2 ou 3 éléments qui sont en cause dans l'incident. Il faut noter aussi que si le conducteur est si souvent considéré comme impliqué dans l'incident, c'est parce que même lorsqu'un ou plusieurs éléments de l'environnement (infrastructure et autres usagers) ont joué un rôle, il n'a pas anticipé et/ou pas adapté sa vitesse à la situation.

4.3.2. Analyse fine des vidéos et notion d'incident

Pour compléter l'analyse des incidents, nous nous sommes focalisés sur les incidents se déroulant en région PACA et autour de Montpellier. Par l'analyse des vidéos, l'objectif sera d'une part de valider ou non la notion d'incident, d'autre part de contextualiser l'incident, et enfin d'étudier les zones d'accumulation d'incidents.

Sur la durée du recueil, 333 incidents en 2RM ont été enregistrés sur la région PACA et la zone Montpellieraine. Sur les 333 incidents, 155 disposent d'une vidéo et seront analysées. La grande majorité des incidents (près de 90%) sont liés à un freinage de la part du 2RM, c'est-à-dire un dépassement du seuil de l'accélération longitudinale (inférieur à - 0,6g).

Après analyse des 155 vidéos, la plupart des incidents ne montre pas de situations de presque accident ou de conflits entre les usagers mais des comportements ou le conducteur sollicite assez fortement les capacités dynamiques de sa moto. Généralement ce sont des cas où le 2RM freine de façon brutale et plus ou moins brève à l'approche d'une perte de priorité (rond-point, intersection avec cédez le passage...) ou encore d'un virage plus ou moins serré.

Concernant des situations de conflits entre usagers, nous dénombrons 6 incidents où le déclenchement est lié à une situation où le 2RM doit réagir rapidement pour éviter la collision avec un autre véhicule. Certains cas sont des situations où le 2RM est confronté à un changement de voie d'une voiture et doit réagir par un freinage et/ou une manœuvre d'évitement. D'autres où le conducteur du 2RM circulant derrière un véhicule doit réaliser un freinage d'urgence car surpris par la manœuvre du véhicule le précédant. Ce sont par exemple des situations où une voiture freine pour laisser passer des piétons et surprend le conducteur de 2RM suivant cette voiture de près. Un autre cas montre un 2RM qui, surpris à l'approche d'un virage assez serré, freine et négocie mal la courbe à droite car se déporte sur la voie en sens inverse.

incident	Sollicitations dynamiques	Type d'usagers	Résumé du conflit
160827_104318	- Freinage bref (0,2s à plus de 5m/s ²) avec un maximum à 6,27m/s ² - Manœuvre d'évitement par la gauche	Moto vs vl	En ville, le 2RM est en approche d'une intersection où des véhicules sont arrêtés au feu rouge. Il entame une remontée en utilisant la voie spécifique de tourne à gauche et un des véhicules de cette file se place dans cette voie sans percevoir le 2RM qui freine et donne un coup de guidon sur la gauche.
161130_181849	- Freinage assez fort (0,6s à plus de 5m/s ² avec un maximum à 6,77m/s ²	Moto vs vl vs piéton	En ville et de nuit, le conducteur de la moto suit un vl sur une voie à sens unique. A l'approche d'un passage piéton, le vl freine pour laisser traverser un piéton ce qui surprend le 2RM qui freine fort pour s'arrêter juste derrière la voiture.
161215_173411	- Freinage assez long (0,8s à plus de 5m/s ²) avec un maximum à 6,24m/s ²	Moto vs piétons	En ville et de nuit, le conducteur de la moto suit un vl dans une 1*1 voie assez étroite. A l'approche d'une intersection en T, le conducteur du 2RM freine fort

			et s'arrête au milieu du passage piéton car des piétons veulent traverser. Le 2RM a perçu tardivement les piétons du fait du masque à la visibilité créée par le vl devant lui qui ne s'arrête pas.
170216_174847	- Freinage assez long (0,9s à plus de 5m/s ²) avec un maximum à 6,05m/s ²	Moto vs vl	Sur une départementale 2*2 voies séparée par un terre-plein central, le conducteur du 2RM s'engage dans la sortie à droite tout en dépassant un vl circulant voie de droite. A hauteur du vl, ce dernier se déporte sur la voie de sortie et surprend le 2RM qui freine et se décale sur la droite.
170411_122341	- Freinage assez long (0,6s à plus de 5m/s ²) avec un maximum à 6,25m/s ²	Moto seul	Sur une route départementale sinueuse, le conducteur du 2RM freine à l'approche d'un virage à droite. Dans la courbe, il se fait surprendre par la courbure du virage et se déporte légèrement sur la voie en sens inverse pour ne pas chuter. Le déclenchement est lié au freinage avant le virage ce qui indique que le conducteur semble surpris du fait de sa vitesse d'approche trop élevée.
170529_083312	- Freinage de 0,4s à plus de 5m/s ² avec un maximum à 6,24m/s ²	Moto vs vl	Sur une route départementale, le conducteur du 2RM circule derrière un VL qu'il veut dépasser. Des véhicules circulent en sens inverse et le conducteur du 2RM attend que la voie en sens opposée soit libre pour dépasser. Au moment où il entame son dépassement le vl devant lui se déporte aussi sur la voie de gauche car veut dépasser un autre vl devant lui que le conducteur du 2RM ne pouvait voir. Le conducteur du 2RM surpris de voir le vl se déporter donne un coup de frein et laisse le vl dépasser l'autre vl.

Tableau 4.3.2a : Récapitulatif et description des incidents considérés comme presque-accidents

3 incidents montrent des situations où l'on observe un conflit entre les usagers mais pas au moment du déclenchement de l'incident. Il s'agit ici de 3 "faux positifs" qui nous permettent d'identifier 3 "faux négatifs".

incident	Résumé du conflit
170206_190829	De nuit, le conducteur de la moto se gare sur l'accotement herbeux pour effectuer un demi-tour à un endroit interdit (ligne blanche continue) alors que des véhicules circulent.
170221_115114	Les véhicules sont arrêtés au feu rouge et des piétons traversent au passage piéton. Alors que le feu passe au vert pour les véhicules, le vl devant la moto accélère puis freine pour ne pas renverser un piéton.
170416_091756	Dans une petite agglomération, la moto circule sur sa voie et aborde un virage à droite.

	En sortie de virage il est confronté à un vl venant de la droite et sortant d'une voie privée qu'il perçoit au dernier moment. Le conducteur de la moto freine très légèrement et se déporte soudainement vers la gauche.
--	---

Tableau 4.3.2b : récapitulatif et description des incidents considérés comme faux négatifs

Dans les autres cas, il est difficile de déterminer réellement si les incidents recueillis sont de réelles situations conflictuelles. La plupart des cas montrent des situations où le 2RM est seul sur la route et freine à l'approche d'une intersection. Ou encore des cas où le 2RM interagit avec un autre usager de la route mais sans qu'il y ait de situations avec un événement imprévu au sens où le conducteur serait en situation d'urgence. Il s'agit donc de "faux positifs". On peut de même noter que de tels incidents mettent en scène des situations où les conducteurs du 2RM sollicitent fortement la dynamique de leur moto et usent de comportements pouvant surprendre les autres usagers de la route (vitesse inadaptée à la situation, dépassement de véhicules, freinage tardif...). Pour les incidents avec dépassement du seuil de l'accélération longitudinale, dans seulement 7 % des cas cela aurait déclenché avec les critères S_VRAI, qui tenait compte du jerk comme critère de déclenchement. Cependant le calcul du jerk est entièrement dépendant des signaux d'accélération, et ceux-ci sont différents entre DYMOA et S_VRAI. D'abord du fait du matériel utilisé : EMMA2 dans S_VRAI et EMMAPhones dans DYMOA, avec des accéléromètres différents. Ensuite du fait de la différence de vibrations entre les voitures et les motos : les accélérations des motos ont dû être filtrées pour pallier les plus grandes vibrations de ce type de véhicule. Les critères de déclenchement de S_VRAI ne peuvent donc pas être appliqués tels quels pour les données DYMOA, que ce soit d'ailleurs pour les accélérations elles-mêmes que pour les jerks.

Quelques zones présentent des accumulations d'incidents, et notamment des giratoires ou encore des intersections en X. Après visualisation des vidéos quand celles-ci étaient disponibles, une grande partie ne montre aucune situation d'interaction avec un autre usager mais le plus souvent des situations où le conducteur sollicite fortement les capacités dynamiques de sa moto (vitesse et accélération). D'autres situations montrent aussi un conducteur de 2RM qui adopte une conduite assez sportive mais sans réellement être confronté à des situations de conflits avec les autres usagers (cas de dépassements de véhicule, freinage tardif derrière véhicule...).

L'exploitation des vidéos a pu mettre en avant des situations que l'on peut caractériser de presque accidents mais surtout d'autres où les incidents montraient plutôt des comportements où la dynamique du véhicule était fortement sollicitée. Bien que la plupart des incidents ne montrent réellement de situations conflictuelles avérées, dans certains cas ils montrent des pratiques spécifiques au 2RM pouvant surprendre les autres usagers (cas des remontées de file par exemple).

Dans une prochaine partie, nous discuterons sur la pertinence des seuils de déclenchements des incidents définis dans ce projet. Nous donnerons alors les limites rencontrées et apporterons des pistes d'améliorations.

4.4. Discussion sur les seuils

Les incidents de DYMOA concernant les 2RM ont été détectés à partir de critères dynamiques et de valeurs seuils estimées notamment grâce à des essais expérimentaux (voir Livrable 3.2 « Définition de seuils de déclenchement d'incidents pour un 2RM »).

Pour rappel, pour un 2RM les critères de détection d'un incident, d'une situation critique ou d'un niveau de sollicitation dynamique anormalement élevé ont été définis comme suit :

- Vitesse longitudinale supérieure à 10 km/h et Accélération Longitudinale, en freinage uniquement, inférieure à -6m/s^2 .
- ou
- Norme du vecteur Vitesse de rotation (Roulis + Lacet + Tangage) supérieure à $80\text{ }^\circ/\text{s}$
- ou
- Norme du vecteur Accélération de rotation (Roulis + Lacet + Tangage) supérieure à $300\text{ }^\circ/\text{s}^2$.

Ces critères ont été choisis de manière à ce qu'ils soient à la fois cohérents pour les 2RM et compatibles avec ceux du projet antérieur S_VRAI. A noter également que ces critères ont été réalisés en opérant un filtrage de 30 points (moyenne glissante) sur les valeurs brutes fournies par les capteurs.

Les capteurs propres à notre EMMAPHONE (accéléromètres, gyromètres) et les seuils mis en œuvre permettent ainsi de détecter facilement certaines situations incidentogènes comme des freinages d'urgences par exemple (décélération longitudinale importante).

Mais il apparaît que certaines situations à risques semblent difficiles à identifier par le biais de ces grandeurs physiques simples. Il semble par exemple qu'il soit difficile de trouver une équivalence à la notion d'accélération transversale utilisée dans S_VRAI pour les 4RM. En effet, dans certaines situations (comme un enchaînement de virages), un 4RM montrait de fortes sollicitations dynamiques sur l'accélération transversale déclenchant ainsi de nombreux incidents. Or cela n'est pas le cas pour les 2RM avec les critères retenus dans ce projet DYMOA. Les difficultés rencontrées pour évaluer l'accélération transversale réelle (dans un repère terrestre), comme on peut le faire simplement sur une automobile (qui ne s'incline pas vers l'intérieur de la trajectoire contrairement aux véhicules à deux roues), rendent en effet la détection des situations critiques en sollicitations transversales bien plus délicate. Les seuils de détection d'incident dans DYMOA n'étant pas équivalents à ceux du projet S_VRAI, les difficultés rencontrées pour mesurer l'accélération transversale dans un repère terrestre sur un 2RM, le choix d'observer la vitesse et l'accélération de roulis paraît pertinent pour la détection de manœuvres fortement transitoires mais pas pour détecter de fortes sollicitations en régime "établi" (en quasi statique).

De même, les pertes de contrôle en glissade font par exemple partie des situations difficiles « détectables » car elles associent en fonction de l'infrastructure (courbure, adhérence et état de la chaussée...) plusieurs paramètres dynamiques tels que la vitesse, l'accélération transversale, l'angle de roulis. De plus, le choix des commandes fait par le conducteur et la manière d'exécuter celles-ci, progressivement, soudainement, brutalement, sur le guidon (couple, angle), sur l'accélérateur et/ou les freins sont également très influents. La détection d'une perte de contrôle en glissade nécessiterait vraisemblablement de disposer de capteurs additionnels : angle de roulis, accélération transversale dans un repère terrestre via une plateforme gyroscopique. L'analyse des résultats montre que la variation de l'angle de roulis (vitesse de roulis mesurée directement sur l'EMMAPHONE) semble être, en sollicitation transversale, l'indicateur le plus pertinent pour détecter une manœuvre en sollicitation transversale soudaine. De même l'évolution dans le temps de la vitesse de roulis, c'est-à-dire l'accélération de roulis (simplement calculée par dérivation) peut être caractéristique d'une sollicitation fortement transitoire de type début de "perte d'adhérence" ou de "contrôle".

Il en résulte, de façon globale, que peu de déclenchements autres que par l'accélération longitudinale ont eu lieu pour les 2RM alors que pour les 4RM, les déclenchements selon le critère d'accélération transversale étaient majoritaires.

Par ailleurs, si le choix de n'enregistrer des données d'acquisition détaillées que lors de situations critiques présente l'avantage de ne pas accumuler d'immenses quantités de données et ainsi faciliter l'exploitation des résultats, il ne permet pas en revanche de détecter tous les incidents "réels" et de considérer tous les déclenchements comme de vrais incidents. En effet

beaucoup de faux positifs ont été enregistrés et de plus, des faux négatifs nous ont échappé. A noter par exemple que 2 situations peuvent être considérées comme des presque-accidents ou des conflits alors qu'elles n'ont pas déclenché d'incidents.

Pour mieux calibrer ces seuils, les nombreux essais réalisés avec notre moto instrumentée (routière-sportive) auraient pu être dupliqués avec d'autres types de motos : sportives, trails... De même, plusieurs conducteurs, auraient pu réaliser ces essais afin d'élargir la portée de leurs résultats.

Des améliorations futures devraient permettre de mieux caractériser les variations de sollicitations, signes d'un effet de surprise, et annonceurs de la présence d'une situation non souhaitée plus proche de la définition d'un incident. Pour cela il serait probablement pertinent de combiner les variables et/ou de rajouter des notions de durée de dépassement de seuil.

Des travaux complémentaires sur l'amélioration du filtrage utilisé et la sensibilité des seuils à ce filtrage permettraient également d'affiner les critères de déclenchement.

Par contre, les choix des variables et des seuils retenus pour ce projet semblent bien adaptés pour l'observation de l'utilisation réelle des capacités dynamiques d'un 2RM et des styles de conduite (entre 2RM, entre 2RM et 4RM pour certaines grandeurs physiques uniquement).

5. Les zones d'intérêt

5.1. Bilan du recueil

319 déclenchements de type « zone d'intérêt » ont été recueillis, dont 315 en 2RM et 4 en 4RM. Les données sont assorties d'une vidéo pour 92 d'entre eux.

5.2. Exemple

L'exemple suivant est un passage d'une moto équipée dans une zone d'intérêt sur un grand boulevard en milieu urbain. La figure 5.1.a montre la zone de déclenchement sur critère géographique et la trajectoire complète sur 53 s d'enregistrement.

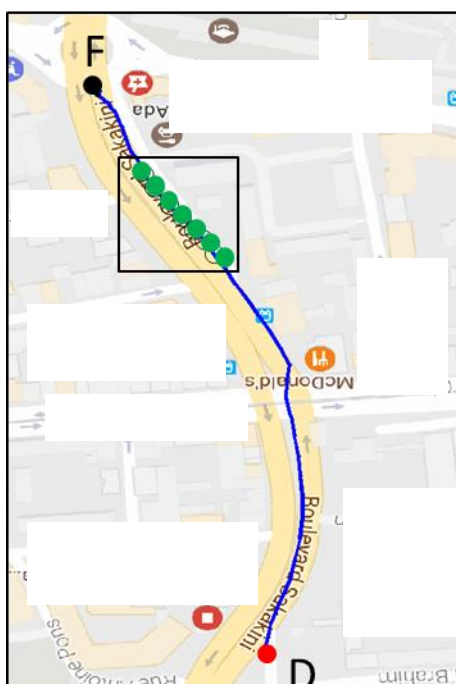


Figure 5.1.a : Vue cartographique et vue satellite de la trajectoire d'un passage sur zone d'intérêt. Début des 45s (rouge), Déclenchement (vert), Fin (noir)

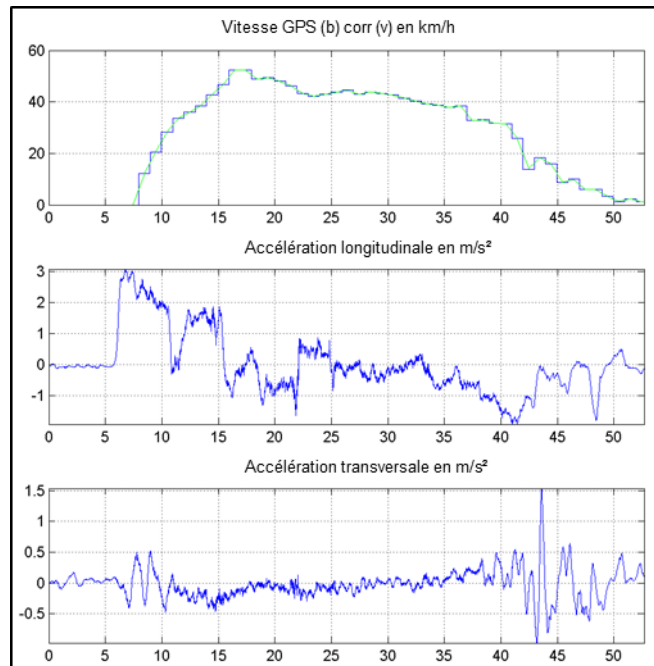


Figure 5.1.b : Vitesse, Accélérations longitudinale et transversale sur une zone d'intérêt.



Figure 5.1.c : Sélection d'image de la vidéo d'un passage sur zone d'intérêt

5.3. Etudes sur les zones d'intérêt

Pour cette étude nous nous limiterons aux zones situées dans le département des Bouches-du-Rhône, et plus particulièrement les secteurs de Salon de Provence et Marseille.

Sur Salon de Provence, l'analyse de ces déclenchements sur zone d'intérêt s'est focalisée sur des zones accidentogènes. En effet, une équipe d'enquêteurs de l'IFSTTAR-LMA recueille sur Salon les accidents en temps réel sur un périmètre de cette ville de façon à étudier les accidents sous l'angle de la recherche (Ferrandez et coll., 1995). Ces données recueillies sur le terrain sont ensuite traitées de façon à reconstruire l'accident pour approcher au mieux les variables d'ordre dynamiques (vitesse, accélérations longitudinales et transversales...) (Lechner et coll., 1995). Il conviendra alors de voir sur ces sites accidentogènes, quel peut être l'apport des passages recueillis par notre flotte dans l'optique d'avoir de meilleures connaissances sur les interactions entre les 3 composantes du système conducteur-véhicule-infrastructure, en se focalisant principalement sur les paramètres dynamiques du véhicule. Ces données nous permettent d'apporter des connaissances plus fines concernant le lien entre les incidents et les accidents, par l'analyse comparative de ces passages sur des mêmes lieux.

Sur Marseille, nous nous sommes focalisés sur des zones urbaines denses et sur les voies structurantes d'agglomérations. La forte densité du trafic ainsi que le fort usage du 2RM dans la ville de Marseille nous permet d'analyser les comportements des 2RM en situation d'interaction avec les autres usagers.

Enfin les zones avec des aménagements particuliers ont été sélectionné à la fois sur Salon de Provence (axe avec présence de coussins notamment, couloir bus) et sur Marseille (axe avec présence du tramway, couloir bus).

L'objectif principal est de dégager des comportements propres aux 2RM selon les différentes zones étudiées. Enfin, nous effectuerons une comparaison entre les passages des 2RM et 4RM sur les mêmes sites, en particulier en ce qui concerne les vitesses pratiquées.

5.3.1. Méthodologie de l'étude

Pour l'IFSTTAR-LMA, les zones accidentées ont été définies comme étant des zones d'accumulations d'accidents recueillis dans le cadre des EDA et/ou des zones d'accumulations d'accidents recueillis par la police de Salon de Provence (PV) depuis 2002. Ces zones accidentogènes ayant fait l'objet d'une étude spécifique de la part de l'IFSTTAR-LMA. Au total, 14 points GPS ont été sélectionnés en tant que zone accidentogène.

Les zones accidentogènes étudiées le seront à la fois sous l'angle des sollicitations dynamiques générées par les impliqués en motos mais aussi à l'aide de la vidéo liée à ce déclenchement. Contrairement au projet SVRAI, les 2RM sont équipées d'une caméra dont l'objectif sera de mieux comprendre le contexte des différents passages. Tout d'abord nous observerons si les accidents analysés dans chaque zone présentent de fortes sollicitations dynamiques dans leur déroulement. Si cette condition est validée alors on s'intéressera aux différents déclenchements recueillis dans ces zones. L'intérêt d'étudier ces déclenchements est qu'ils nous permettent de mieux comprendre les mécanismes d'accidents au niveau dynamique une attention sera donc portée sur les incidents déclenchés. N'ayant pas recueilli d'accidents avec l'EMMAPhone dans le secteur de Salon, nous distinguons donc deux types de déclenchements sur ces zones d'intérêt :

Les passages sans déclenchements : ce sont les enregistrements liés à des passages sur des zones d'intérêt qui n'ont pas entraîné de dépassements des seuils des paramètres dynamiques,

Les incidents : ce sont des enregistrements avec dépassement des seuils plus prolongé, réellement liés à de fortes sollicitations dynamiques potentiellement dangereuses.

Des zones urbaines denses et voies structurante d'agglomération ont été sélectionnées sur la ville de Marseille. En effet, le trafic de véhicules dans la ville de Marseille est très dense et la part des 2RM dans ce trafic est importante (17%).. De plus ce sont des zones connues par certains chercheurs du LMA car des expérimentations y ont déjà été réalisées sur les comportements de remontée de files des 2RM notamment.

	Nombre de zones	description	Localisation
Zone accidentogène	14	Zone d'accumulation d'accidents	Autour de Salon de Provence (secteur EDA)
Zone à infrastructure particulière	16	Coussin, rue sur voie comportant des trams, aménagement récent	En urbain (Salon et Marseille)
Zone urbaine dense	21	Observations des comportements des 2RM dans trafic dense : les remontées de file, les comportements infractionnistes...	Centre-ville de Marseille
Zone sur voie structurante d'agglomération	21	Comportement des 2RM lié à la pratique de l'interfile	Entrée et sortie de Marseille

Tableau 5.3.1 : Echantillon des groupes de zone d'intérêts des Bouches du Rhône

5.3.2. Echantillon et résultats généraux

	Total passage	Dont passage avec vidéo	Passage avec déclenchement en incident	% d'incident
Zone accidentogène	60	13	2	3,3%
Zone à infrastructure particulière	0	0	0	-
Zone urbaine dense	155	32	2	1,3%
Zone sur voie structurante d'agglomération	71	22	1	1,4%
Total	286	67 (23,4%)	5	1,7%

Tableau 5.3.2 : Récapitulatif de l'ensemble des passages sur chaque zone d'intérêt des Bouches du Rhône

Remarque : Nous n'avons recueilli aucun passage de 2RM sur les zones à infrastructures particulières. Les synthèses de parcours montrent qu'il y eu effectivement des passages à ces endroits mais pour des raisons à ce jour inexplicables, aucun déclenchement GPS n'a pu être identifié.

5.3.3. Comportement en zone urbaine dense

155 passages ont été enregistrés dont 2 ont généré un incident. Pour un incident, la vidéo est présente et permet de décrire plus précisément le contexte. Il s'agit d'un conducteur ayant une conduite assez sportive. En effet, alors que le trafic est dense, le 2RM emprunte tous les espaces afin de remonter les files de véhicules arrêtés. D'une part, il utilise la voie en sens inverse puis monte et redescend du terre-plein-central (ce qui occasionnera le déclenchement) et utilise enfin une partie en zébra où sont installés des plots en plastique pour empêcher les véhicules de circuler.



Figure 5.3.3a : Description séquentielle du 1^{er} incident

Le 2^{ème} incident, où la vidéo n'a pu être enregistrée, présente un conducteur qui accélère pour atteindre une vitesse de 40km/h avant de freiner assez fortement (plus d'une seconde à plus de 5m/s²) mais sans s'arrêter complètement au niveau d'une intersection à feu. Etant donné l'heure (9h00) et le lieu (cours Lieutaud), on peut estimer que le trafic est dense et donc propice à de nombreuses interactions entre les véhicules.

Dans la littérature internationale, il a été montré que certains comportements de 2RM sont liés à un sur risque en terme d'accidents (utilisation des couloirs bus, remontée de files). Un des objectifs ici était d'observer à partir des vidéos dans quelle mesure les 2RM adoptaient de tels comportements. Seulement 32 vidéos ont pu être récupérées sur les 157 passages dans ces zones d'intérêt. L'analyse de ces vidéos a pu mettre en lumière certains comportements pratiqués par les 2RM. Concernant la pratique de remontée de files, les conducteurs de 2RM utilisent généralement l'espace disponible pour remonter les files de véhicules arrêtés ou circulant lentement. Ceci confirme les travaux d'une étude réalisée au LMA qui avait pour objectif de mener une campagne d'observation de la pratique de remontées de files des 2RM à Marseille. Les résultats montraient que plus de 20% des kilomètres parcourus par les conducteurs de 2RM en milieu urbain dense étaient réalisés en remontée de file et que cette pratique est notamment plus importante dans les heures de pointe (où le trafic est plus dense) et en approche des feux tricolores. Le risque d'accident associé à cette pratique était 4 fois supérieur à celui des conducteurs ne remontant pas les files (Clabaux et coll., 2016).



Figure 5.3.3b : Illustration des différents types de remontées de file par les 2RM

Malheureusement, peu de vidéos dans les sites équipées de couloirs de bus ont pu être enregistrées.

Concernant d'autres comportements infractionnistes, l'analyse des vidéos ne montre qu'un 2RM grillant un feu rouge mais ce dernier ne semble pas le percevoir car il s'arrête au feu suivant. Nous n'avons pas analysé les comportements de vitesse pratiquée par le 2RM, le lecteur intéressé se référera au livrable concernant l'observatoire des vitesses.

5.3.4. Voies structurantes d'agglomération (VSA)

71 passages ont été enregistrés et 1 seul a généré un incident. Celui-ci correspond à un freinage bref qui atteint -7m/s^2 à environ 110 km/h dans une zone où il y a un radar automatique. Etant donné que cet incident se déroule un dimanche à 8h40 du matin, on peut légitimement supposer que le trafic est faible à cet instant de la journée.

22 passages sur les 71 enregistrés ont pu être analysés sur ces VSA par la vidéo. Globalement, le trafic est assez fluide et on ne peut malheureusement pas observer de situations où le 2RM peut pratiquer l'interfile. Hormis quelques dépassements de véhicules (le plus souvent par la voie de gauche), le 2RM circule généralement dans sa voie de circulation.

5.3.1. Zones accidentogènes

Le tableau 5.3.1a liste les 7 zones d'intérêt sur lesquelles il y a eu des passages de véhicules DYMOA pendant l'expérimentation, et précise leur localisation, le type d'aménagement et les éventuelles modifications intervenues sur la zone depuis l'expérimentation S_VRAI.

Le tableau 5.3.1b recense les passages sur chaque site, les vidéos disponibles, et les déclenchements de type incident.

Zone d'intérêt	Route	Localisation	Coord. X	Coord. Y	Aménagement	Modification depuis SVRAi
1	Av. Patrouille de France / Rue Costes et Bellonte	Salon	43.627201	5.102449	Rond-Point	Aucune modification
2	RD113 x RD21	Lançon (Chapelle St Cyr)	43.587737	5.123539	Carrefour	Modification de l'aménagement en amont avec présence de 2 radars pédagogiques et limitation de la vitesse à 70km/h (contre 90km/h auparavant)
3	RD15	PR12	43.610119	5.137736	Carrefour	Aucune modification
8	RD538 (Sud)	Chemin des Entrages	43.622159	5.099071	Carrefour	Présence d'un terre-plein-central discontinu au niveau de l'intersection et limitation de la vitesse à 90 km/h (contre 70km/h auparavant)
9	Carrefour de l'arceau	Salon (Boul. Pompidou)	43.631764	5.101212	Rond-Point	Modification du carrefour : création d'un nouvel aménagement de type rond-point
10	Carrefour de l'arceau	Salon (Av. Guynemer) G.	43.630958	5.101355	Rond-Point	Modification du carrefour : création d'un nouvel aménagement de type rond-point
14	RD572	Zoo la Barben	43.620862	5.212711	Virages	Aucune modification

Tableau 5.3.1a : Zones d'intérêt pour l'étude des zones accidentées, localisation, type d'aménagement et modifications éventuelles

Sites points GPS	Total passage	Dont passage avec vidéo	passage avec déclenchement en incident	% d'incident
S1	15	3	0	0%
S2	14	2	1	7,1%
S3	1	0	0	0%
S8	15	3	1	6,7%
S9	4	1	0	0%
S10	7	2	0	0%
S14	4	2	0	0%
Total	60	13 (21,7%)	2	3,3%

Tableau 5.3.1b : Récapitulatif de l'ensemble des passages sur les zones d'intérêt accidentogènes prédéfinies

Site 1

L'aménagement de cette première zone d'intérêt est un giratoire en sortie/entrée d'agglomération. Ce site est assez circulant car c'est l'itinéraire principal pour rejoindre Marseille par la route et/ou l'autoroute. Les différentes traces GPS reportées dans la figure permettent de rendre compte des différents passages enregistrés sur cette zone.



Figure 5.3.1a : Présentation de la zone d'intérêt du site 1 avec les différents passages enregistrés

Les accidents de la base de données EDA ne montrent pas de fortes sollicitations dynamiques mises en jeu lors de l'accident. Concernant les enregistrements par le smartphone, nous avons recueilli 15 passages sur ce site dont 3 avec une vidéo. Sur l'ensemble des passages, aucun n'a déclenché d'incident et les 3 vidéos ne montrent pas d'événement où le 2RM serait en situation accidentogène.

Cette zone n'ayant pas été modifiée depuis l'expérimentation S_VRAI, nous effectuerons dans une prochaine partie, une comparaison des vitesses pratiquées notamment entre les passages des motocyclistes (DYMOA) et ceux des automobilistes (projet S_VRAI).

Site 2

Cette zone d'intérêt correspond à une intersection en X avec la RD113 comme axe principal et la route des Baisses comme axe secondaire. Cette intersection est située en section rectiligne. La RD113 est une route départementale de 1^{ère} catégorie à grande circulation qui permet de relier les villes de Salon de Provence et Marseille. Des passages dans les 2 sens ont été enregistrés (voir figure 5.3.1.b). A noter, après la fin du projet S_VRAI, la mise en place de 2 radars pédagogiques situés en amont de l'intersection (dans le sens vers Marseille) et une limitation de vitesse à 70 km/h (contre 90 km/h auparavant).



Figure 5.3.1b : Présentation de la zone d'intérêt du site 2 avec les différents passages enregistrés

Sur ce site, nous observons de nombreux cas d'accidents mettant en jeu des freinages d'urgence pour au moins un des impliqués. Ce sont des cas où un véhicule circulant sur une route prioritaire en approche d'une intersection se trouve confronté à un impliqué sur un axe secondaire traversant l'intersection. Le véhicule prioritaire effectue alors un freinage d'urgence qui aurait dans la plupart des cas déclenché un incident. Nous avons recueillis 14 passages (dont 2 avec vidéos) et 1 seul a déclenché un incident (sens vers Marseille).

Nous analyserons les passages dans le sens vers Marseille pour observer d'une part la courbe des vitesses et d'autre part la courbe de l'accélération longitudinale. En ce qui concerne l'incident recueilli sur ce site, la vidéo n'a pu être enregistrée. Par l'analyse des données dynamiques et GPS, nous observons que le déclenchement est lié à un freinage au niveau d'une 1^{ère} intersection où est situé un radar pédagogique. Dans le déroulement de cet incident, nous observons un 1^{er} freinage (qui atteint 0,5g) juste avant le radar puis un second freinage (qui déclenche l'incident) au niveau de l'intersection. Nous remarquons, par la trace GPS, un léger écart sur la gauche qui pourrait indiquer que le 2RM circulant sur l'axe principale serait confronté à un véhicule sur l'axe secondaire qui s'engage devant lui. Cette situation correspondrait au cas typique des accidents recueillis à cet endroit. La figure montre bien la forte baisse de vitesse qui provoque le déclenchement d'un incident comparé aux passages qui n'ont pas déclenché d'incident.

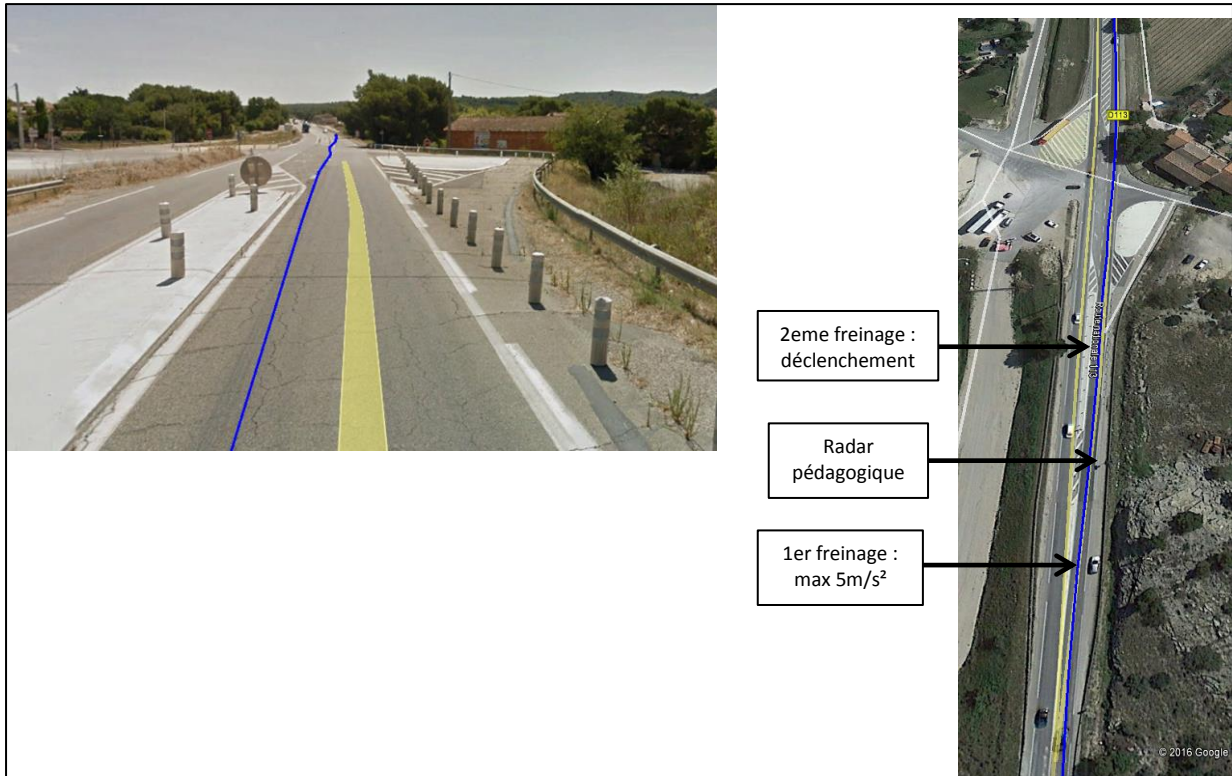


Figure 5.3.1c : Photos du lieu de l'incident et trace GPS

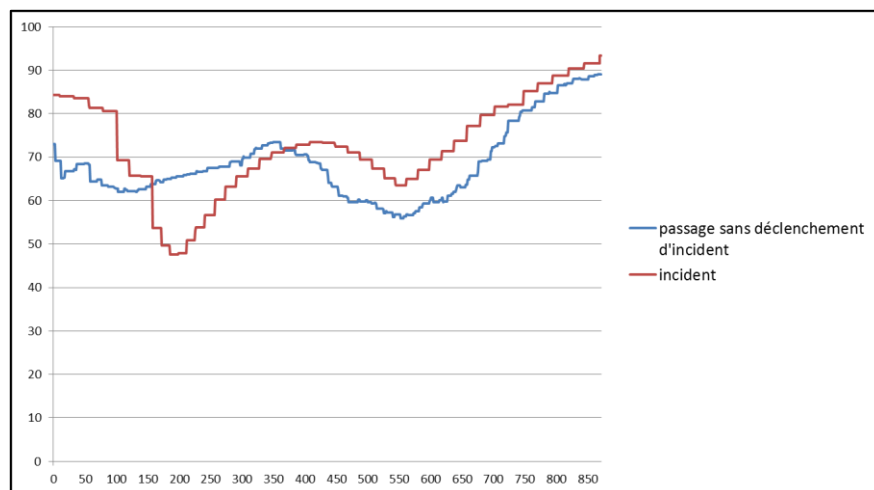


Figure 5.3.1d : Comparaison des vitesses entre les passages sans déclenchement et avec déclenchement (incident)

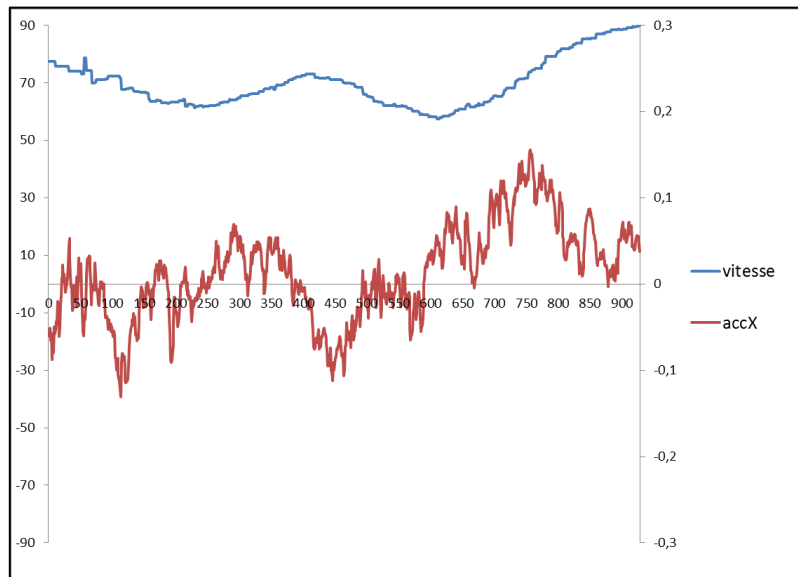


Figure 5.3.1e : Vitesse et accélération longitudinale sur l'ensemble des passages

Site 3

Cette zone correspond à une intersection en X avec la D15 comme axe principal. Elle est située hors agglomération et la vitesse réglementaire est de 90km/h. Aucune modification n'a eu lieu mais un seul passage a été enregistré et celui-ci n'a pas généré d'incident.

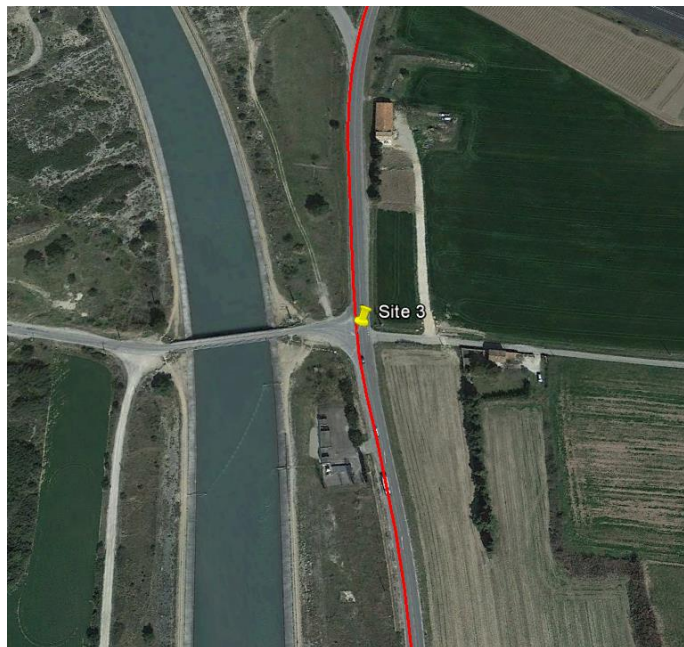


Figure 5.3.1f : Présentation de la zone d'intérêt du site 3 avec les différents passages enregistrés

Site 8

Cette zone d'intérêt correspond à une intersection en X avec la RD538 comme axe principal. L'intersection se situe en section rectiligne. La RD538 est une route départementale de 1^{ère}

catégorie à grande circulation. Des passages dans les 2 sens ont été enregistrés (voir figure). Cette zone se situe juste avant/après le panneau d'entrée/sortie d'agglomération. Après le projet SVRAI, des modifications sur l'axe ont eu lieu avec notamment la présence de terre-plein central discontinu au niveau des intersections et une limitation de vitesse à 90 km/h (contre 70 km/h auparavant).

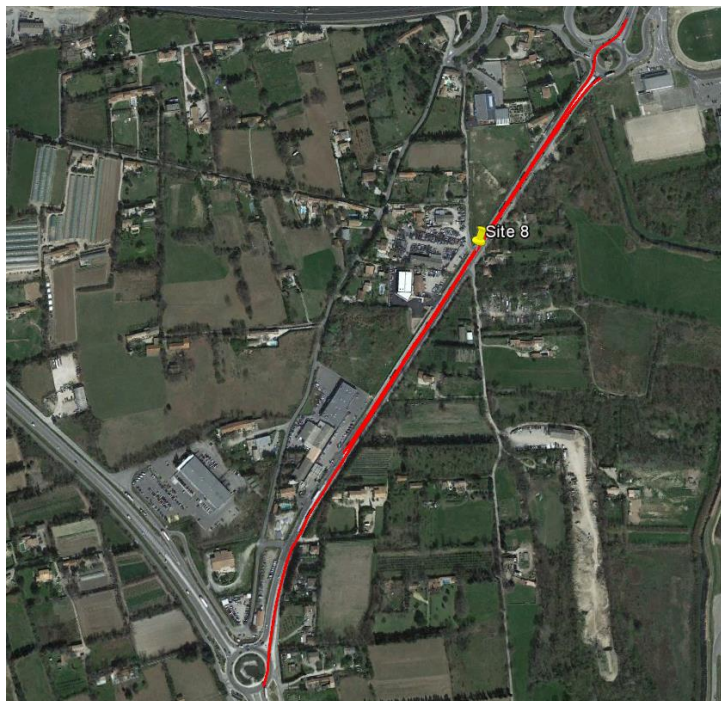


Figure 5.3.1g : Présentation de la zone GPS du site 8 avec les différents passages enregistrés

Les accidents se déroulant sur cette zone sont principalement des pertes de contrôle de guidage liées le plus souvent à des endormissements. De fait, les sollicitations dynamiques dans le déroulement de l'accident sont faibles. Sur les 15 passages enregistrés à ce point GPS un seul a généré un incident. Cependant l'incident n'a pas déclenché au niveau de cette intersection mais au niveau d'un giratoire situé dans la zone.

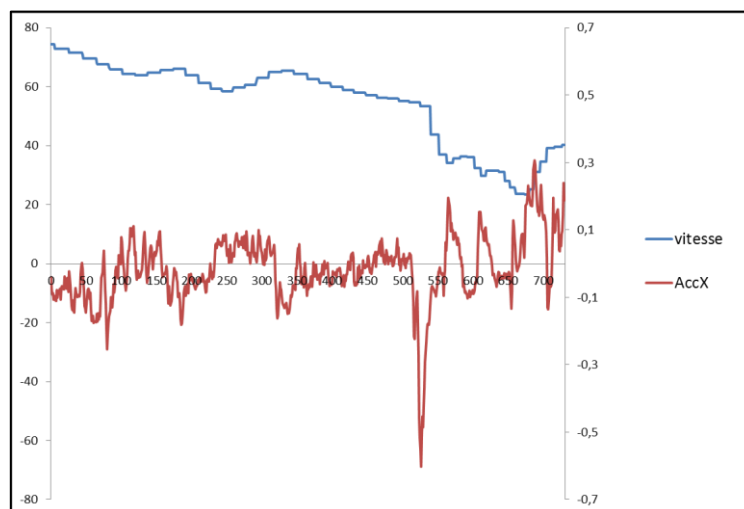


Figure 5.3.1h : Vitesse et accélération longitudinale de l'incident



Figure 5.3.1i : Photo du lieu de l'incident et trace GPS de la moto (en bleu)

Cet incident présente un conducteur de 2RM qui en approche d'un giratoire va freiner assez fortement. Etant donné le lieu de l'accident (axe Marseille-Salon) et l'heure de l'incident (18h30), on peut supposer que le trafic est assez dense et que le 2RM remontant la file par les zébrés est surpris par la présence du terre-plein central qui l'oblige à freiner.

Site 9 et Site 10

Les deux zones d'intérêt 9 et 10 se situent sur une même intersection complexe de type giratoire à 2 endroits différents tous deux accidentogènes. Les différentes traces GPS permettent de rendre compte des différents passages enregistrés sur cette zone (voir figure).

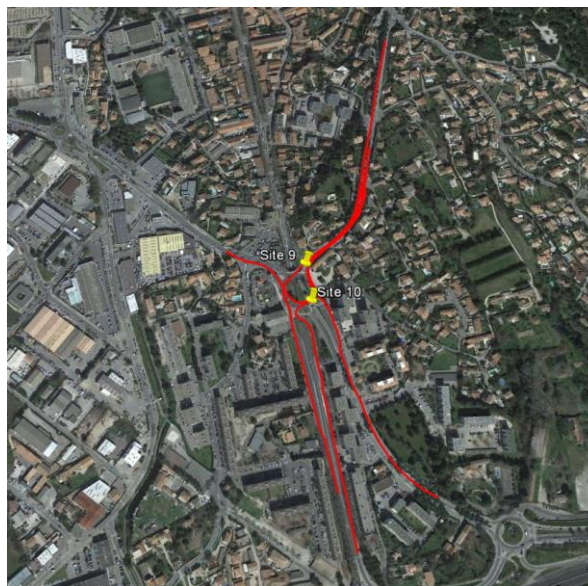


Figure 5.3.1j : Présentation de la zone d'intérêt des sites 9 et 10 avec les différents passages enregistrés

Cette intersection a subi de profondes modifications depuis pour devenir un giratoire. Depuis ce nouvel aménagement, aucun accident n'a été enregistré dans la base EDA. Les 4 passages enregistrés sur le site 9 et les 7 sur le site 10 n'ont pas entraîné de fortes sollicitations dynamiques pour les usagers équipés d'enregistreurs de données. De plus, les 3 vidéos enregistrées sur ce site ne montrent aucun cas mettant le 2RM en situation conflictuelle avec un autre usager de la route.

Site 14

Le point GPS se situe dans un virage de 86m de longueur avec un rayon de courbure moyen de 70 m (rayon minimum de 67 m). Il se situe dans un enchaînement de virages sur une route départementale de 1^{ère} catégorie (voir figure). La vitesse maximale autorisée autour de ce point GPS est de 70 km/h.



Figure 5.3.1k : Présentation de la zone d'intérêt du site 14 avec les différents passages enregistrés

Sur cette zone accidentogène, on recense des accidents en perte de contrôle dynamique dans le virage à droite seulement (sens vers Salon), du moins pour les EDA. La dynamique des véhicules y est très sollicitée, ce site correspond à un enchaînement de plusieurs virages où l'accélération transversale atteint le plus souvent des valeurs d'au moins 4m/s^2 . Les cas recensés dans la base EDA sont des accidents impliquant des voitures sur chaussée mouillée.

Sur cette zone d'intérêt, seulement 4 passages ont été enregistrés et aucun n'a généré d'incident.

Cette zone n'ayant pas été modifiée depuis le passage dans S_VRAI, nous comparerons dans une prochaine partie, les vitesses pratiquées notamment entre les passages des motocyclistes (DYMOA) et ceux des automobilistes (projet S_VRAI).

5.3.2. Comparaison entre 2RM et 4RM

Deux sites où l'on enregistre des données n'ont pas subi de modifications entre le projet SVRAI et DYMOA : le site 1 et le site 14. Ces 2 zones d'intérêt nous permettront donc de comparer les vitesses et les accélérations longitudinales entre les passages en 2RM (projet DYMOA) et les passages en 4rm (projet S_VRAI).

Site 1

Sur ce site, les passages sur le rond-point des 2RM et 4RM permettent de comparer 2 sens différents.

1er sens : venant de Marseille et allant vers un autre rond-point

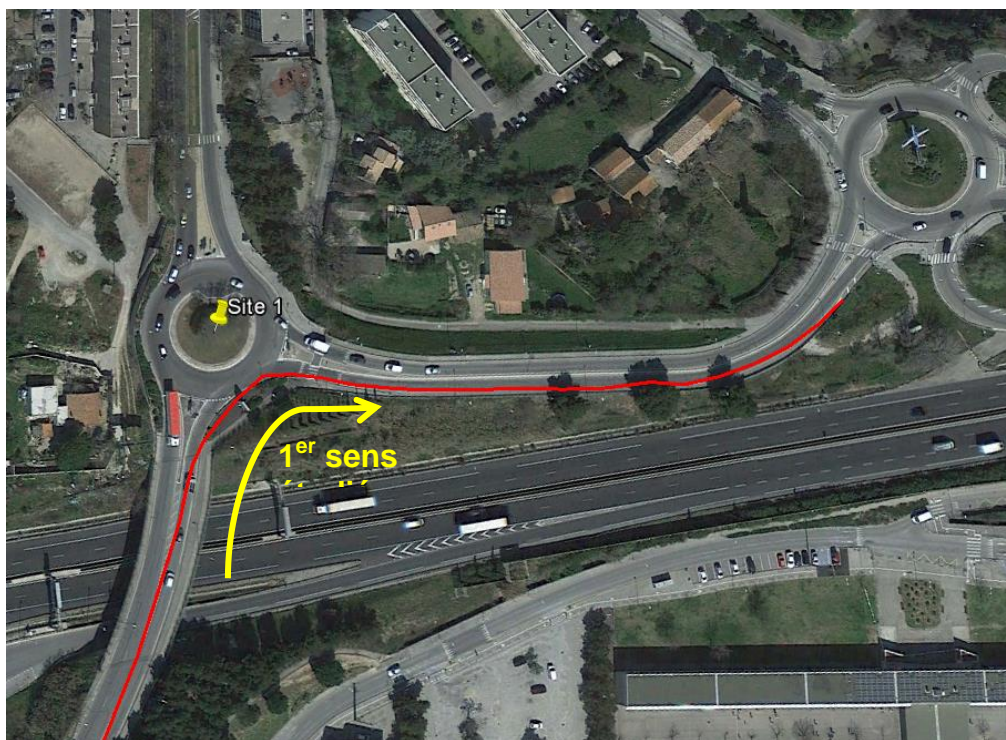


Figure 5.3.2a : Présentation du 1^{er} sens étudié sur la zone GPS 1

Concernant les pratiques des vitesses, on constate que l'approche des 2RM sur le rond-point étudié est en moyenne plus élevée que celles des 4RM. La vitesse des 2RM atteint en moyenne près de 60km/h contre moins de 50 km/h pour les 4RM. En revanche, on observe qu'au niveau du cédez le passage, les vitesses sont équivalentes (autour de 25 km/h). En sortie de rond-point, on constate que les vitesses pratiquées par les 2 types véhicules sont similaires contrairement à l'approche. Cette différence est liée au fait qu'après la sortie du rond-point, et jusqu'au suivant, il y a la présence d'un terre-plein central continu qui empêche le 2RM de remonter les files et donc de dépasser les autres véhicules. La présence de ce terre-plein central semble jouer un rôle dans la diminution des vitesses pratiquées par les conducteurs de 2RM.

Concernant les accélérations longitudinales, qui sont en moyenne assez faible, on n'observe aucune différence entre ces 2 types de véhicules à l'approche du giratoire.

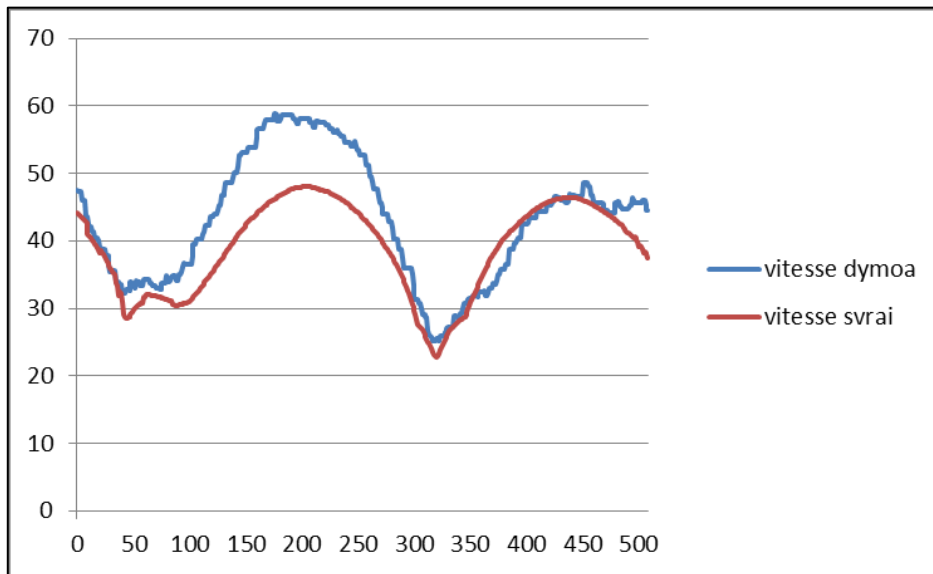


Figure 5.3.2b : Comparaison des vitesses entre les passages 2RM DYMOA (n=5) et l'ensemble des passages 4RM SVRAI (n=15)

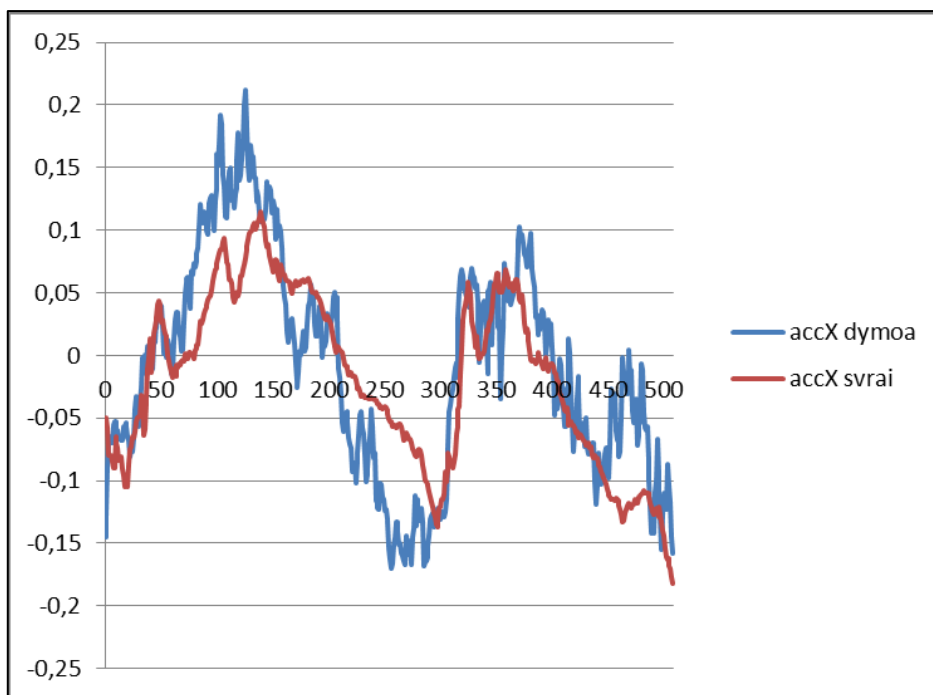


Figure 5.3.2c : Comparaison des accélérations longitudinales entre les passages 2RM DYMOA (n=5) et l'ensemble des passages 4RM S_VRAI (n=15)

2ème sens : venant du centre-ville et allant vers Marseille



Figure 5.3.2d : Présentation du 2ème sens étudié sur la zone d'intérêt 1

Dans ce sens de circulation, les vitesses pratiquées par les 2RM sont en moyenne bien plus élevées que celles des 4RM (d'au moins 10km/h). Cette différence peut s'expliquer en partie par le fait que les 2RM utilisent l'espace pour remonter les files quand le trafic est dense. Les vitesses moyennes pratiquées par les 2RM ne sont pas "excessives" (maximum à 60km/h contre 50km/h pour les 4RM). Contrairement à l'autre sens, il n'y a pas de terre-plein central continu ce qui peut expliquer l'écart de vitesse entre les 2RM et 4RM.

Concernant les accélérations longitudinales, qui sont en moyenne assez faibles, on n'observe aucune différence entre ces 2 types de véhicules à l'approche du giratoire.

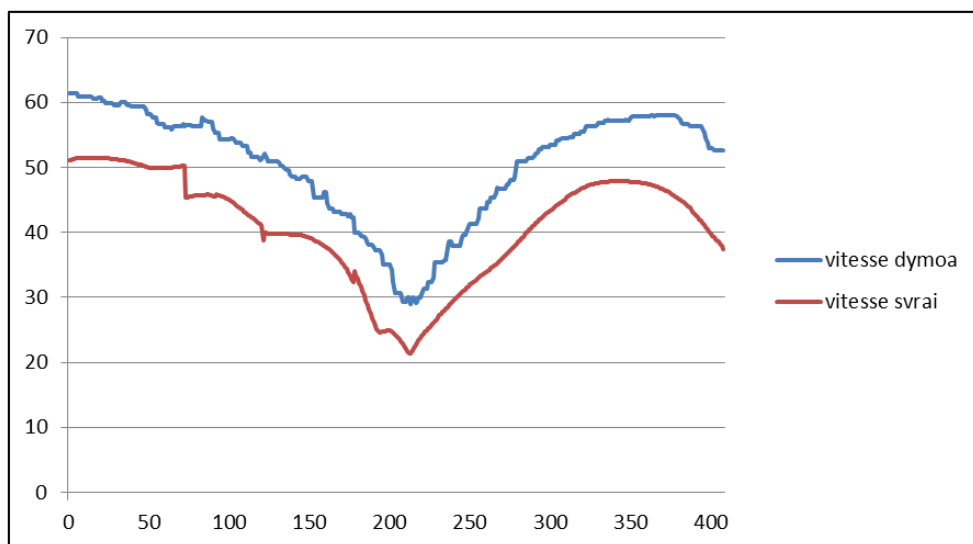


Figure 5.3.2e : Comparaison des vitesses entre les passages 2RM DYMOA (n=6) et l'ensemble des passages 4RM S_VRAI (n=8)

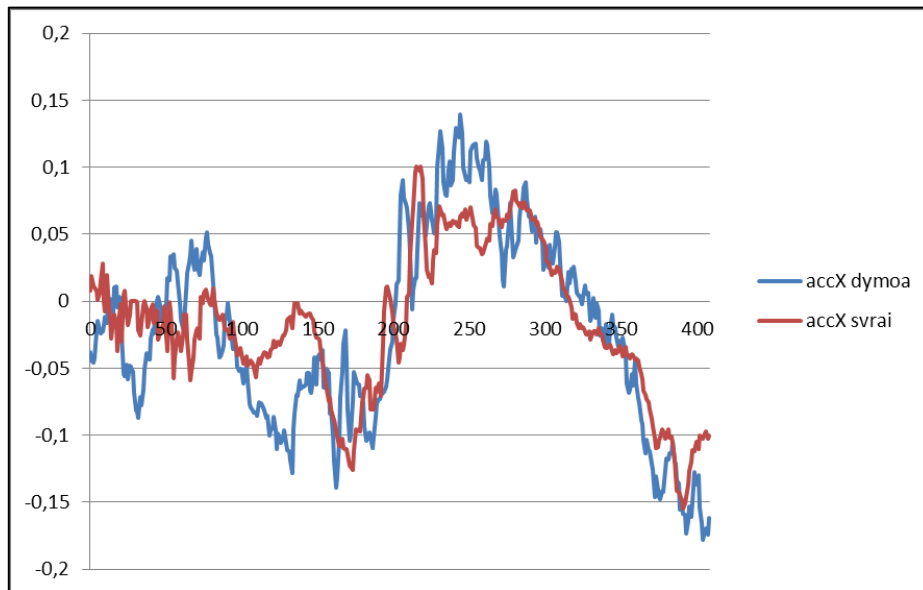


Figure 5.3.2f : Comparaison des accélérations longitudinales entre les passages 2RM DYMOA (n=6) et l'ensemble des passages 4RM SVRAI (n=8)

Site 14

Sur ce site un seul sens sera comparé du fait du nombre peu élevé de données recueillies par les 2RM. On étudiera les passages dans le sens allant vers Salon, sens dans lequel ont lieu les accidents de la base EDA. Au total, les 3 passages en 2RM seront comparés aux 116 passages en 4RM (projet S_VRAI).

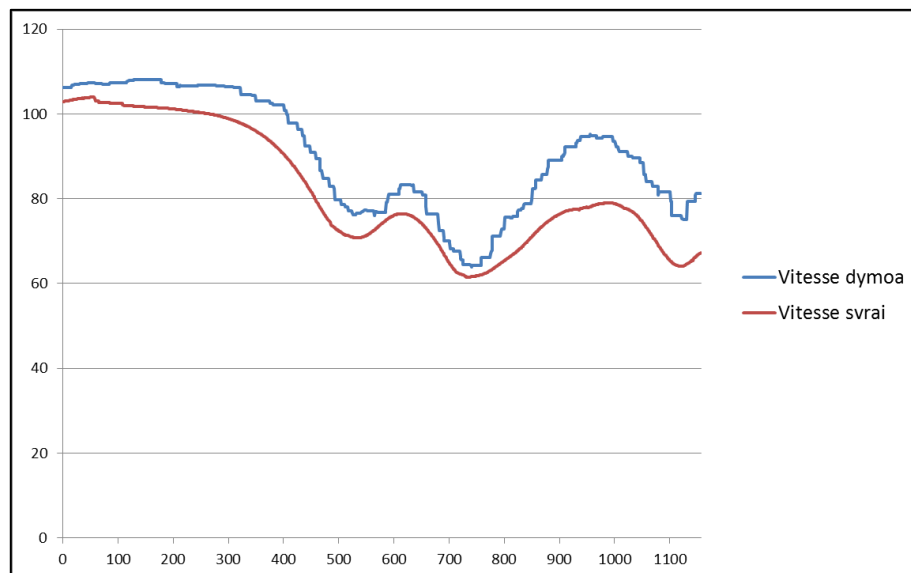


Figure 5.3.2g : Comparaison des vitesses entre les passages 2RM DYMOA (n=3) et l'ensemble des passages 4RM S_VRAI (n=116)

En moyenne, la vitesse des 2RM sur ce site est plus élevée que sur l'ensemble des passages des 4RM. Sur le point GPS en question, la vitesse des 2RM est en moyenne de 64,2 km/h contre 61,6 km/h pour les voitures. On peut constater qu'en sortie de courbe, les 2RM accélèrent plus fortement que les 4RM notamment dans le virage principalement étudié (écart de vitesse maximale de plus de 17km/h).

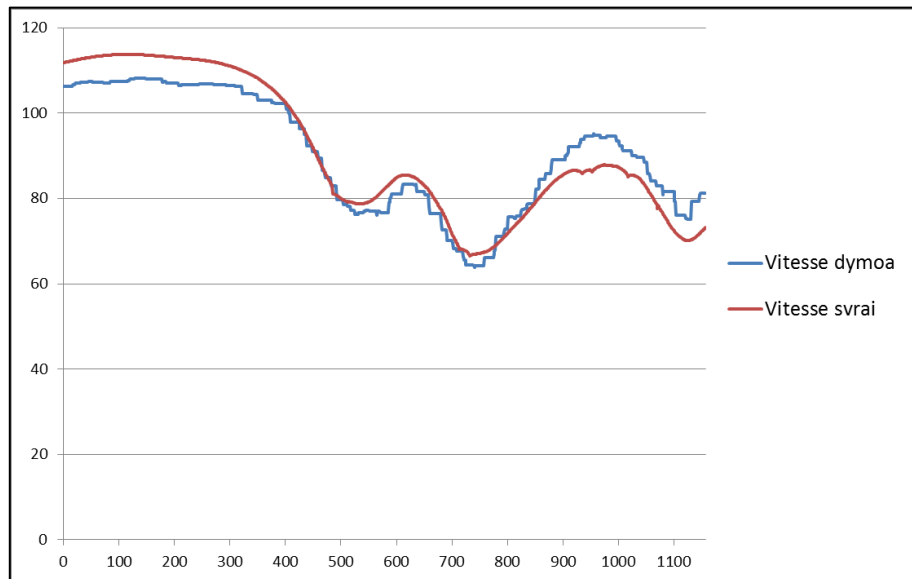


Figure 5.3.2h : Comparaison des vitesses entre les passages DYMOA (n=3) et les incidents S_VRAI (n=44)

En s'intéressant maintenant à la comparaison des passages en 2RM aux passages 4RM identifiés comme des incidents, les incidents S_VRAI ont des vitesses légèrement supérieures aux passages DYMOA (2,7km/h plus élevé). Cependant nous avons seulement 3 passages dans DYMOA dont 2 pour lesquels les vitesses sont similaires aux incidents S_VRAI (66,9 km/h) au point critique et pourtant nous n'enregistrons aucun déclenchement d'incident dans DYMOA. Or on peut légitimement penser que différents passages sur une même courbe, à des vitesses égales fourniraient une accélération transversale théorique identique.

Quand on s'intéresse aux 2 cas DYMOA où les vitesses sont similaires à ceux des incidents S_VRAI, on constate que sur les autres critères de déclenchement (normes des vitesses angulaires et normes des accélérations des vitesses angulaires), on est loin des seuils de déclenchement. Les seuils de détection d'incident dans DYMOA ne sont donc pas équivalents à ceux du projet SVRAI. Du fait des difficultés rencontrées pour mesurer l'accélération transversale dans un repère terrestre sur un 2RM, le choix d'observer la vitesse et l'accélération de roulis paraît pertinent pour la détection de manœuvres fortement transitoires mais pas pour détecter de fortes sollicitations en régime "établi" (en quasi statique).

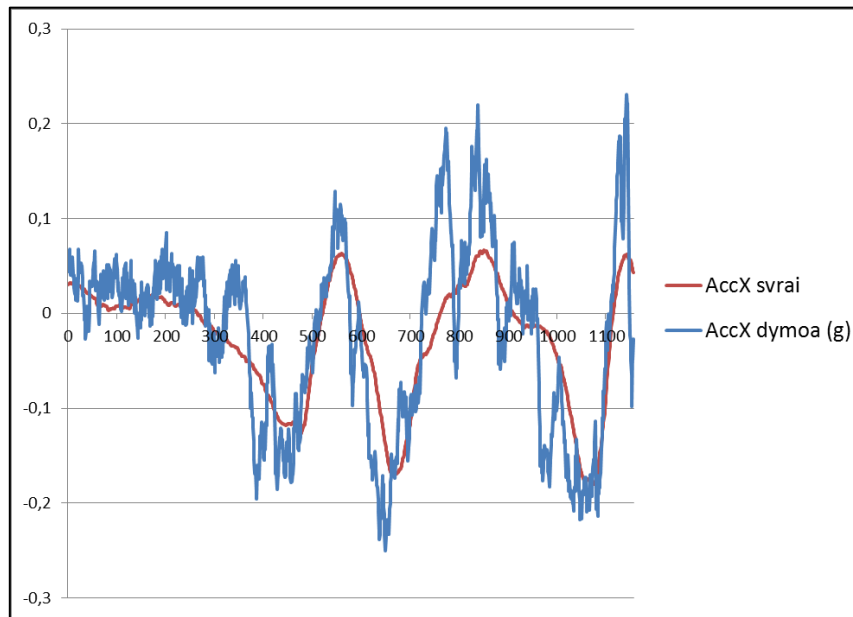


Figure 5.3.2i : Comparaison des vitesses entre les passages DYMOA (n=3) et l'ensemble des passages SVRAI (n=116)

Sur l'accélération longitudinale, il apparaît que les conducteurs de motos adoptent des décélérations légèrement supérieures comparées à celles des conducteurs de 4RM relevées lors de l'ensemble des passages à l'approche du virage en question (-0.25g vs -0.16g).

5.3.3 Détection d'incidents sur zones d'intérêt par analyse de la vidéo

L'objectif de cette partie est de voir si, à partir de la vidéo, on peut identifier des presque accidents ou des situations de conflits qui n'auraient pas généré d'incidents selon les critères de déclenchement "dynamiques" (définis à partir de mesure physiques et des spécificités de la dynamique des 2RM). Cette analyse n'est possible que sur les zones d'intérêts car ce sont les seuls enregistrements où des déclenchements autres que dynamiques sont possibles. Sur la zone PACA, sur les 286 passages sur zone d'intérêt, seules 67 vidéos ont été récupérées. Sur les 67 vidéos, 1 seul incident a été recueilli sur les critères de déclenchement dynamique. En revanche après analyse des 66 autres vidéos, on constate que 2 situations peuvent être considérées comme des presque-accidents ou des conflits alors qu'elles n'ont pas déclenché d'incident. La 1ère situation met en évidence un problème lié à la densité de trafic. En effet, alors que le feu passe au vert pour le 2RM, des véhicules venant de l'axe perpendiculaire et dont le feu vient de passer au rouge sont toujours engagés dans l'intersection et terminent leur traversée. Le 2RM démarrant au feu vert est confronté à un véhicule venant de sa droite, qui est initialement masqué par une fourgonnette terminant elle aussi sa traversée d'intersection. Le 2RM, circulant à faible allure semble tout de même surpris car il réagit par un très léger freinage et un évitement.



Figure 5.3.3a : Description séquentielle de la première situation jugée conflictuelle

La 2ème situation met en jeu un comportement de remontée de file d'un 2RM avec celui d'un changement de voie pour le 4RM. Le boulevard est composée d'une chaussée à 2*3 voies séparées par un terre-plein central. Dans un trafic dense, le 2RM remonte la file de VL par la voie de gauche et un des VL sur la voie du milieu met son clignotant pour se placer dans la voie de gauche. Le 2RM laisse un espace pour que le VL s'insère puis décide de dépasser ce VL par la voie du milieu. Lorsqu'il change de voie il est confronté à un autre VL venant de la voie de droite qui s'insère sur la voie du milieu sans percevoir le 2RM remontant la file par cette voie. Surpris le 2RM freine fort sans déclencher (décélération maximale à 0,59g) mais se retrouve très proche du VL.



Figure 5.3.3b : Description séquentielle de la seconde situation jugée conflictuelle

5.3.4 Conclusions

Le déclenchement de l'EMMAPhone sur zones d'intérêt spécifiques montre la diversité des études que l'on peut réaliser. En effet, les différentes zones étudiées permettent de dégager des connaissances en lien avec les accidents des 2RM. En particulier, l'analyse de la vidéo sur certains sites, a permis de rendre compte des comportements des 2RM dans des situations à risque voire des situations d'accidents, comme les cas de remontée de file.

Un déploiement plus important de véhicules ou un recueil d'une durée plus longue auraient sans doute donné encore plus d'informations concernant l'étude du lien entre incident et accident ou encore l'étude de certaines infrastructures à configuration spécifique. Il ressort tout de même que l'analyse sur un site a permis de montrer l'effet de l'infrastructure sur la réduction des vitesses des 2RM, notamment en comparant les vitesses des passages des 2RM avec ceux des 4RM. On en a conclu que la présence d'un terre-plein central sur l'axe permet de réduire la vitesse des 2RM en empêchant ces derniers de remonter les files. Il serait intéressant dans une prochaine expérimentation d'identifier d'autres sites avec une infrastructure similaire pour valider ou non cette hypothèse.

Un autre point qui apparaît comme une limite à cette étude est la notion d'accélération transversale pour les 2RM. Il semble qu'il soit difficile de trouver une équivalence à ce paramètre dynamique pour les 2RM. En effet, l'étude sur le point GPS 14 (enchaînement de virages) montrait de fortes sollicitations dynamiques, notamment sur l'accélération transversale, pour les 4RM et qui déclenchaient ainsi de nombreux incidents ; cela n'est pas le cas pour les 2RM avec les critères retenus dans ce projet DYMOA. Certes, les 3 passages ne permettent pas de tirer de conclusion mais on a constaté que pour des vitesses similaires du 2RM sur ce point GPS, aucun déclenchement dynamique n'a lieu contrairement aux 4RM. De plus, de façon globale, peu de déclenchements autres que par l'accélération longitudinale ont eu lieu alors que pour les 4RM, les déclenchements selon le critère d'accélération transversale étaient majoritaires.

L'apport de la vidéo à ces déclenchements apparaît comme un outil indispensable pour de telles analyses incidentologiques. En plus de permettre une meilleure compréhension des mécanismes d'incidents ou encore de pouvoir contextualiser les différentes situations, la vidéo permet aussi l'observation d'autres situations conflictuelles qui n'ont pas déclenché d'incident dynamique. En effet, l'expertise des vidéos a permis entre autre de faire ressortir 2 situations jugées conflictuelles sur des zones d'intérêt.

6 Les synthèses de parcours

6.3 Distribution des paramètres de conduite (1D)

6.3.3 Tous les parcours 2RM

La répartition des 8 principaux paramètres de conduite pour l'ensemble de tous les parcours en 2RM est donnée par les figures 6.1.1.a et b.

La répartition des accélérations longitudinales (AccX) est étendue et dissymétrique :

- Il y a 20.2 % des accélérations longitudinales au-delà de 0.1 g, et 3.8 % au-delà de 0.2 g. La proportion n'est vraiment faible qu'au-delà de 0.3 g : 0.6 %.
- Il y a davantage d'accélérations longitudinales positives (56 %) que de décélérations (44 %), et ceci aux faibles niveaux comme aux plus élevés.

La répartition des vitesses de roulis (GyrX) est symétrique au-delà de 10 °/s. Par contre entre 0 et 10 °/s il y a un peu plus de vitesse de roulis positives que de vitesse de roulis négatives (2.3 % en plus). Il n'y a qu'à peine plus de 4 % de vitesse de roulis au-delà de 10 °/s, et 0.5 % seulement au-delà de 20 °/s.

Les accélérations latérales (AccY) sont nettement dissymétriques, avec 68.5 % d'accélérations latérales négatives. Entre 0 et 0.1 g, la disproportion est déjà nette avec 48.9 % d'accélérations négatives contre 31 % de positives, entre 0.1 et 0.2 g, elle est énorme : 10.1 % contre 0.4 %. Au-delà de 0.2 g, il n'y a quasiment plus d'accélération latérale positive, avec plus de 9.5 % d'accélérations latérales négatives. En théorie il ne devrait y avoir que très peu d'accélérations latérales pour une moto puisque les virages sont négociés par l'inclinaison de la moto ; l'explication pourrait provenir du fait que les motos avant démarrage et avant l'arrêt peuvent être fréquemment en position inclinée à gauche, reposant sur leur béquille latérale.

Il est intéressant de noter que les accélérations latérales (AYT) recalculées en temps réel dans le repère terrestre (par une estimation approximative calculée à partir de la vitesse de lacet) sont nettement plus symétriques avec un petit avantage tout de même pour les accélérations négatives : 53 % contre 47 % d'accélérations positives. Cette différence globale cache une différence en sens inverse au-delà de 0.2 g : 0.5 % en négatif seulement pour 1.7 % en positif.

La répartition des accélérations de roulis (AccGyrX) présente aussi une dissymétrie avec davantage de valeurs négatives, globalement 63.6 % contre 34.4 % de valeurs positives, avec une différence très nette sur les faibles niveaux : 45.5 % / 31.4 % entre 0 et 20 °/s² et 16.9 % / 3.9 % entre 20 et 40 °/s².

Les vitesses de lacet (GyrZ) sont également réparties de manière dissymétrique entre virage à gauche (35.7 %) et virage à droite (64.3 %). La répartition s'équilibre au-delà de 20°/s.

Concernant l'accélération verticale (AccZ), il y a peu de valeurs au-delà de 0.1 g : 8.7 % et très peu au-delà de 0.2 g : 1.5 %. On remarque également une dissymétrie, avec une plus grande proportion d'accélérations verticales négatives (56 %) que positives (44 %).

Les vitesses de tangage (GyrY) sont très concentrées autour de 0 : 99.9 % en dessous de 20 °/s, avec plus de vitesse de tangage négative (68.7 %) que positive (31.3 %).

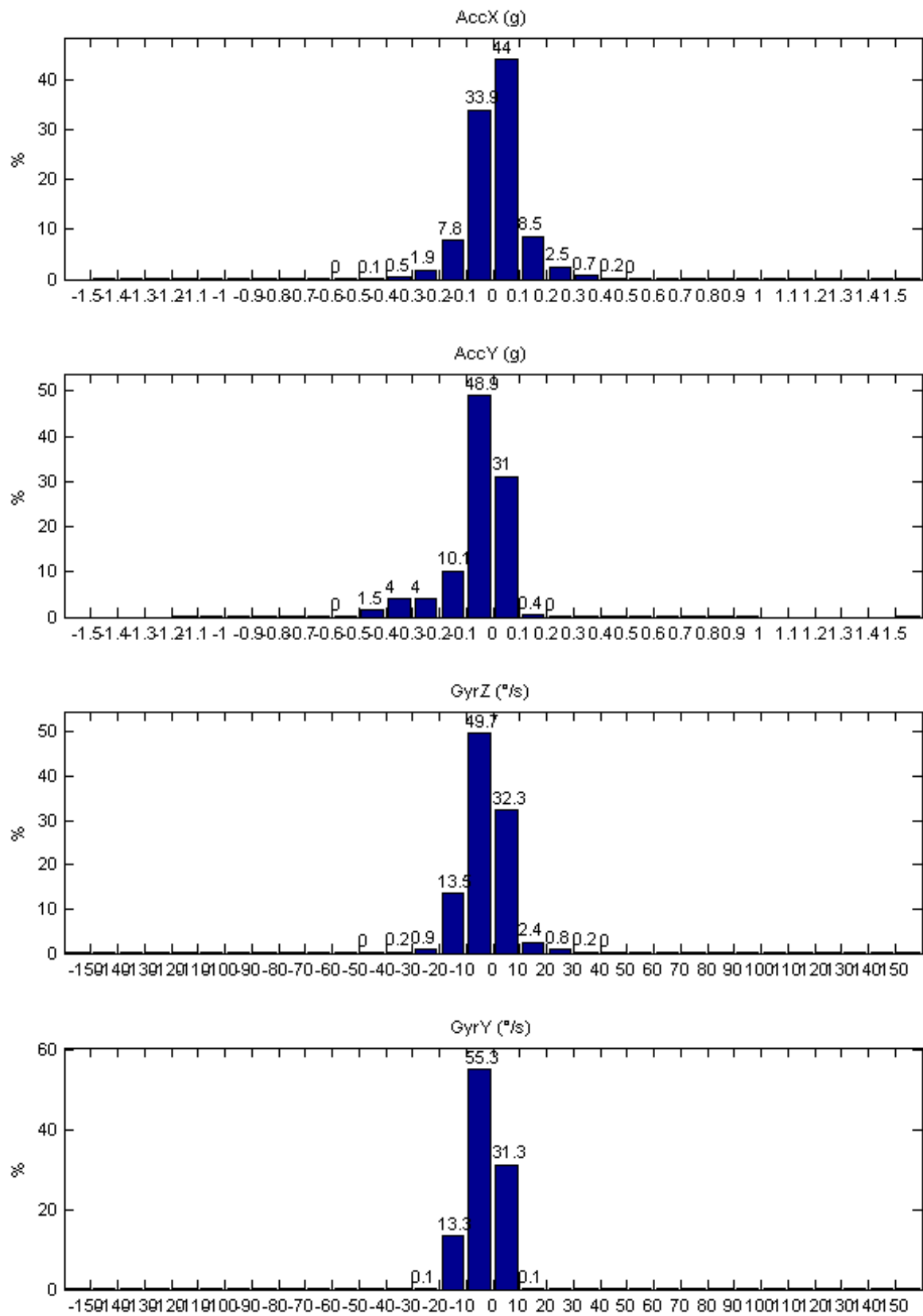


Fig. 6.1.1.a : Répartition des paramètres dynamiques des 2RM pour tous les parcours (3121)

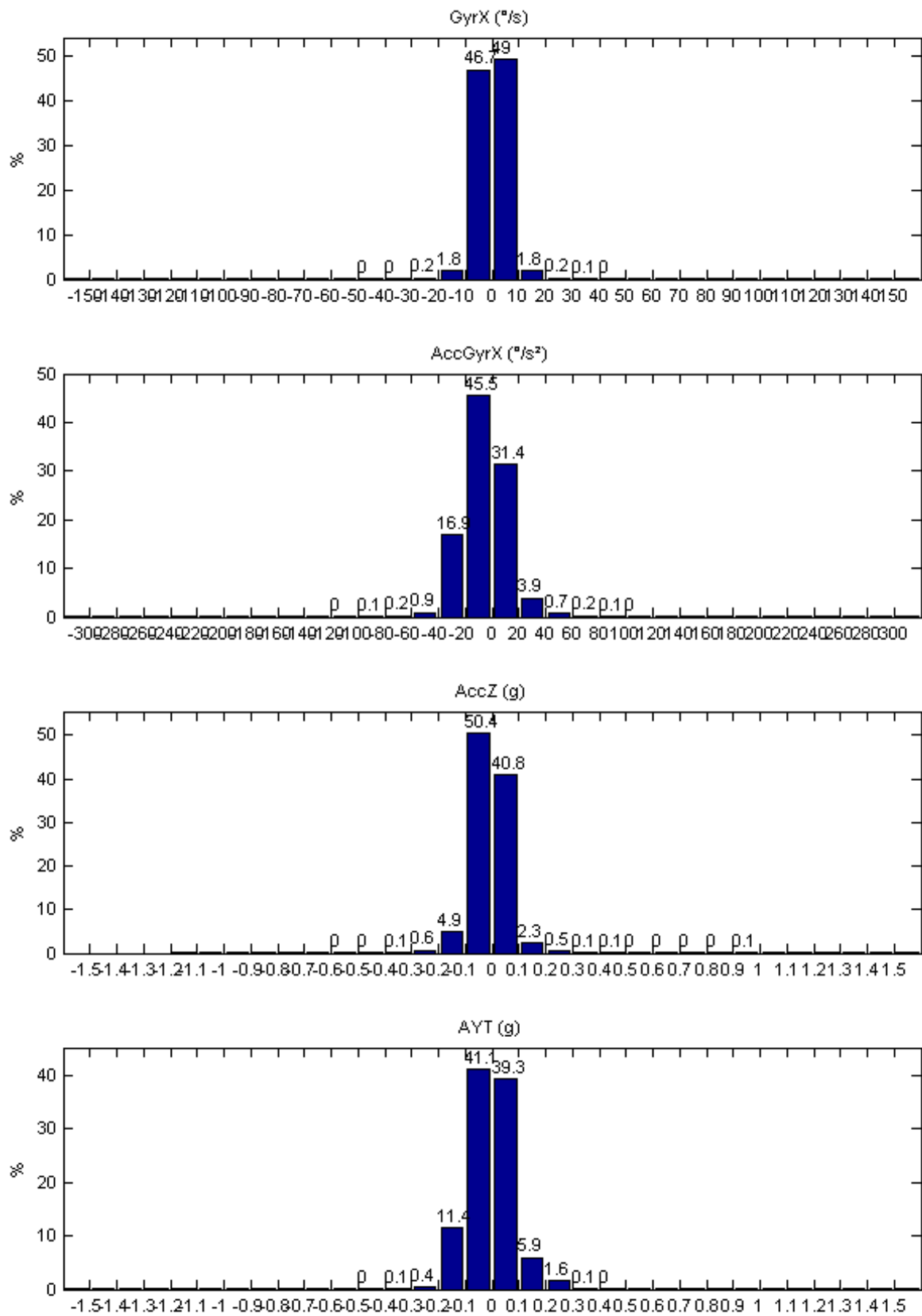


Fig. 6.1.1.b : Répartition des paramètres dynamiques des 2RM pour tous les parcours (3121)

6.3.4 Comparaison 4RM / 2RM

La répartition des mêmes paramètres lors des parcours des 4RM est donnée par les figures 6.1.2.a et b.

Nous comparerons ici, à titre indicatif, les valeurs recueillies par les capteurs pour un 4RM avec celles des 2RM bien que les mesures fournies par les accéléromètres et les gyromètres ne correspondent pas toujours à la même grandeur physique. En effet, hormis les accélérations longitudinales qui peuvent être comparées directement, les autres mesures effectuées sur un 2RM ne correspondent pas exactement à celles des 4RM du fait du comportement « pendulaire » de la moto.

La répartition des accélérations longitudinales (AccX) pour les 4RM est assez proche de celle des 2RM, avec pour seule différence notable davantage d'accélérations positives entre 0.2 et 0.4 g (11.6 % / 3.2 %), et un peu moins de décélérations quel que soit le niveau.

La dissymétrie en virage entre droite et gauche observée sur les niveaux d'accélération transversale des 2RM, ne se retrouve pas en 4RM, ce qui confirmerait l'hypothèse de l'arrêt sur béquille latérale comme explication de la dissymétrie pour les 2RM. L'équilibre global en 4RM est respecté avec 50.1 % d'accélération négative (virage à droite) contre 49.1 % d'accélération positive (virage à gauche). Cependant aux faibles niveaux il y a une dissymétrie inverse de celle des 2RM : en dessous de 0.1 g on a 43.1 % en positif et 35.3 % en négatif, contrairement aux 2RM (31 % en positif et 48.9 % en négatif).

La répartition des niveaux de vitesse de lacet (GyrZ) est sensiblement la même en 4RM qu'en 2RM. Celle des niveaux de vitesse de tangage (GyrY) est proche, avec cependant moins d'écart entre valeurs positives et négatives.

La vitesse de roulis des 4RM est plus faible globalement puisque comprise entre -10 et +10 °/s à quasiment 100% contre 95.7 % pour les 2RM. La répartition pour les 4RM est nettement plus dissymétrique avec 63 % en positif (virage à droite) et 37 % en négatif (virage à gauche).

Les niveaux d'accélération de roulis (AccGyrX) sont à peu près répartis de la même manière entre 2RM et 4RM.

Les accélérations verticales (AccZ) sont plus resserrées, avec 98.8 % de valeurs inférieures à 0.1 g pour les 4RM contre 91.2 % pour les 2RM. Il y aurait donc plus de secousses verticales en 2RM. L'autre différence réside dans la dissymétrie entre valeurs positives et négatives. En 4RM elle est inversée et accentuée (60.5 % / 38.3 %) par rapport aux 2RM (40.8 % / 50.4 %).

En termes d'accélération transversale (AYT) dans le repère terrestre, la principale différence entre 4RM et 2RM est une beaucoup plus grosse dissymétrie en dessous de 0.1 g, avec 54.8 % en négatif contre 24.3 % en positif (41.1 % / 39.3 % en 2RM). Il faut préciser que dans le cas d'une voiture le calcul de cette accélération devrait donner des valeurs proches de l'accélération transversale brute, or les répartitions obtenues sont très différentes. Le calcul approximatif de l'accélération transversale n'est peut-être pas fiable, en particulier pour une voiture, bien qu'il soit censé l'être en particulier avec des petits angles de roulis.

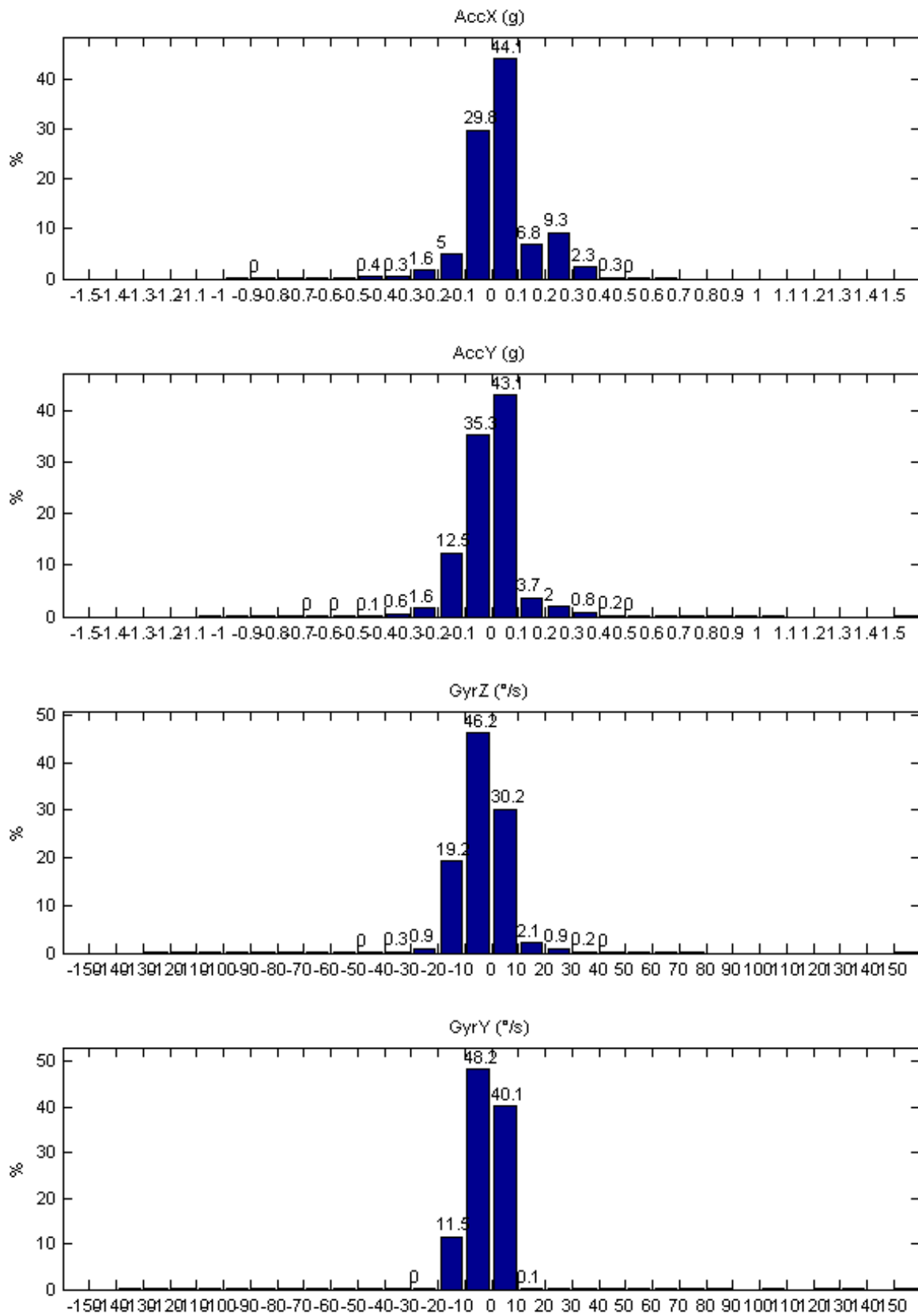


Fig. 6.1.2.a : Répartition des paramètres dynamiques des 4RM pour tous les parcours (443)

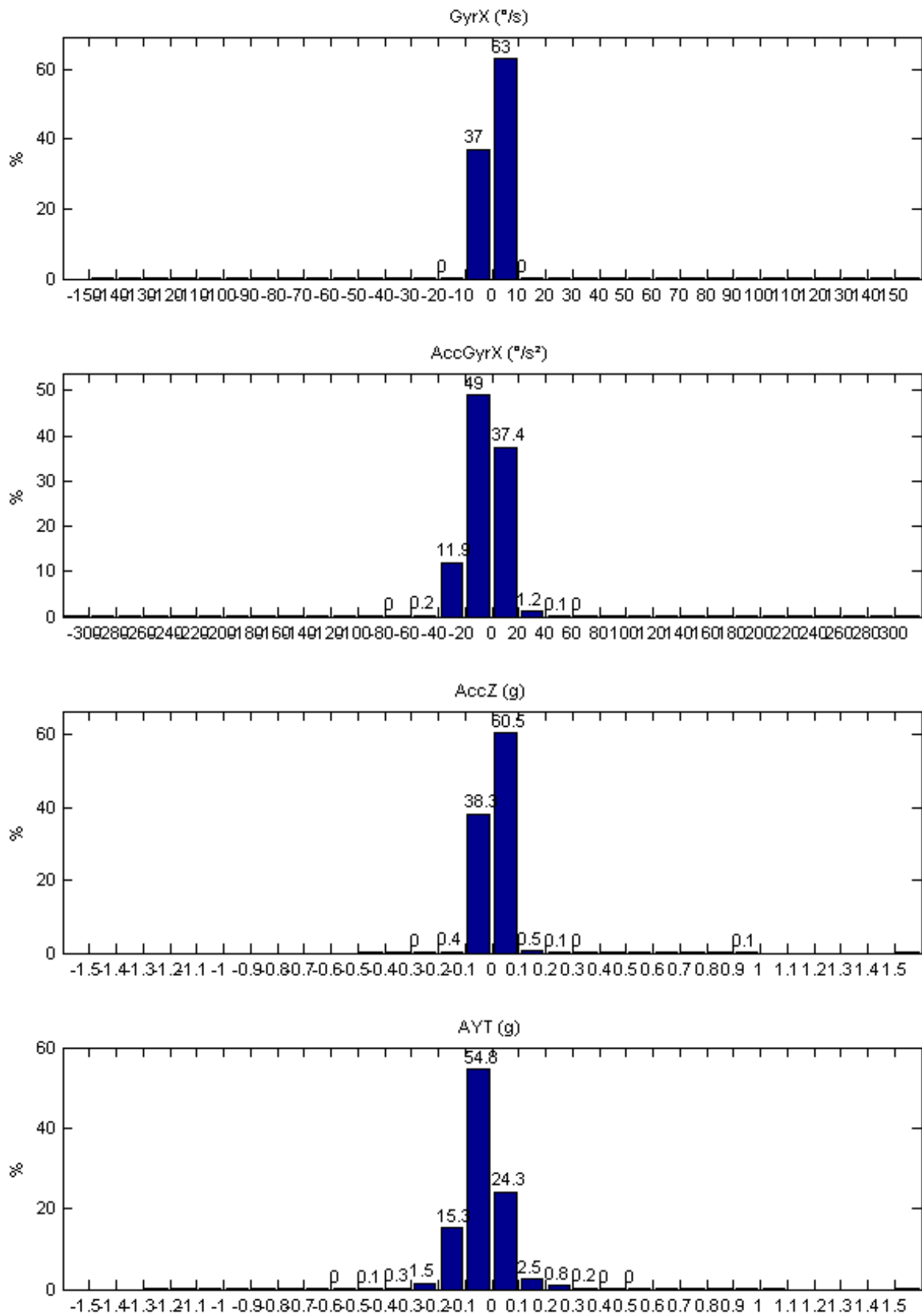


Fig. 6.1.2.b : Répartition des paramètres dynamiques des 4RM pour tous les parcours (443)

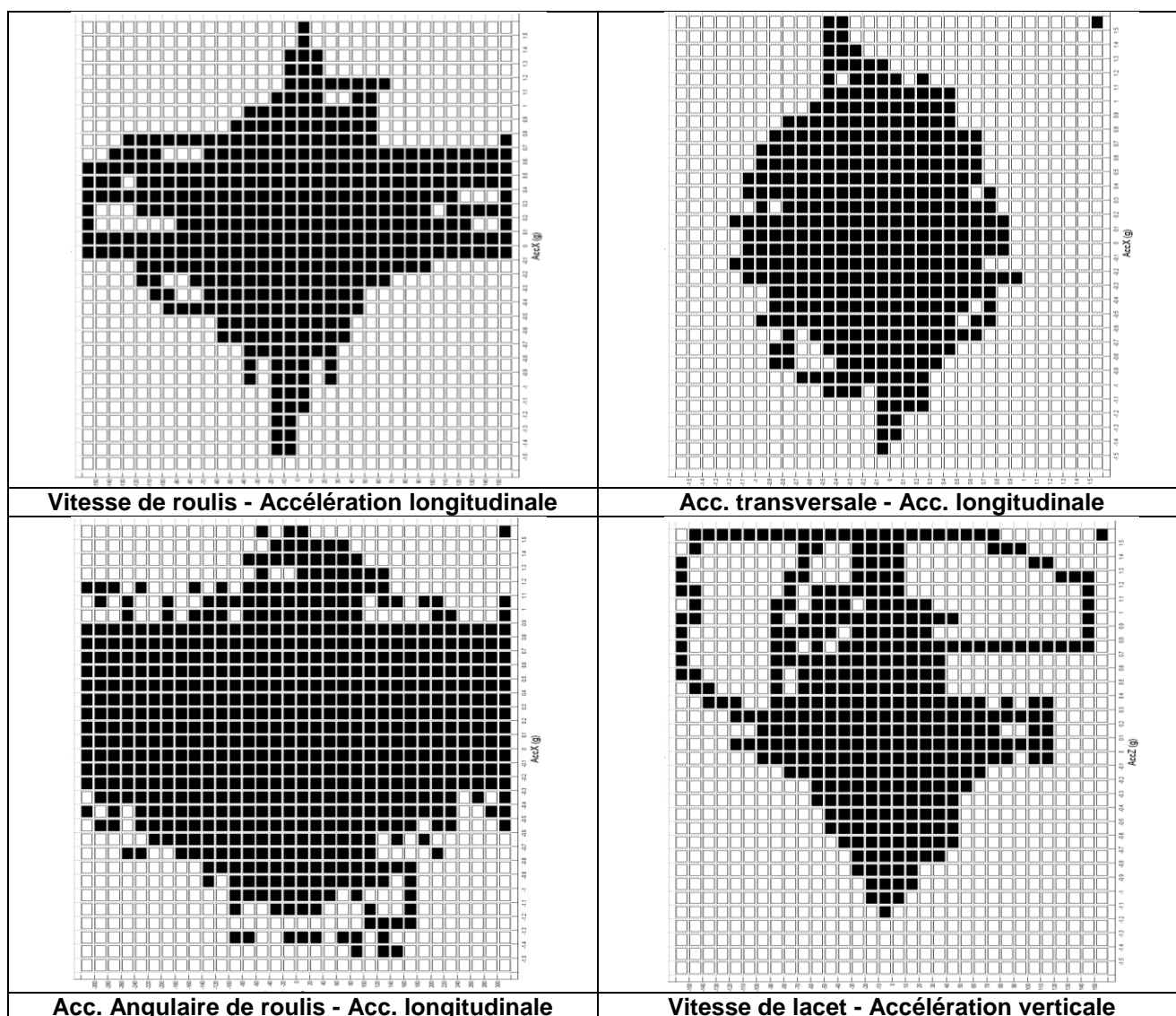
6.4 Croisement de variables (2D) et indice de la tâche

6.4.3 Tous les parcours 2RM

L'étendue dans un plan (de dimension 2) des 7 synthèses de tous les parcours 2RM est présentée à la figure 6.2.1. Cette visualisation permet de voir rapidement jusqu'où les motos ont exploré leurs capacités en termes de dynamique du véhicule, en sollicitation pure et en sollicitations combinées.

Certains paramètres ont dépassé les bornes d'étude, par exemple la vitesse de roulis (au-delà de $150^\circ/s$), l'accélération de roulis (au-delà de $300^\circ/s^2$) et l'accélération transversale recalculée dans le repère terrestre (au-delà de 15 m/s^2). D'autres sont restées plus modérées, comme l'accélération transversale (-12 m/s^2 à 10 m/s^2 tout de même). Cette étendue plus restreinte pour l'accélération transversale brute dans le repère moto est conforme à ce que l'on imagine puisque la moto s'incline toujours vers l'intérieur du virage.

L'accélération verticale a une étendue dissymétrique, allant de -12 m/s^2 à plus de 15 m/s^2 .



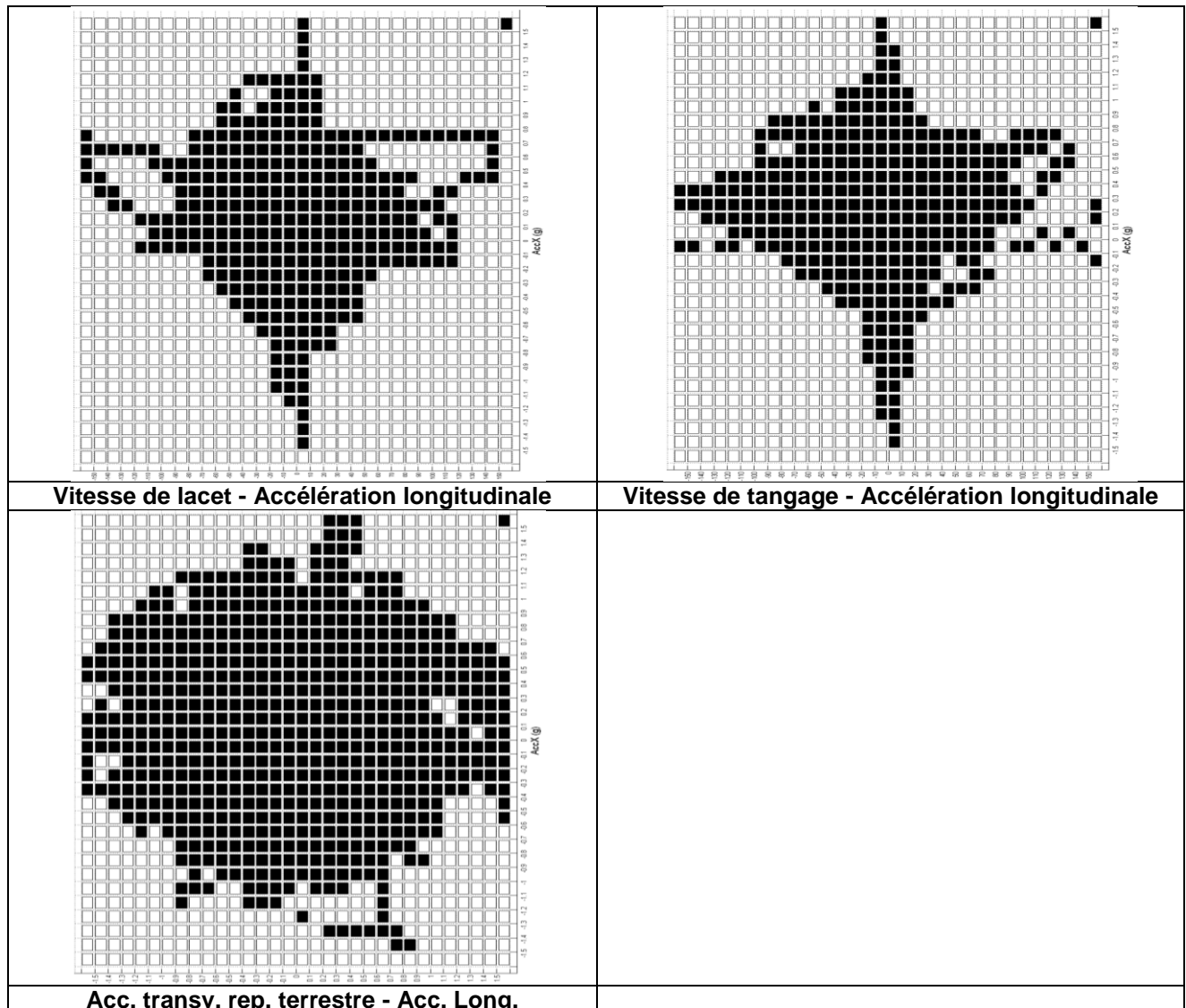
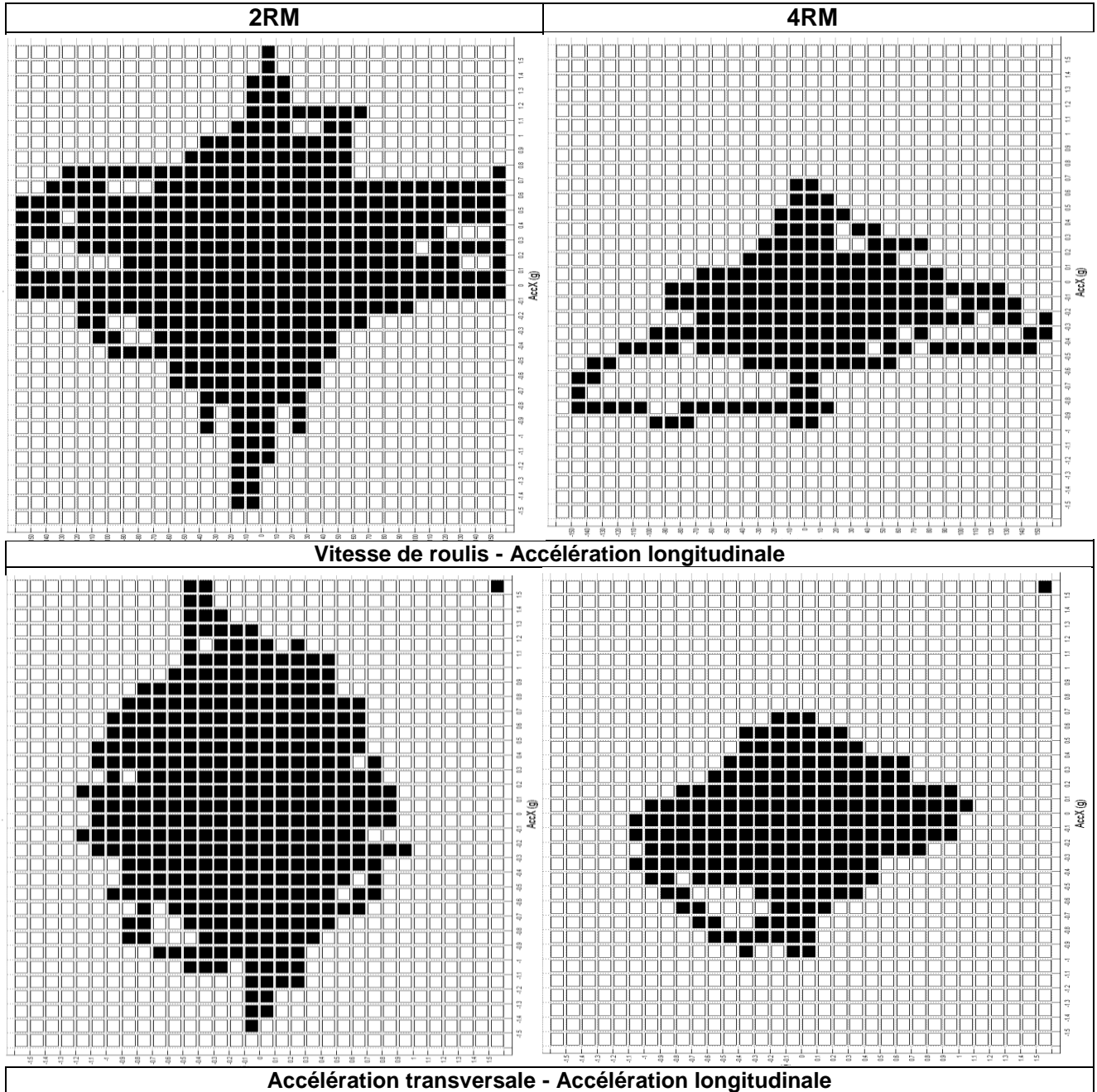


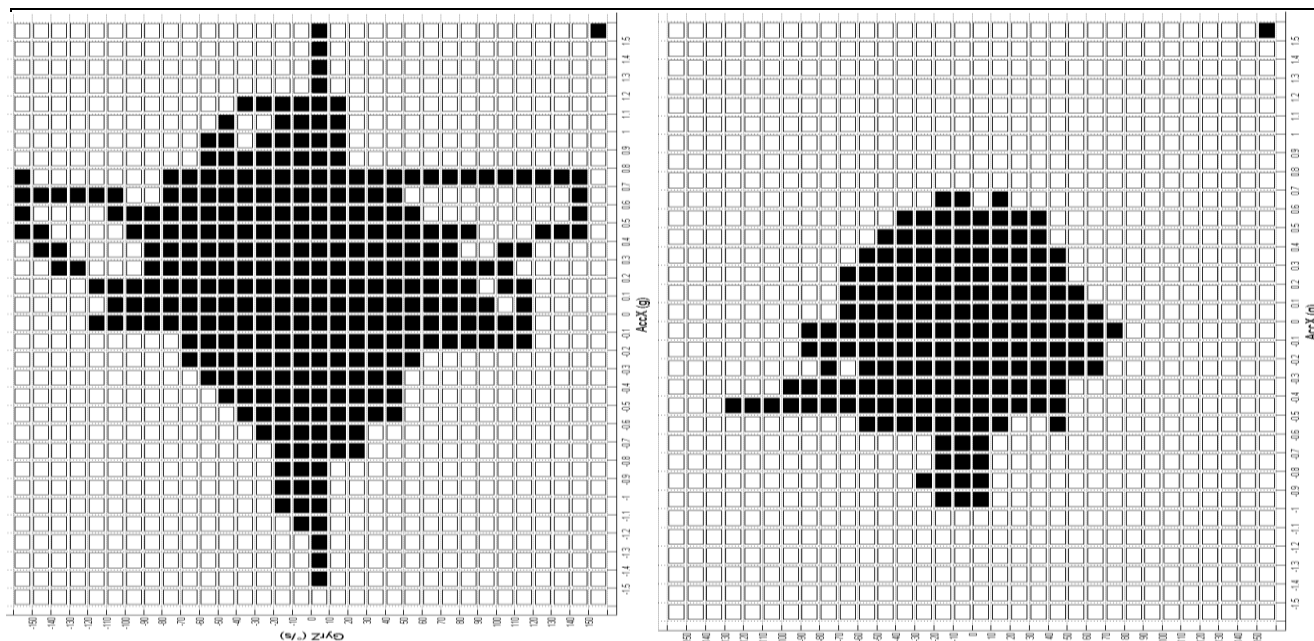
Fig. 6.2.1 : Synthèses de parcours 2D des 2RM pour tous les parcours (3121)

6.4.4 Comparaison 4RM / 2RM

Les mêmes tracés ont été réalisés pour tous les parcours des 4RM. Ainsi on peut comparer, à titre indicatif, l'étendue des différentes synthèses de parcours entre 2RM et 4RM. Toutefois, il est à noter que seules les comparaisons des accélérations longitudinales et dans une moindre mesure les vitesses de lacet sont pertinentes étant donné les différences de comportement entre les deux types de véhicules.

La figure 6.2.2a présente la comparaison pour trois types de synthèse : le croisement Accélération longitudinale versus Vitesse de roulis, le croisement Accélération longitudinale versus Accélération transversale, et le croisement Accélération longitudinale versus Vitesse de lacet. On constate pour les trois un net tassement de l'étendue des synthèses dans le sens vertical pour les 4RM par rapport aux 2RM, qui traduit des accélérations longitudinales moins élevées, c'est-à-dire des freinages moins forts et des accélérations moins fortes. Il faut préciser que la « tache » représente l'étendue maximale des sollicitations explorées au moins une fois par un véhicule lors d'un parcours à un instant donné et non pas le temps passé pour chaque niveau de sollicitation comme présenté dans le paragraphe précédent : 5.3 Distribution des paramètres de conduite (1D).





Vitesse de lacet – Accélération longitudinale

Fig. 6.2.2a : Comparaison des synthèses de parcours 2D des 2RM et des 4RM pour tous les parcours (443) (2 types comparées)

Comme attendu l'étendue des vitesses de roulis et des vitesses de lacet est nettement supérieure en 2RM tandis que pour les 4RM c'est l'étendue des accélérations transversales qui est supérieure.

Pour comparer ces étendues de sollicitation pour toutes les synthèses de parcours nous utilisons l'indice de la tâche. La figure 6.2.2b montre les écarts d'étendue pour les 7 types de synthèse.

Globalement les indices de la tâche pour les 4RM sont tous inférieurs à ceux des 2RM, sauf celui de la synthèse de parcours Accélération longitudinale versus Accélération transversale. C'est assez logique car c'est la seule vraiment pertinente pour étudier le comportement de conduite des 4RM, les autres faisant intervenir pour la plupart les vitesses de rotation (roulis, lacet, tangage) qui sont plus adaptées à la dynamique du 2RM et plus élevées pour ce dernier.

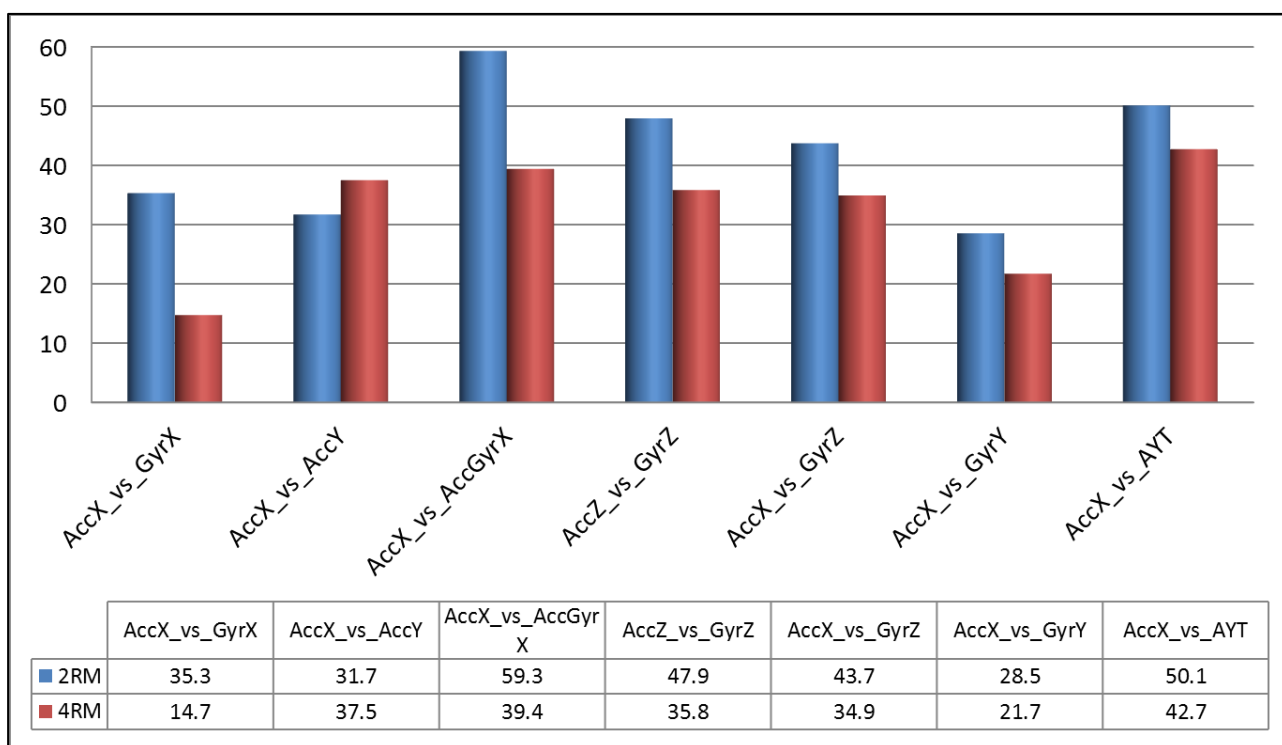
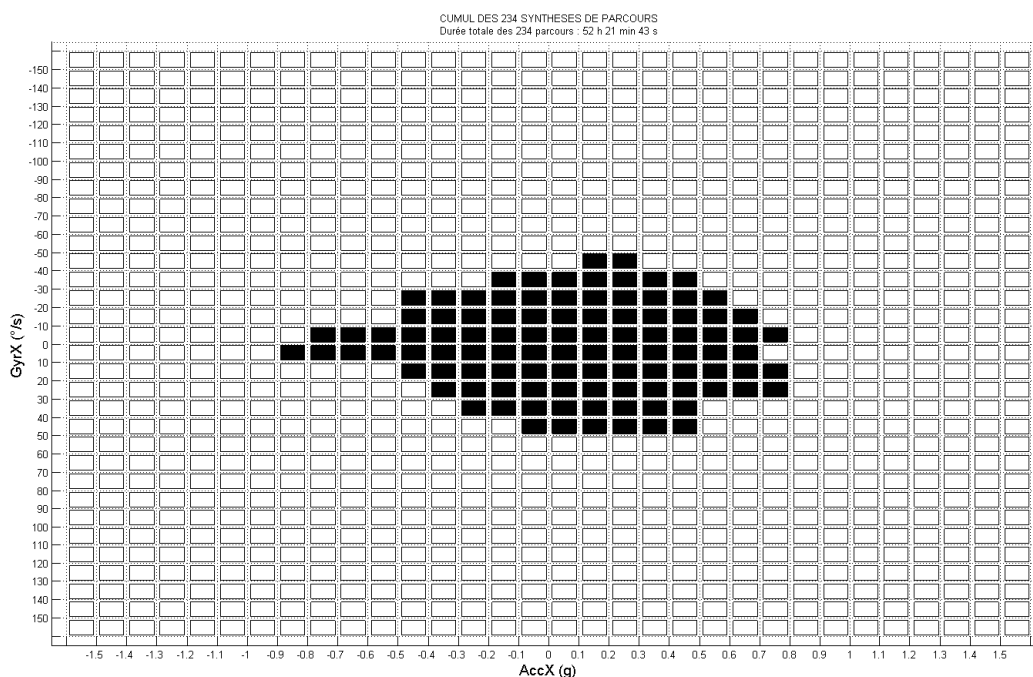


Fig. 6.2.2b : Comparaison des indices de la tâche pour les 7 types de synthèses de parcours entre les 2RM et les 4RM pour tous les parcours

6.4.5 Deux profils de conduite extrêmes

Afin d'illustrer la variété des styles de conduite parmi les volontaires de DYMOA, nous montrons les tâches des sollicitations extrêmes de deux conducteurs assez différents :

- le premier (colonne de gauche de la figure 6.2.3a) a réalisé 75 parcours, avec une conduite plutôt souple,
- le second (colonne de gauche) a réalisé 89 parcours, avec une conduite plus sportive, et notamment plus de sollicitations extrêmes.

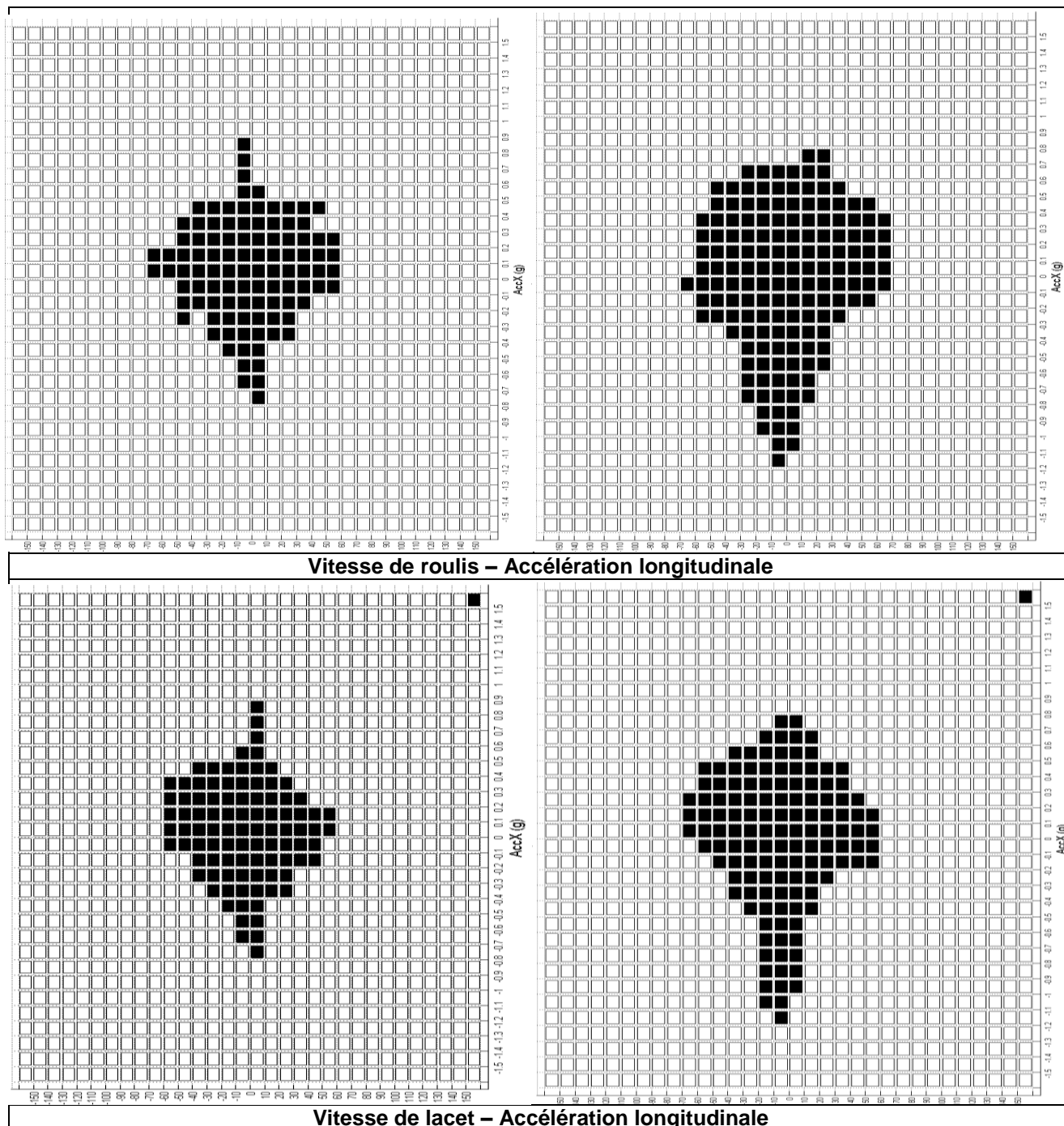
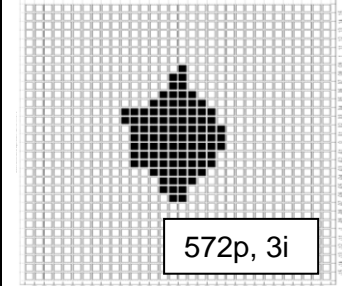
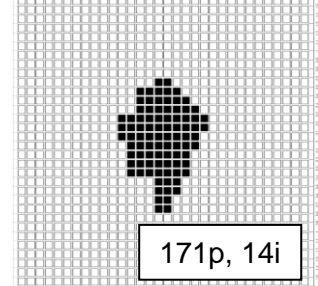
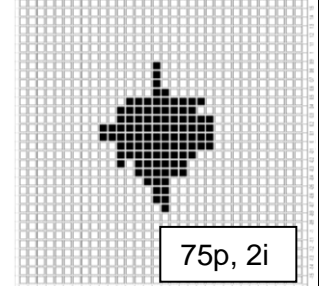
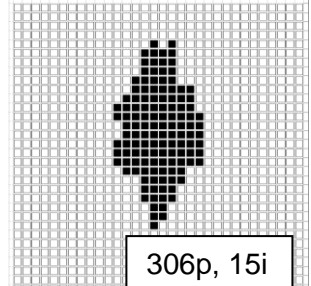
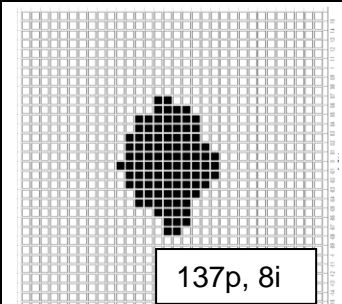
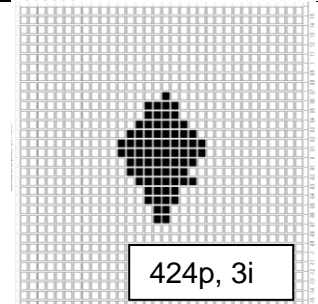
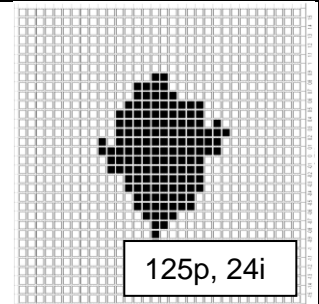
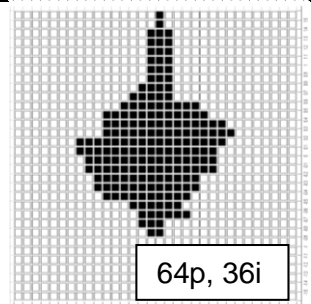
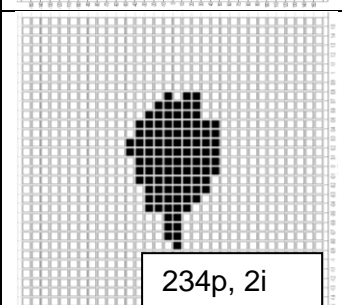
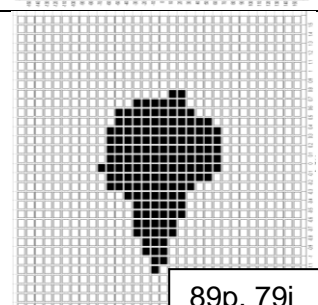
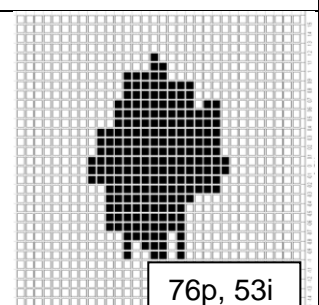
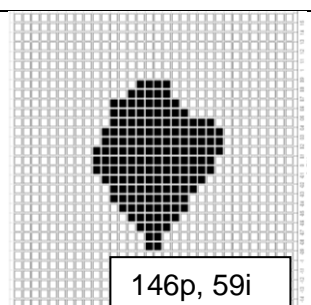
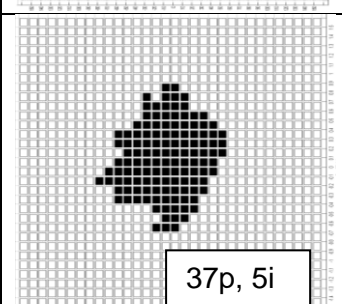
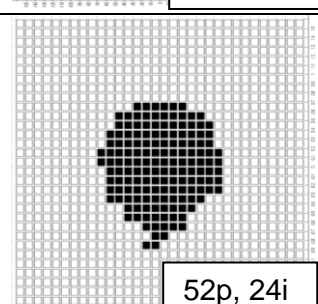
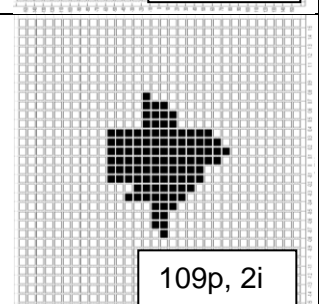
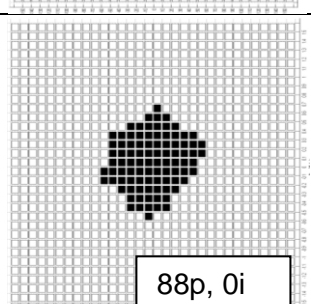
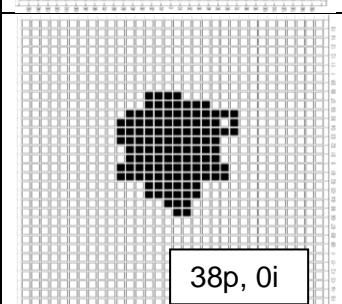
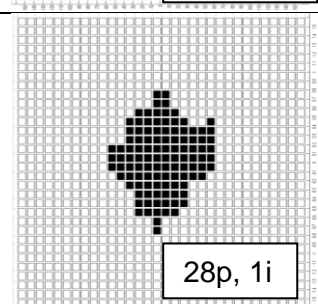
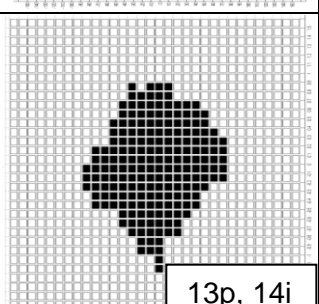
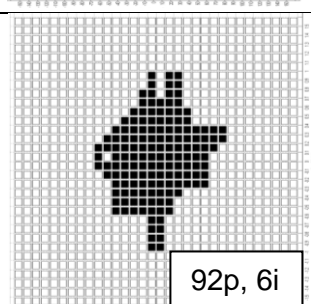
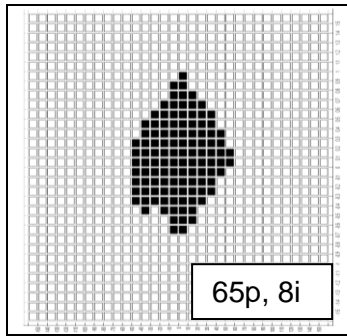


Fig. 6.2.3a : Comparaison des synthèses de parcours 2D de 2 conducteurs extrêmes (2 types comparées)

La figure 6.2.3b montre la diversité des styles de conduite au travers des taches de sollicitations croisées Vitesse de roulis – Accélération longitudinale des 22 conducteurs ayant réalisé au moins 13 parcours. Pour chaque motard est indiqué le nombre de parcours et le nombre d'incident

recueillis. Le plus actif a réalisé 572 parcours, sa tâche est pourtant l'une des plus petites, et il a généré très peu d'incidents. De même le second plus actif en nombre de parcours, avec 424 parcours, a une étendue des sollicitations maximales très petite et seulement 3 incidents. Globalement ceux qui ont générés le plus d'incidents sont aussi ceux qui ont pratiqué des niveaux de sollicitations plus élevés.

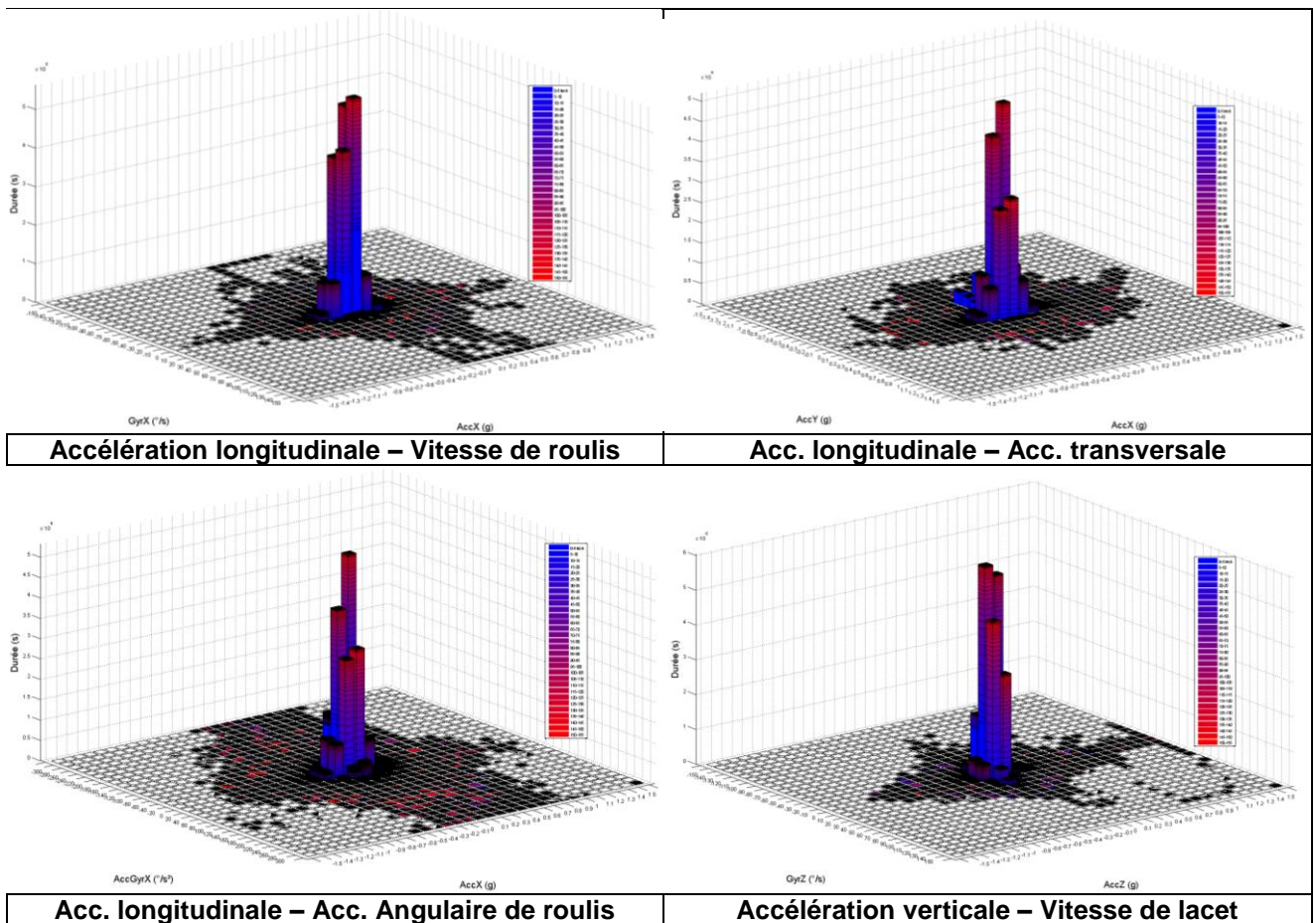
 572p, 3i	 171p, 14i	 75p, 2i	 306p, 15i
 137p, 8i	 424p, 3i	 125p, 24i	 64p, 36i
 234p, 2i	 89p, 79i	 76p, 53i	 146p, 59i
 37p, 5i	 52p, 24i	 109p, 2i	 88p, 0i
 38p, 0i	 28p, 1i	 13p, 14i	 92p, 6i

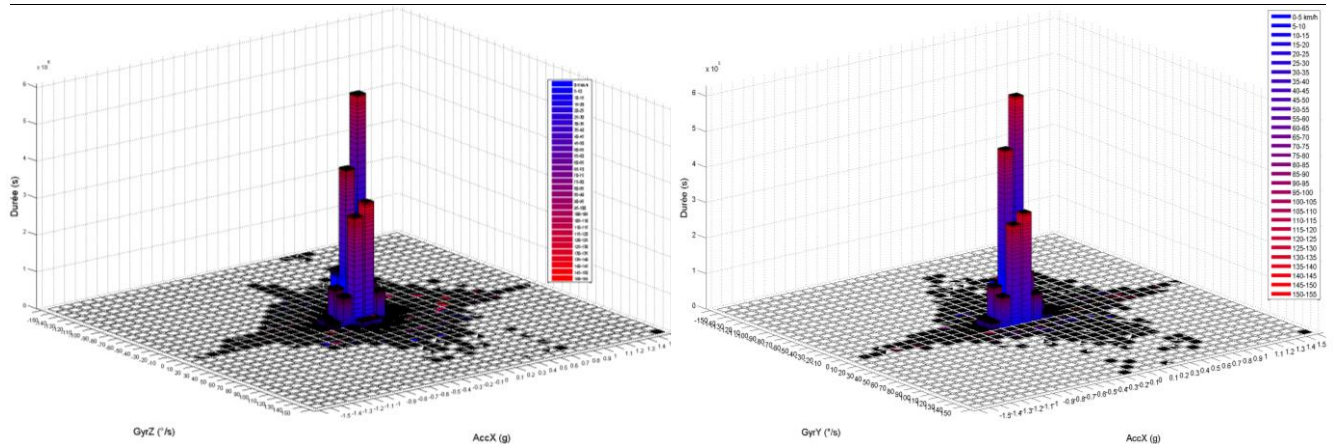


6.5 Graphes 3D et indices des sollicitations moyennes

6.5.3 Tous les parcours 2RM

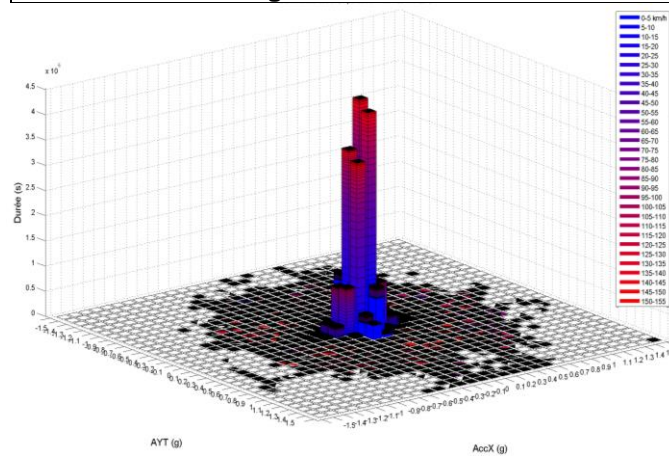
Les graphiques de synthèses de parcours en 3D de la figure 6.3.1 permettent d'apprécier, en plus de l'étendue des sollicitations mises en jeu, les durées relatives passées dans les niveaux de sollicitation (hauteur des barres) ainsi que les niveaux de vitesse pratiqués (couleur : du bleu (faible vitesse) au rouge (grande vitesse)).





Accélération longitudinale – Vitesse de lacet

Accélération longitudinale – Vitesse de tangage

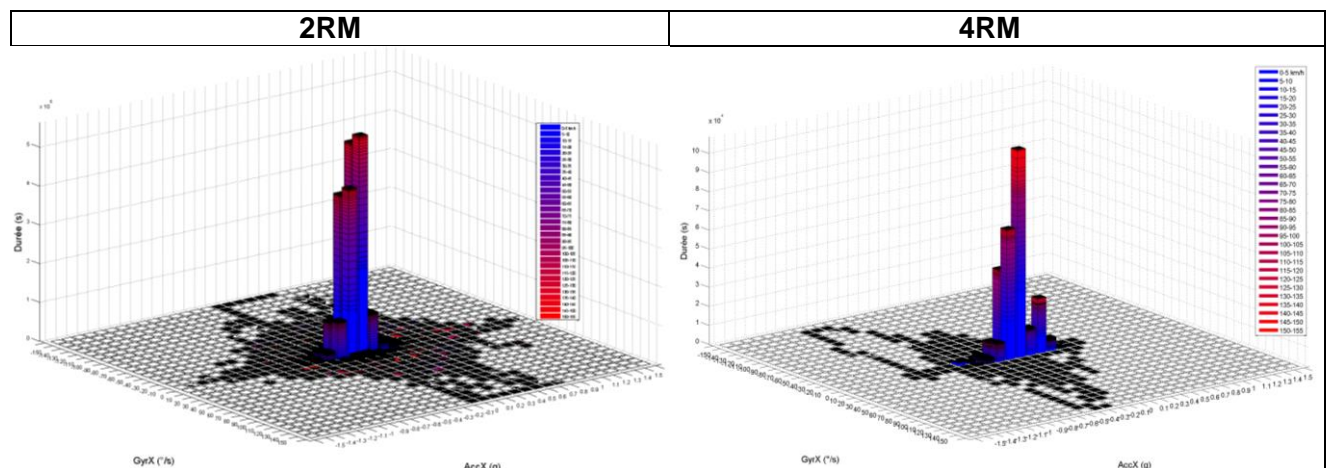


Acc. Long. – Acc. transv. rep. terrestre

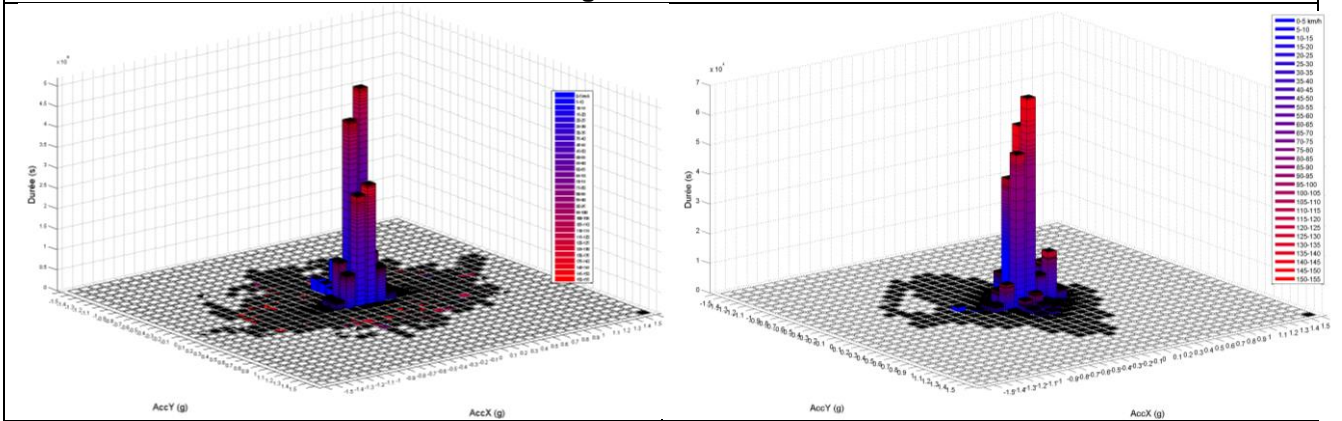
Fig. 6.3.1 : 7 Synthèses de parcours 3D des 2RM pour tous les parcours (3121)

6.5.4 Comparaison 4RM / 2RM

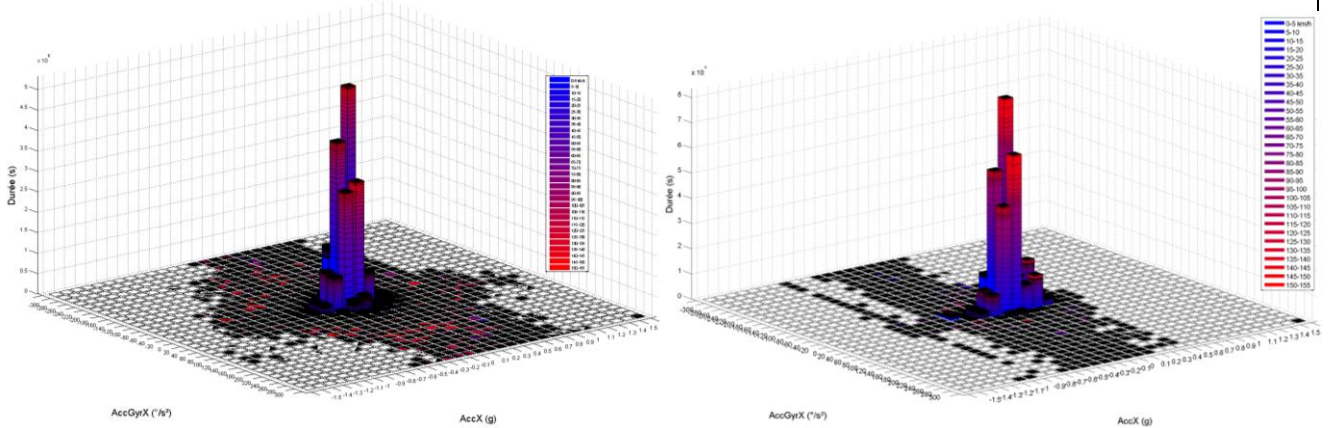
La comparaison des synthèses de parcours en 3D entre 2RM et 4RM (Figure 6.3.2a) amène les mêmes remarques concernant l'étendue des sollicitations qu'au paragraphe 6.2.2. En termes de niveaux de vitesse, les 4RM atteignent a priori plus souvent des vitesses plus élevées.



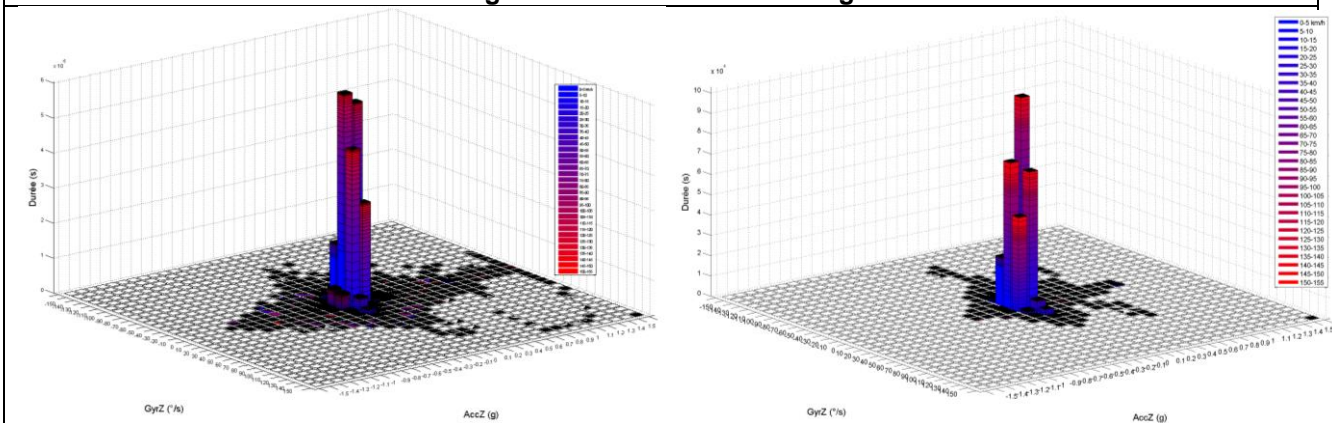
Accélération longitudinale – Vitesse de roulis



Accélération. longitudinale – Accélération. transversale



Accélération longitudinale – Accélération angulaire de roulis



Accélération verticale – Vitesse de lacet

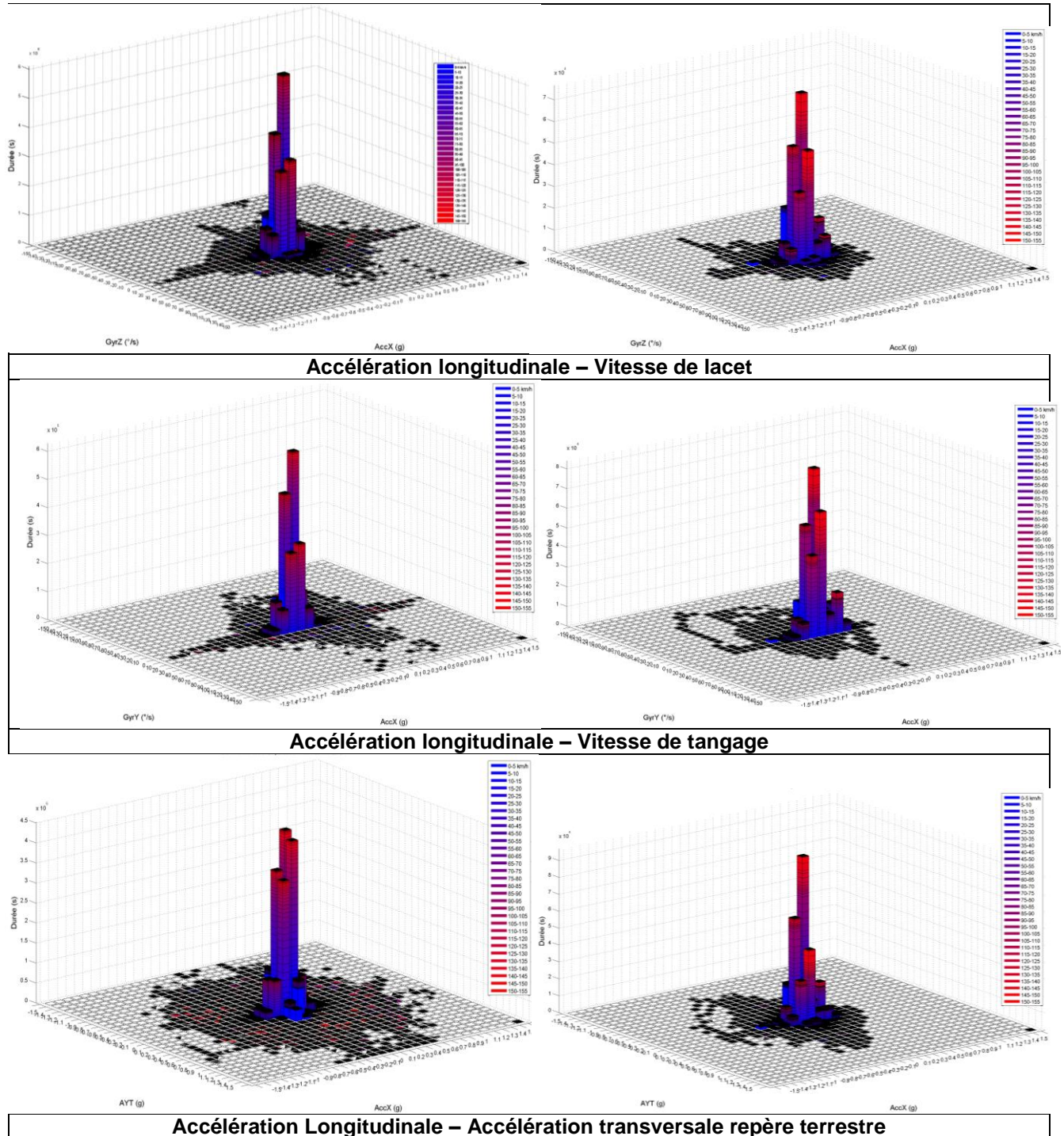


Fig. 6.3.2a : Comparaison des 7 Synthèses de parcours 3D entre 2RM et 4RM pour tous les parcours

Pour mieux comparer globalement les niveaux de sollicitation pour toutes les synthèses de parcours nous utilisons les indices des sollicitations moyennes. La figure 6.3.2b montre les écarts d'étendue pour les 8 types de sollicitations représentées dans les synthèses.

Les niveaux moyens de sollicitations sont légèrement supérieurs pour les 2RM que les 4RM en accélération, en freinage et en vitesse de lacet qui sont trois grandeurs physiques directement comparables entre les 4RM et les 2RM. Par contre ils sont au contraire inférieurs pour les autres paramètres qui ne représentent pas toujours la même grandeur physique chez les 2RM que les

4RM, à savoir: vitesse de roulis, accélérations transversales brute et dans le repère terrestre, accélération de roulis, accélération verticale et vitesse de tangage.

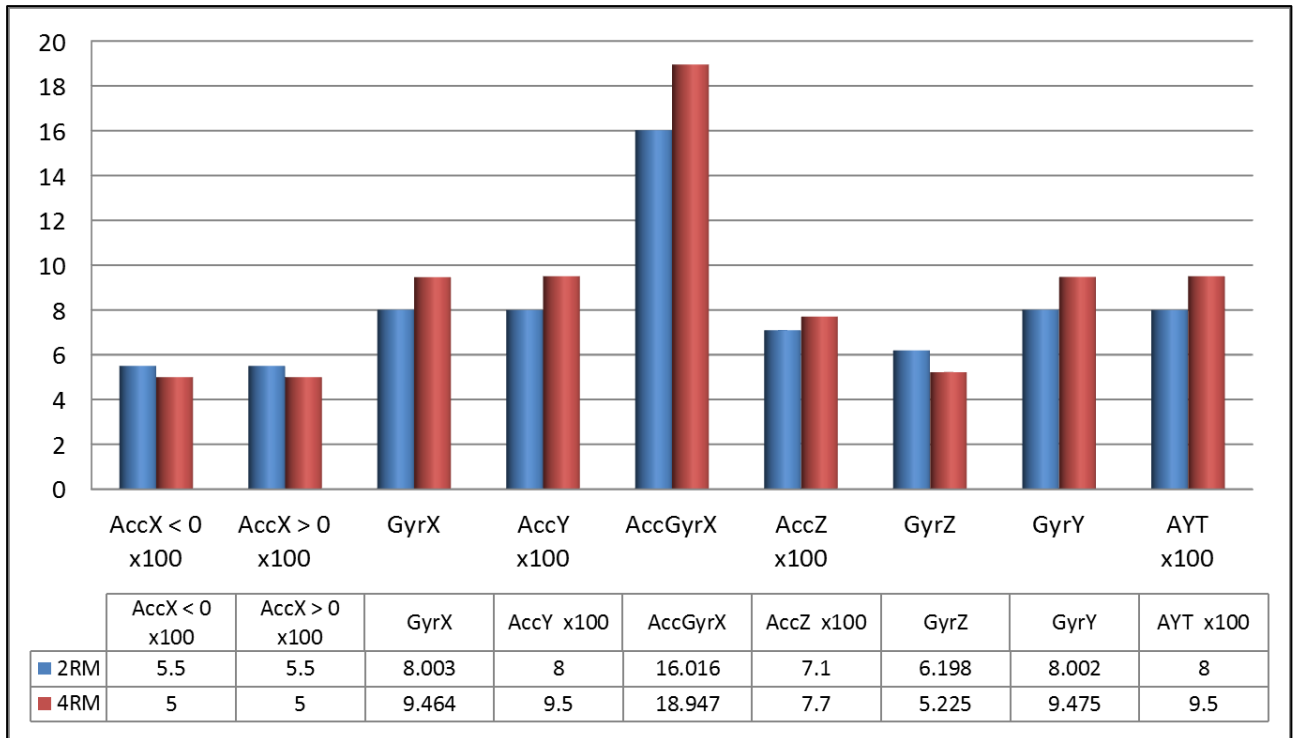
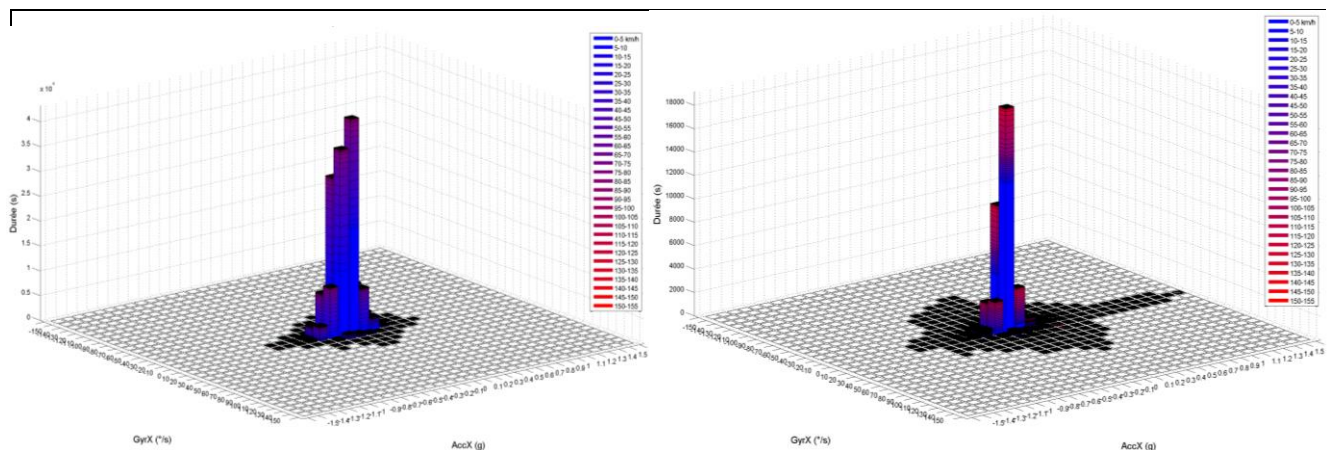


Fig. 6.3.2b : Comparaison des indices de la sollicitation moyenne pour les 7 types de synthèses de parcours entre les 2RM et les 4RM pour tous les parcours

5.3.1. Deux profils de conduite extrêmes

La figure 6.3.1 montre deux représentations en 3D des sollicitations de deux motocyclistes aux profils très différents. Les synthèses de gauche du premier motocycliste montrent de faibles sollicitations et de faibles vitesses pratiquées, tandis que celles de droite correspondent à une conduite plus sportive avec des sollicitations plus fortes jusqu'aux extrêmes et des vitesses plus élevées. Le premier a réalisé 424 parcours et eu 3 incidents, le second 64 parcours et 36 incidents. Par ailleurs globalement les indices des sollicitations moyennes sont proches (4.42 et 4.36) mais la moyennes des 7 indices de la tâche est nettement supérieure pour le second (57.9) que pour le premier (34.5).



Vitesse de roulis – Accélération longitudinale

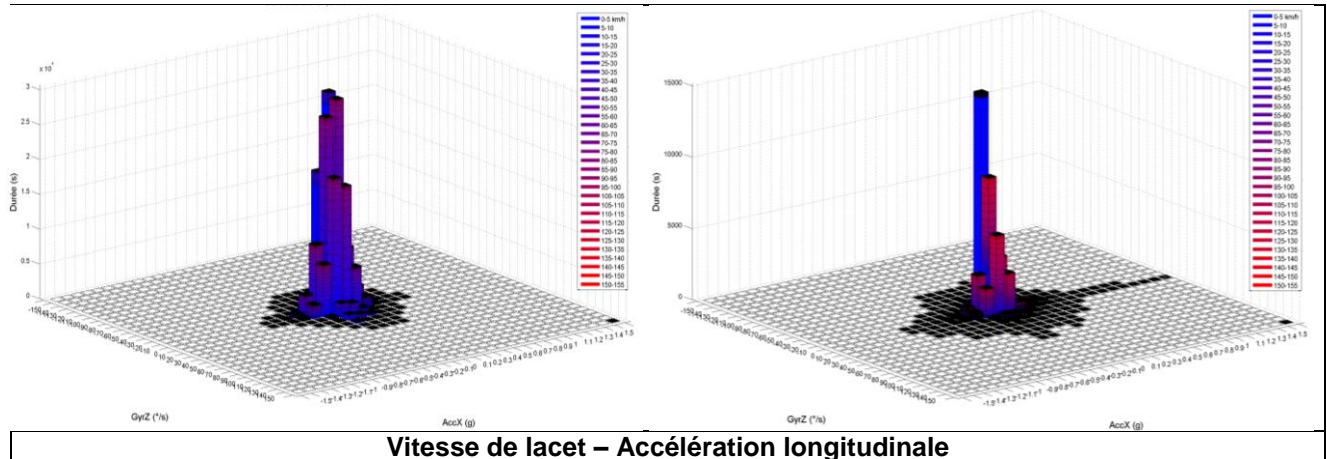


Fig. 6.3.1 : Comparaison des synthèses de parcours 3D de 2 conducteurs extrêmes (2 types comparés)

6.6 Croisement des indices

Si l'on croise la moyenne des indices de la tâche et la moyenne des indices des sollicitations moyennes pour chaque motocycliste, on obtient la répartition de la figure 6.4. Un motard, le n°20, se distingue par ses valeurs d'indices nettement plus grandes. Si on s'en tient à ces deux indicateurs, on pourrait considérer par exemple que les conducteurs de faibles indices, C1, C2, C3, C15, C16 et C21 ont une conduite plus souple que les autres, et au contraire que les conducteurs combinant des indices élevés, tels que C7, C10, C18 et encore plus C20, ont une conduite plus sportive. Les autres conducteurs ont une conduite intermédiaire, plutôt souple (C17, C6, C19, C9, C5 et C4) ou plutôt sportive (C8, C12, C13, C22, C14, C11).

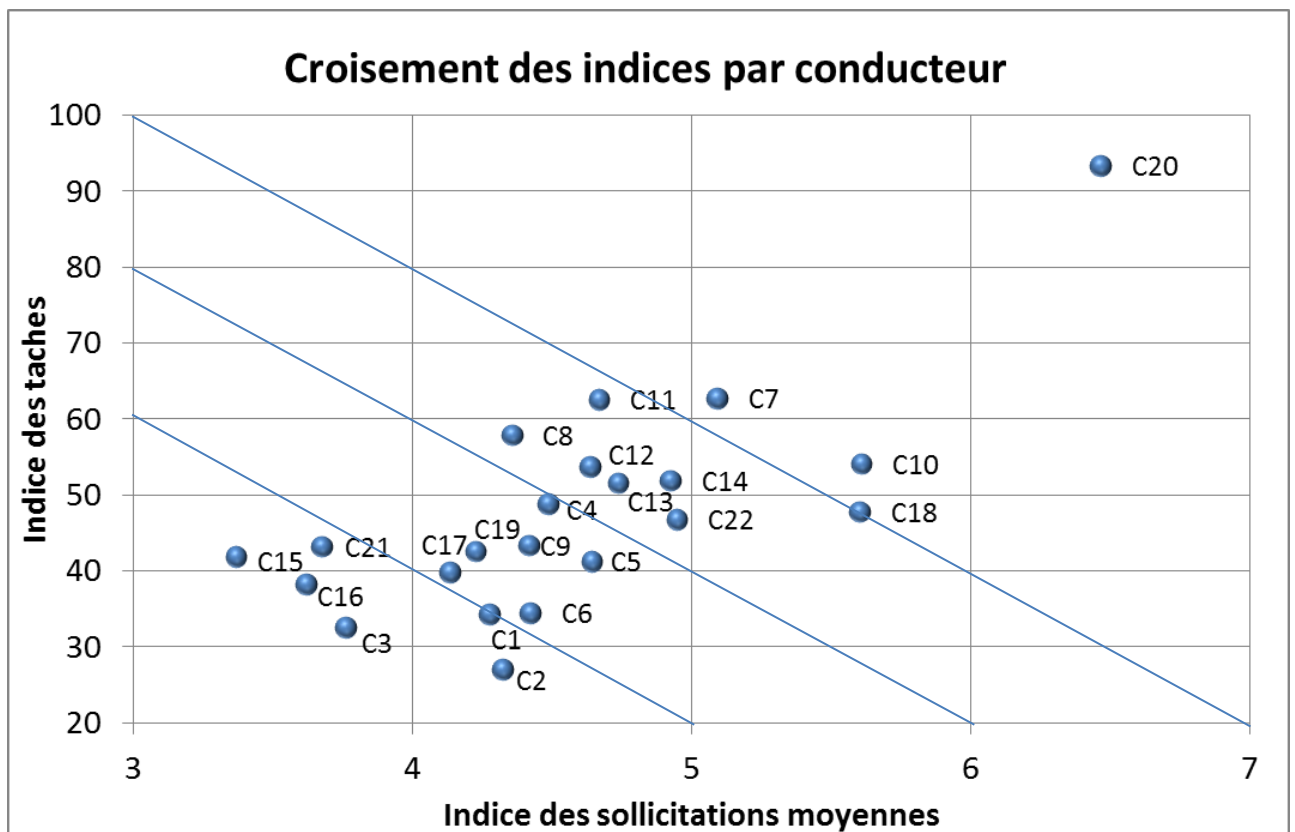


Fig. 6.4 : Répartition des conducteurs selon les moyennes des indices

6.7 Comparaison des trajets domicile-travail 4RM/2RM

5.3.2. Un trajet identique réalisé en 4RM et 2RM par le même conducteur

Il s'agit d'un trajet domicile-travail d'environ 45 km, effectué 6 fois de manière complète et en suivant le même itinéraire.

Sens Aller

Le même conducteur, dont la moto et la voiture étaient équipées, a réalisé ce trajet dans ce sens deux fois en voiture et une fois en moto (voir trajectoires Figure 6.5.1a). La comparaison de 3 types de synthèses de parcours entre 2RM et 4RM sur cet itinéraire est présentée à la figure 6.5.1b. La durée du trajet en 2RM est de 32 minutes, contre 37 minutes 30 en moyenne sur les trajets en 4RM. Il va donc a priori plus vite en moto qu'en voiture. On constate d'ailleurs d'avantage d'accélération et de freinages en 2RM.

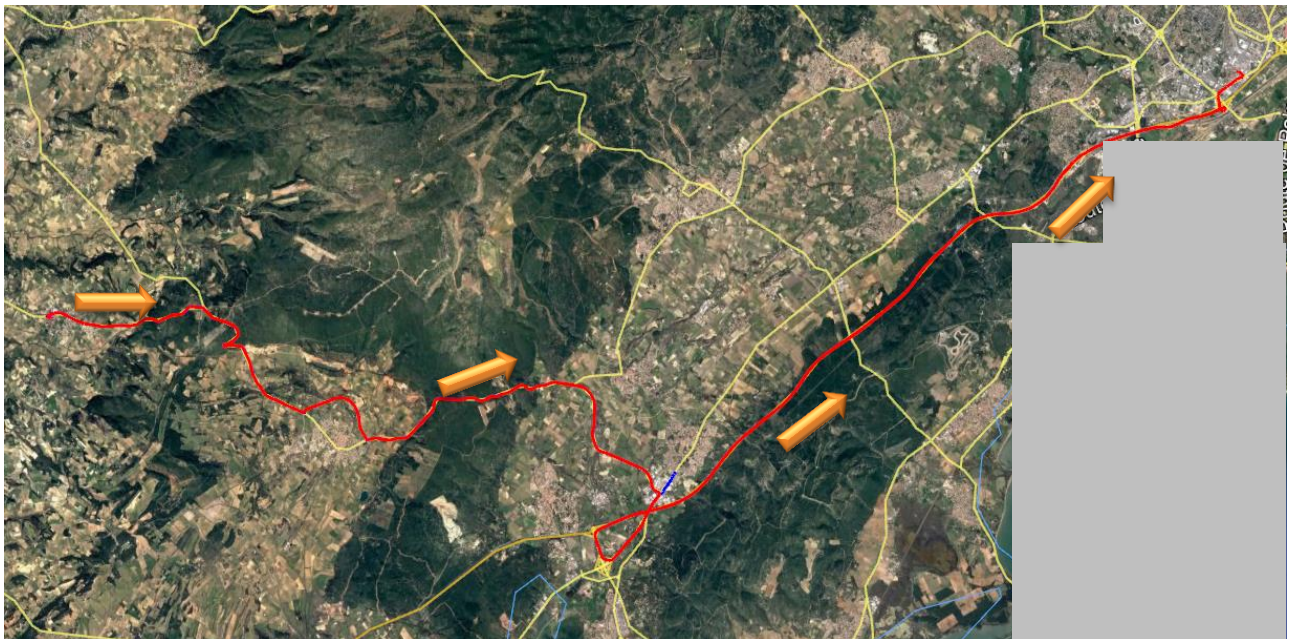


Fig. 6.5.1a : Vue satellite des 3 trajets en sens Aller

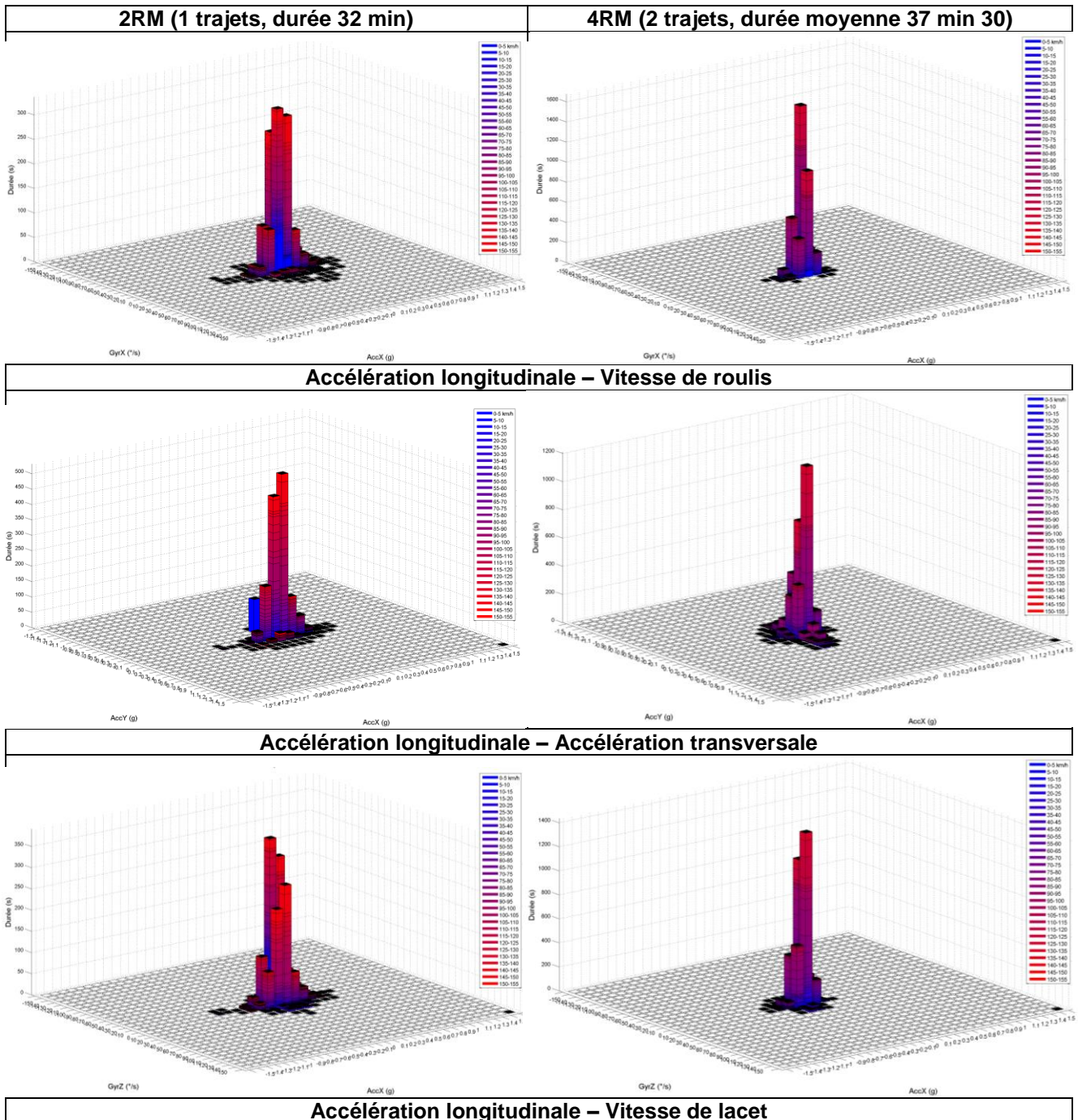


Fig. 6.5.1b : Comparaison des synthèses de parcours 2RM/4RM sens Aller

Sens Retour

En sens retour, nous disposons concernant ce conducteur d'un trajet en 4RM et de 2 trajets en 2RM (voir Figure 6.5.1c).

L'écart de durée est encore plus important lors du retour, puis qu'il a mis 41 minutes en 4RM et 31minutes en moyenne en 2RM soit 10 minutes de moins en 2RM qu'en 4RM. La comparaison amène par ailleurs les mêmes remarques que pour les trajets aller.

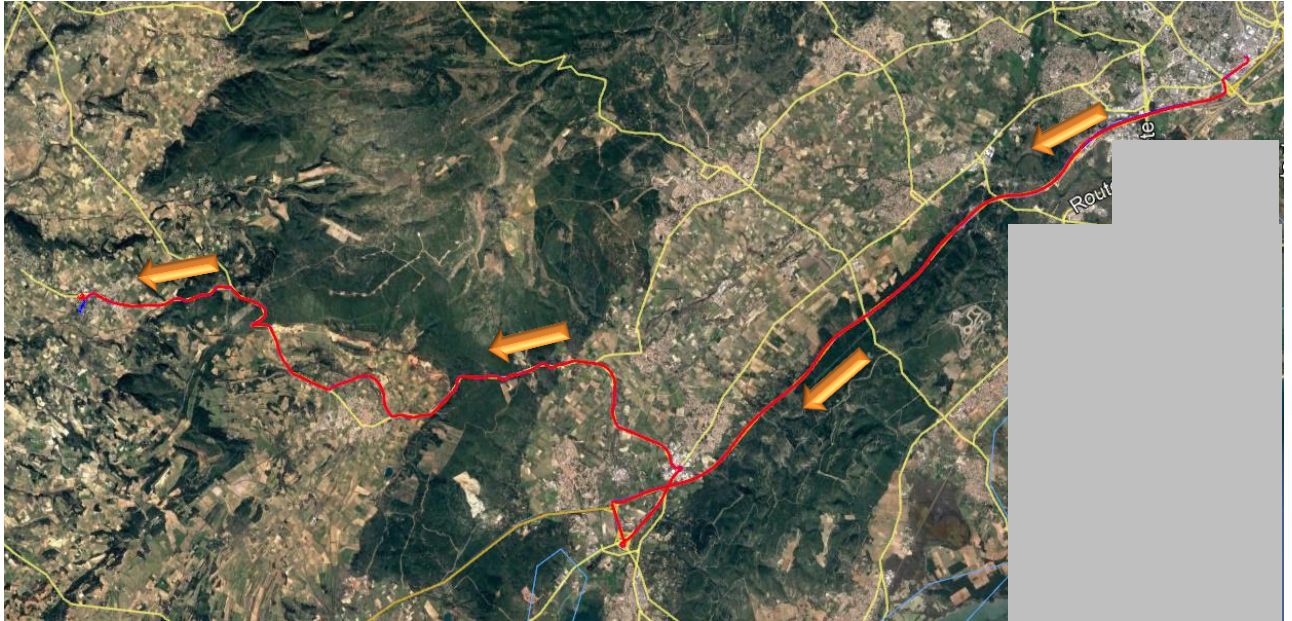
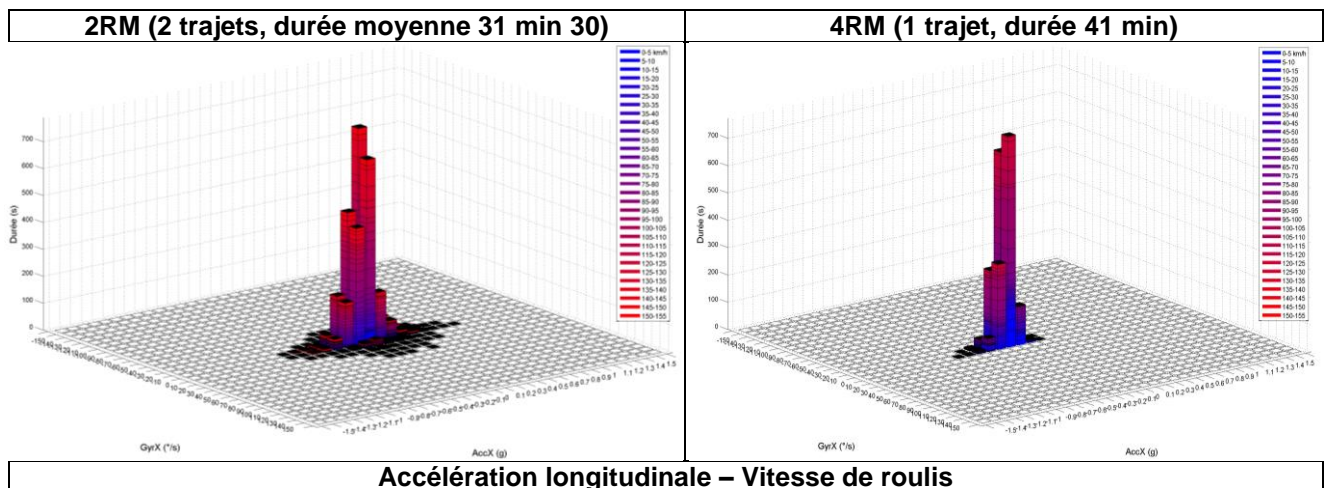
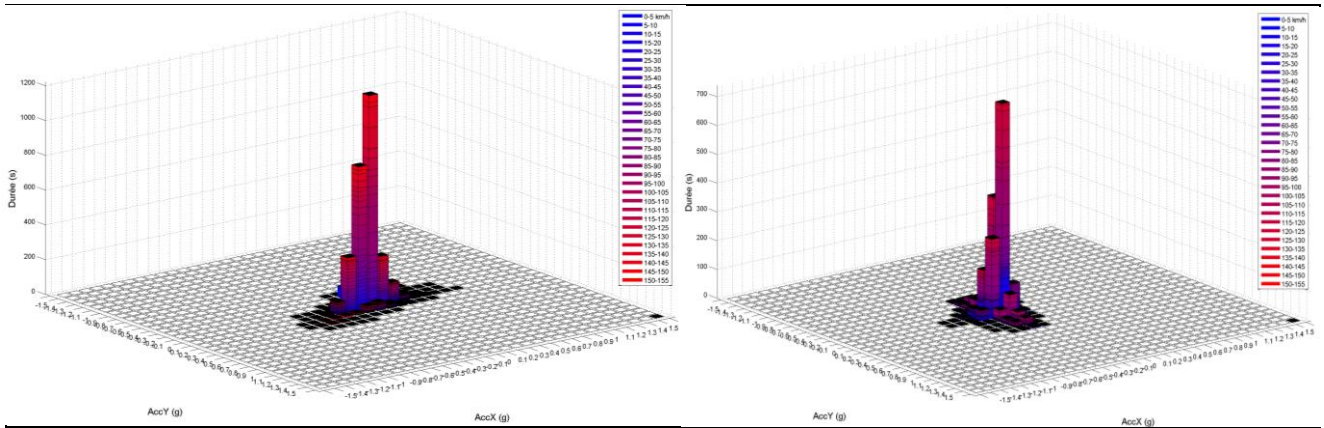
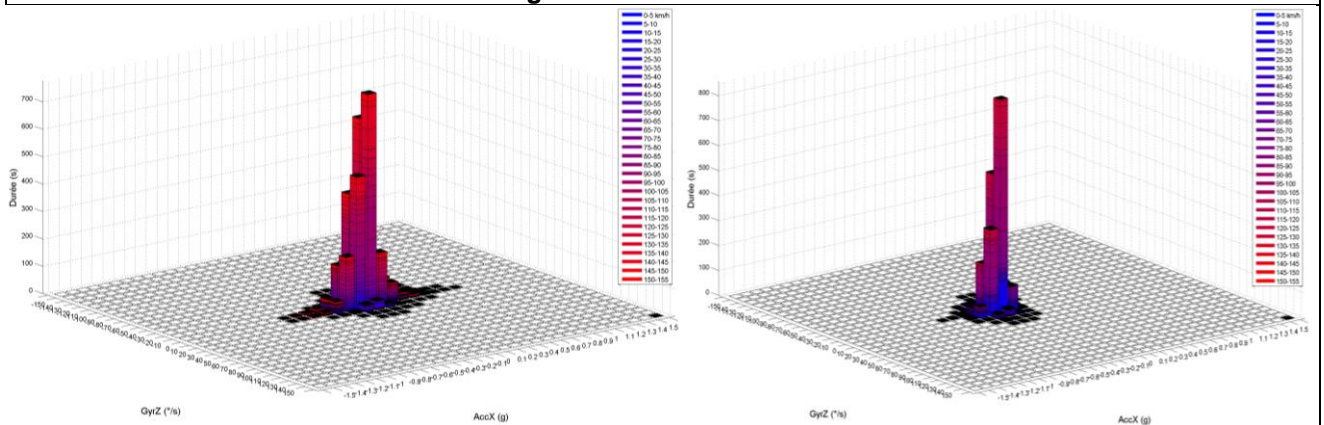


Fig. 6.5.1c : Vue satellite des 3 trajets en sens Retour





Accélération longitudinale – Accélération transversale



Accélération longitudinale – Vitesse de lacet

Fig. 6.5.1d : Comparaison des synthèses de parcours 2RM/4RM sens Retour

7 Références

FOURNIER, Jean-Yves, NAUDE, Claire, SERRE, Thierry, LEDOUX, Vincent, 2016, Livrable SVRAI phase 1+ n°6S6_C : Pyramide des incidents [3ème partie] Analyse des sollicitations dynamiques sur des zones GPS accidentogènes, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux - IFSTTAR, 33p.

CLABAUX, Nicolas, FOURNIER, Jean-Yves, MICHEL, Jean-Emmanuel, 2016. Powered two-wheeler riders' risk of crashes associated with filtering on urban roads, Traffic Injury Prevention, DOI: 10.1080/15389588.2016.1225298