



**HAL**  
open science

## Gilets airbags pour motocyclistes : analyse d'accidents et crash-tests

Thierry Serre, Catherine Masson, Maxime Llari, Bastien Canu, Max Py,  
Christophe Perrin

### ► To cite this version:

Thierry Serre, Catherine Masson, Maxime Llari, Bastien Canu, Max Py, et al.. Gilets airbags pour motocyclistes : analyse d'accidents et crash-tests. Colloque COSMOS - Connaissances Scientifiques sur les Motocycles, Nov 2019, Marne-la-Vallée, France. 8p. hal-02960089

**HAL Id: hal-02960089**

**<https://hal.science/hal-02960089>**

Submitted on 7 Oct 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Gilets airbags pour motocyclistes : analyse d'accidents et crash-tests

Thierry SERRE\*, Catherine MASSON\*\*, Maxime LLARI\*\*, Bastien CANU\*, Max PY\*\*, Christophe PERRIN\*

\* IFSTTAR/TS2/LMA, \*\* LBA-UMRT IFSTTAR/AMU

### Introduction

Si le nombre d'accidents impliquant des voitures a substantiellement réduit ces dernières années, les accidents impliquant des deux-roues motorisés (2RM) restent préoccupants et représentent un enjeu important de sécurité routière plus particulièrement en France [1]. En effet, le 2RM est le mode de déplacement le plus dangereux [2] et le risque d'être tué en motorcycle est largement supérieur à celui de la voiture [3]. De nombreux projets se sont donc attachés à mieux comprendre cette accidentalité et certains d'entre eux se sont focalisés sur l'amélioration de la protection du motocycliste [4]. L'objectif est alors d'étudier le comportement du corps du motocycliste lors de l'impact par des approches accidentologique et biomécanique. Les résultats montrent que le scénario d'impact le plus souvent rencontré est un choc du motocycliste en configuration frontale contre un autre véhicule motorisé ou un obstacle. Une norme ISO 13232 décrit ces configurations en relation avec les données accidentologiques [5]. Les lésions les plus graves observées sont alors situées sur la tête et le thorax [6-8].

Afin de réduire ces lésions lors de l'impact, il est primordial d'améliorer la sécurité passive du motocycliste et plus particulièrement l'efficacité des équipements de protection individuels (EPI) tels que les blousons, pantalons, bottes, etc. L'usage de ces derniers permet en effet de prévenir jusqu'à 60% des lésions au thorax et presque 40% des lésions aux membres inférieurs [9-10]. Il apparaît également que les vêtements classiques de protection permettent d'éviter les lésions mineures ayant un niveau d'AIS<sup>1</sup> 1 ou 2 mais restent limités pour éviter les lésions plus graves (AIS 3+) [9-12]. Ainsi, il est convenu que les EPI assurent une protection par exemple contre les brûlures mais sont moins efficaces pour éviter les fractures.

Parmi les EPI, de nouveaux systèmes de protection apparaissent de nos jours comme les colliers cervicaux [13] ou des systèmes basés sur le gonflage d'airbags [14-16]. Il existe ainsi aujourd'hui sur le marché différents modèles de gilets airbags qui permettent d'améliorer la protection des usagers de 2RM lors d'un choc. Ils sont conçus sur trois principes de déclenchement :

- le système filaire : il s'agit d'un câble fixé sur le gilet et relié au 2RM qui se détache lors de l'éjection du conducteur et déclenche le gonflage du gilet.
- le système radio : un calculateur et des capteurs positionnés sur le 2RM détectent la chute ou le choc et déclenchent le gonflage de l'airbag.
- le système « autonome » où le calculateur et les capteurs sont intégrés dans le gilet ce qui permet un déclenchement intrinsèque du gonflage.

Certains gilets combinent même plusieurs de ces technologies afin d'être plus efficaces dans la détection et le déclenchement. Excepté le système de déclenchement, ces produits diffèrent également par la pression de gonflage, le volume du coussin (entre 10 et 20 litres), les temps de déclenchement et de gonflage (entre 20 et 200ms), la composition du gaz, la localisation de la cartouche de gaz dans le vêtement, etc. Quelques études précédentes ont testé l'efficacité du blouson airbag sur des prototypes de gilet airbag [15]. Les résultats sont prometteurs et montrent qu'un gilet airbag pourrait réduire significativement le niveau de blessure comme par exemple la déflexion thoracique.

Toutefois, la récente apparition de ces systèmes sur le marché rend difficile l'évaluation de leur efficacité dans la réalité routière. L'objectif général de cette étude est donc d'évaluer la protection

---

<sup>1</sup> Abbreviated Injury scale : 1=Minor, 2=Moderate, 3=Serious, 4=Severe, 5=Critical, 6=Maximal

apportée au motocycliste par le port de tels gilets en essayant notamment d'identifier jusqu'à quelle vitesse d'impact ces gilets sont capables de protéger l'individu.

## 1 Méthodologie

L'approche adoptée combine une analyse de terrain couplée à des reconstructions numériques et des expérimentations biomécaniques en laboratoire.

### 1.1 Le recueil de terrain

L'objectif de cette tâche était de recueillir des accidents impliquant un usager de 2RM équipé d'un gilet airbag. Pour cela, il s'agissait par exemple d'établir un partenariat avec des cohortes de motocyclistes équipés de gilets airbag. Plusieurs organismes ont donc été contactés afin de nous mettre en relation avec des flottes d'usagers de deux roues motorisés ou de nous fournir des cas d'accident de motocyclistes équipés d'airbags.

Parmi les partenaires que nous avons contactés, nous citerons l'Assurance Mutuelle Des Motards (AMDM), les fabricants de gilets airbags (Helite, Bering/API, Dainese, Motoairbag, Alpinestars, etc.), les forces de l'ordre, le Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique PSA-RENAULT.

Nous avons également réalisé un suivi des témoignages déposés sur internet notamment sur les sites du ministère, des équipementiers commercialisant des gilets airbag, des médias, des forums de discussion, etc. La plupart des accidents auxquels nous avons eu accès ont été signalés par cet intermédiaire, sur la seule volonté des utilisateurs victimes d'un accident.

Nous avons donc effectué une veille "accidentologique" auprès de ces partenaires afin d'être prévenus si un accident impliquant un usager équipé d'un gilet airbag survenait. Concernant les témoignages, de nombreuses déclarations ont été recueillies sur internet et après une prise de contact avec les personnes impliquées nous avons pu parfois accéder aux données caractéristiques de leur accident.

Au total, une trentaine d'accidents ont pu être identifiés. Parmi ces cas, un cas nous a été fourni par le LAB (Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique PSA-RENAULT) et un cas provient des procès-verbaux (PV) d'accidents corporels (sur environ 15000 PV extraits de la base PV France au 1/50<sup>ème</sup> entre 2006 et 2016).

Les cas les mieux renseignés ont fait l'objet d'une reconstruction cinématique et d'une simulation numérique à l'aide d'un modèle multicorps [17] afin de déterminer la vitesse d'impact et le déclenchement de l'airbag.

### 1.2 Tests en laboratoire

L'étude biomécanique s'est attachée à réaliser quatre essais expérimentaux de chocs (crash-tests) avec des gilets airbags de marques différentes. Ces essais consistent à reproduire un impact frontal pour le motocycliste contre une voiture placée perpendiculairement à la trajectoire du 2RM. La vitesse de la moto est d'environ 40 km/h et l'impact sur le véhicule se situe sur son côté latéral au niveau du pied milieu (voir figure 1). Le temps de détection, le temps de gonflage et la durée de gonflage de chaque type de gilet sont évalués ainsi que les pressions à droite et à gauche du gilet à l'aide de capteurs de pression installés sur le gilet airbag. Les essais sont réalisés avec des corps donnés à la science qui sont préalablement équipés de capteurs accélérométriques au niveau de la tête, du sternum, du rachis et du pelvis (figure 1).

Parmi les quatre gilets airbags choisis pour être évalués, deux sont de type « filaire » (que nous nommerons « Filaire 1 » et « Filaire 2 ») et deux de type « radio » (que nous nommerons « Radio 1 » et « Radio 2 »). Le choix s'est porté sur les gilets qui sont les plus vendus sur le marché et ceux qui sont les plus aboutis dans leur conception en 2016.



Figure 1: Configuration de l'impact d'un essai crash-test et positions des capteurs accélérométriques sur le sujet

## 2 Exploitation des données et résultats

### 2.1 Analyse de terrain

Au total, 27 accidents impliquant un 2RM ont été recueillis. Tous les accidents étaient avec un conducteur seul sur le 2 RM.

Les types de motocycles impliqués étaient 18 motocyclettes de plus de 125cc, 3 scooter >125cc dont un 3 roues, 6 2RM indéterminés.

La typologie des accidents était la suivante :

- 13 choc fronto/latéraux contre un autre véhicule à moteur. Les véhicules antagonistes étaient 12 VL et 1 PL. Sur les 13 motocycles impliqués, onze étaient des 2RM « percutant » (choc frontaux) et deux 2RM « percuté » (choc latéraux).
- 11 pertes de contrôle avec le 2RM seul en cause dont 7 pertes de contrôle en courbe.
- 2 choc fronto/ arrière où le 2RM est percuté.
- 1 choc indéterminé.

Les vitesses au choc sont comprises entre 10 et 90 km/h au moment du choc ou de la chute.

D'un point de vue équipements, le port du casque était systématique pour tous les motards qui sont globalement bien équipés : gants, blouson, chaussures/bottes de motocyclette. Concernant les gilets airbags, 26 étaient équipés d'un gilet/blouson « filaires » et 1 d'un gilet « radio ». Tous les gilets/blousons airbag se sont déclenchés (au moins à un instant donné...) sauf un gilet qui ne s'est pas déclenché à cause d'un percuteur grippé d'après le témoignage de l'impliqué.

Parmi les 27 conducteurs il y a 20 blessés et 7 indemnes (+/- médicalement vérifiés). On dénombre 14 blessés qui présentent au moins une blessure aux membres inférieurs, 12 blessés qui présentent au moins une blessure aux membres supérieurs, 6 blessés qui présentent au moins une blessure au tronc (thorax, abdomen, colonne vertébrale).

D'un point de vue gravité des lésions, nous avons codé les blessures à l'aide du codage AIS (Abbreviated Injury Scale). Seules les lésions du tronc ont été retenues étant donné que c'est le segment corporel protégé par les gilets airbags. On dénombre :

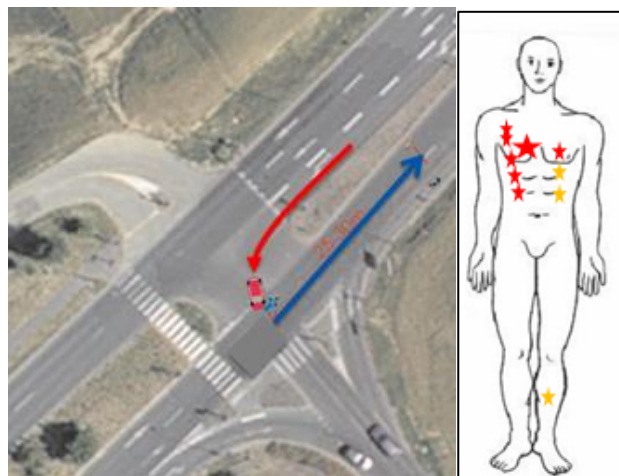
- 3 blessés qui présentent une blessure d'AIS 3+ (AIS supérieur ou égal à 3) au tronc dont deux ont en plus une autre blessure AIS1-2 (AIS égal à 1 ou 2) également au tronc,
- 3 blessés qui présentent une blessure d'AIS 1-2 au tronc,
- 1 blessé léger au rachis cervical AIS 1.

Concernant les témoignages sur l'effet protecteur du gilet airbag, de nombreuses déclarations ont été recueillies sur internet. Il en ressort globalement un sentiment de satisfaction de la part des usagers. En effet, beaucoup d'entre eux déclarent être sorti indemnes ou blessés légèrement grâce au gilet airbag. Ainsi 21 conducteurs déclarent explicitement leur conviction /sentiment sur le fait qu'ils ont été mieux protégés par l'airbag lors de l'accident. Les conducteurs pensent également que leurs blessures auraient été plus sévères sans l'utilisation de celui-ci. Ils sont quelque fois (4 témoignages) confortés dans ce sentiment par les médecins des urgences ou les pompiers. Ces derniers n'ont toutefois pas de données objectives pour étayer leurs déclarations (bien que compétents dans leurs domaines ils n'ont pas de données chiffrées sur les vitesses et les énergies mises en jeu lors des divers accidents).

En conclusion à ce recueil, il est à noter que dans la plupart des cas, la configuration du choc n'est pas un impact direct du tronc avec un obstacle (autre que le sol) mais plutôt une chute ou une éjection induisant une glissade. Globalement, les lésions subies restent faibles. Il semble donc que le gilet airbag soit efficace pour des configurations de chute au sol et de glissade.

Toutefois, deux cas ont plus particulièrement retenus notre attention et ont été reconstruits numériquement. Nous décrivons ci-après les éléments principaux à retenir :

- Cas n°1 : Cet accident concerne une moto percutée à l'arrière gauche par un VL en tourne à gauche (voir figure 2). La moto ayant été déstabilisée, son conducteur a été éjecté, a chuté au sol et a glissé sur 25-30m sans percuter d'obstacle (trottoir, îlot, autre véhicule ...) autre que le sol. Les lésions observées sont les suivantes : 5 côtes cassées côté gauche, 1 côte cassée et 2 côtes fêlées côté droit, décollement de la plèvre, hématome jambe gauche.



*Figure 2 : Cas d'accident n°1, configuration de l'accident et lésions observées*

La reconstruction cinématique et multicorps de cet accident a permis d'estimer une vitesse d'impact de la victime sur le sol d'environ 63 km/h, avec une composante principale tangentielle de 60 km/h et une composante verticale d'impact de 16 km/h. Le gonflage de l'airbag se serait déclenché 300 ms avant l'impact et l'airbag avait donc atteint sa pression optimale pour amortir l'impact. L'airbag a joué un rôle sur la diminution des lésions mais nous ne pouvons quantifier son bénéfice. La victime a tout de même subi des lésions graves avec le décollement de la plèvre et 6 côtes cassées. La reconstruction de cet accident semble donc montrer les limites du gilet airbag lors d'une chute avec glissade mais sans impact direct avec un obstacle autre que le sol.

- Cas n°2 : Cet accident concerne une conductrice qui perd le contrôle dans une courbe à gauche. La conductrice "solidaire" de sa moto va chuter au sol, glisser puis percuter une glissière de sécurité métallique équipée d'un écran de protection pour motocycliste. La moto était suivie par une autre

qui était équipée d'une caméra. La scène de l'accident a donc été entièrement filmée et nous avons pu accéder au film (voir figure 3). Les lésions observées sur la victime sont :

- fracture du foie avec saignement actif sur le temps artériel (AIS 3)
- fracture du sternum (AIS 2)



Figure 3 : Cas d'accident n°2, photos de l'accident, déformations de la glissière

La reconstitution cinématique de l'accident à partir des informations recueillies a permis de fournir les éléments suivants :

- Vitesse d'approche située entre 90km/h et 100km/h
- Décélération en freinage situé entre  $-2.8\text{m/s}^2$  et  $-3.5\text{m/s}^2$
- Vitesse à la chute entre 50km/h et 55km/h
- Décélération de glissade entre  $-1.5\text{m/s}^2$  et  $-4\text{m/s}^2$
- Vitesse au choc située globalement entre 35 km/h et 45km/h

Nous avons pu en particulier définir que l'airbag se serait déclenché environ 0,4 secondes après la chute au sol et que l'impact de la moto contre la glissière aurait eu lieu à environ 1,2 secondes. Par ailleurs, nous avons déterminé que les lésions au foie (fracture) ont été provoquées par l'impact de la valise gauche de la moto sur la partie latérale droite, au-dessus de la ceinture et au niveau du foie de la conductrice.

Ces lésions graves au niveau du tronc (AIS 3+) montrent les limites du gilet en question pour un impact direct autour de 35 km/h contre la moto. En effet, dans ce cas d'accident, la présence du gilet n'a pas pu empêcher des lésions graves au niveau du tronc (AIS 3+). Par contre, on peut penser que le gilet ait atténué ces lésions ou en a évité d'autres.

## 2.2 Résultats des crash-tests

La figure 4 fournit respectivement l'évolution des pressions des 4 gilets airbags (« Filaire 1 », « Filaire 2 », « Radio 1 » et « Radio 2 ») au cours des essais. Le temps  $t=0\text{ms}$  correspond à l'impact de la roue de la moto avec l'obstacle.

Concernant les essais avec gilets filaires, ces courbes fournissent un temps de déclenchement d'environ 150ms pour le gilet « Filaire 2 » et de 110 ms pour le gilet « Filaire 1 ». Elles montrent également un temps de gonflage (stabilisation de la pression) d'approximativement 250ms pour le gilet « Filaire 2 » et de 100ms pour le « Filaire 1 ». On peut observer également que les niveaux de pressions entre ces deux gilets du même type (filaire) ne sont pas les mêmes. Concernant les niveaux d'accélération subis par le corps, on notera que dans les deux tests "filaire", la tête subit un impact d'environ 120g et que le sternum atteint des accélérations d'environ 20 g.

Concernant les deux gilets « Radio », on observe notamment que les deux gilets se déclenchent suffisamment tôt et se gonflent suffisamment rapidement pour être opérationnels lors de l'impact du sujet contre l'obstacle. En comparaison avec les gilets filaires, ces technologies « radios » détectent le choc plus tôt qu'une technologie basée sur l'arrachement d'un câble puisque les courbes confirment un temps de déclenchement d'environ 20ms pour les deux gilets. Elles montrent également un temps de gonflage (stabilisation de la pression) d'approximativement 80ms pour le

gilet « Radio 2 » et de 100ms pour le gilet « Radio 1 ». On peut observer également que les niveaux de pressions entre ces deux gilets du même type ne sont pas les mêmes puisque le gilet « Radio 2 » se gonfle jusqu'à environ 1,5 Bar tandis que le gilet « Radio 1 » atteint environ 0,3Bar. Ces différences de pressions dans les gilets testés peuvent s'interpréter par des niveaux de protection différents suivant les produits. En effet, pour certains gilets cela peut se traduire par une tendance à plutôt absorber de l'énergie alors que d'autres produits auraient tendance à répartir l'effort appliqué.

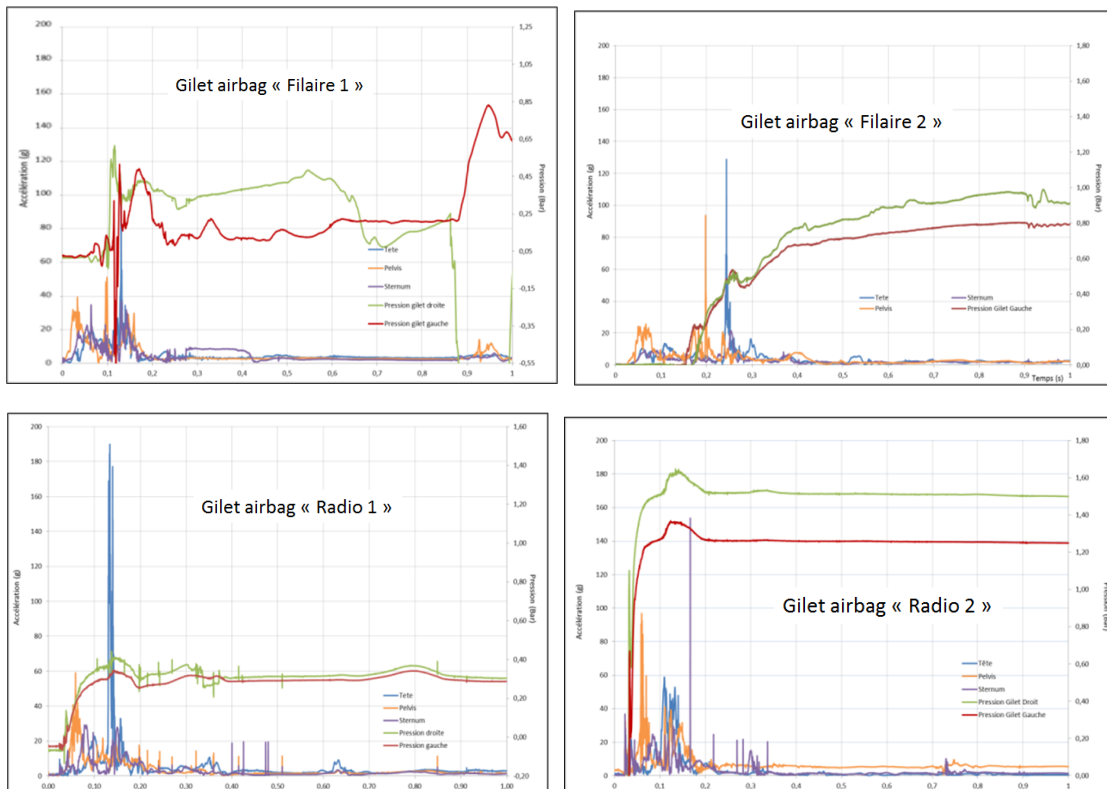


Figure 4 : Courbes des pressions des gilets airbags au cours du crash-test et accélérations subies par les sujets

### 3 Conclusion

Cette recherche a permis une évaluation réelle de l'efficacité protectrice de plusieurs gilets airbags commercialisés de nos jours. Il en ressort que le gilet airbag est globalement bien perçu par les usagers et que la plupart de ceux qui ont eu un accident relèvent son effet protecteur. Toutefois, des cas ont été recueillis où les configurations de choc montrent que les gilets ont un effet protecteur limité aussi bien en cas de choc contre un obstacle qu'en cas de chute puis glissade.

Ainsi, si les gilets airbags montrent un effet protecteur indéniable et prometteur, il est important aussi de souligner ses limites afin de ne pas induire une homéostasie du risque c'est-à-dire une prise de risque accrue et inconsidérée du fait du port du gilet.

Des essais crash-test ont montré une différence notable entre les gilets filaires et les déclenchements radios notamment en termes de temps de déclenchement. Les temps de montée en pression et les valeurs de pressions varient beaucoup en fonction des technologies des cartouches pyrotechniques et des poches airbag. Il apparaît donc important de bien évaluer ces valeurs dans le but de déterminer les produits les plus efficaces.

Des progrès technologiques doivent encore être effectués pour améliorer ces systèmes que ce soit sur les modes de déclenchement (glissade, impact...), les temps de gonflement, les pressions,



volumes, etc. Les évaluations des niveaux de protection doivent également considérer de nouvelles configurations de choc : impact latéral, arrière, etc.

## 4 Remerciements

Les auteurs remercient la DSR pour avoir financé en partie cette recherche et l'ensemble des partenaires ayant permis le recueil des données de terrain.

## 5 Références

- [1] ONISR. La sécurité routière en France: bilan de l'accidentalité de l'année 2016, pages 46-48, *ONISR*, France, 2017
- [2] EUROPA. Mobility and Transport: motorcycles: [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/vehicle/safety\\_design\\_needs/motorcycles\\_en, March 2018](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/vehicle/safety_design_needs/motorcycles_en_March_2018).
- [3] R. Elvik. Benefits and fairness: are the high risks faced by motorcyclists fair ? *Actes INRETS n°122 Les deux-roues motorisés: nouvelles connaissances et besoin de recherches. Les collections de l'INRETS*. pages17-26. 2009, Marseille, France.
- [4] Serre, T. et al. The motorcyclist impact against a light vehicle: Epidemiological, accidentological and biomechanic analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 2012, Volume 49, pages 223-228.
- [5] ISO 13232-2 International Standard. Motorcycles — Test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices fitted to motorcycles —Part 2: Definition of impact conditions in relation to accident data, December 2005.
- [6] Moskal, A., Martin, J.L., Laumon, B., Lenguerrand, E. Injuries among motorised two-wheelers in relation to vehicle and crash characteristics in Rhone, France. *20th Enhanced Safety Vehicles*, 2007. paper n°07-0232.
- [7] Cherta Ballester O., Llari M., Afquir S., Martin J.L., Bourdet N., Honore V., Masson C., Arnoux P.J. Analysis of trunk impact conditions in motorcycle road accidents based on epidemiological, accidentological data and multibody simulations. *Accident Analysis and Prevention*. 2019, Volume 127, Pages 223-230
- [8] Piantini S, Mangini M, Baldanzini N, Pierini M, Franci A, Peris A Prediction of motorcyclist serious injury in powered two-wheeler to other vehicle urban crash. *Proceedings of IRCOBI Conference*, 2017. pages 54-62, Antwerp, Belgium
- [9] MAIDS. <http://www.maids-study.eu/>. Accés le June 2019
- [10] De Rome, L. et al., Motorcycle protective clothing: Protection from injury or just the weather? *Accident Analysis and Prevention*. 2011, Volume 43(6), Pages 1893-1900
- [11] Aldman B, Cacciola I, Gustafsson H, Nygren A, Wersall J. The protective effect of different kinds of protective clothing worn by motorcyclists. *J. Traffic Med*. 1981;9(4):57–58
- [12] Meredith L, Hurren C, Clarke E, Fitzharris M, Baldock M, De Rome L, Olivier J, Brown J. Abrasion Resistance Performance of Clothing Worn by Australian Motorcyclists. *Proceedings of IRCOBI Conference*, 2016, pages505-506, Malaga, Spain
- [13] Sun J, Rojas A, Kraenzler R & Arnoux PJ. Investigation of motorcyclist safety systems contributions to prevent cervical spine injuries using HUMOS model, *International Journal of Crashworthiness*, 2012, 17:6, 571-581
- [14] Kuroe et al., Exploratory study of an airbag concept for a large touring motorcycle, *19th Enhanced Safety Vehicle Conference*, June 6-9 2005, paper no 05-0316, Washington.



[15] Thollon, L., Godio, Y., Bidal, S., Brunet, C., Evaluation of a new security system to reduce thoracic injuries in case of motorcycle accidents. *International Crashworthiness Conference*, Kyoto July 22nd – 25th, 2008.

[16] Marconi E., Gatto F. and Massaro M. Numerical and Experimental Assessment of the Performance of Wearable Airbags for Motorcycle Riders. Proceedings of the World Congress on Engineering 2018 Vol II. July 4-6, 2018, London, U.K.

[17] Serre T., Llari M., Numerical Analysis of the Impact between a PTW Rider and a Car in Different Accident Configuration. *IFMBE 6th World Congress of Biomechanics Proceedings*, vol. 31, p. 521-524, Springer-Verlag, 2010.