



Modèle de cockpit générique

Work Package	<i>WP7 : Etude des impacts de la posture des occupants (conducteur et passagers) en mode autonome sur le risque lésionnel</i>
Responsable du WP, affiliation	<i>LBMC</i>
Livrable n°	<i>L7.2</i>
Version	<i>V1</i>
Auteur responsable du livrable	<i>Poulard, David, CEESAR</i>
Auteurs, affiliations	<i>Grebonval, Cyrille, Univ. Gustave Eiffel Trosseille, Xavier, LAB PSA-Renault</i>
Relecteurs, affiliations	<i>Beillas, Philippe, Univ. Gustave Eiffel</i>
Statut du livrable	<i>Final</i>

Veillez citer ce document de cette façon :

Poulard, D., Grébonval, C., Trosseille X. (2020), Livrable L7.2 « Modèle de cockpit générique », Projet SURCA, financé par la FSR, 13 p.

Historique des versions

Version	Date	Auteurs	Type des changements
Version 1	27/03/2020	David Poulard	Rédaction initiale
Version 2	14/04/2020	Cyrille Grébonval	Ajout évaluation cockpit

Remerciements

Le Projet SURCA est financé par la dévolution de la Fondation Sécurité Routière, la Délégation à la sécurité routière et pour moitié par les partenaires du projet.



Résumé du projet Surca

Les questions posées par la cohabitation de véhicules de plus en plus automatisés avec des véhicules conventionnels et des usagers vulnérables, cyclistes, piétons, deux-roues motorisés, sont au cœur des préoccupations des décideurs publics, constructeurs, ou spécialistes de l'infrastructure routière et de la sécurité routière. Tous ont l'espoir que ces nouvelles technologies contribuent à améliorer la sécurité routière. L'objectif global du projet « Sécurité des Usagers de la Route et Conduite Automatisées, SURCA » est de contribuer à une meilleure intégration de la Conduite Automatisée dans la circulation actuelle.

Les partenaires du projet (Ifsttar, DSR, Ceesar, Cerema, Vedecom, Lab), ont ainsi comme objectif d'identifier quelles interactions existent et quelles stratégies pertinentes sont mises en place par les conducteurs pour proposer des recommandations aux concepteurs de véhicules autonomes sur les besoins en termes d'interactions et en termes de comportement du véhicule autonome. Pour cela, il est prévu d'analyser des bases de données existantes sur la conduite des véhicules conventionnels et d'identifier les facteurs qui peuvent expliquer des comportements différents.

Les connaissances issues de ces bases seront utilisables pour simuler l'introduction de la conduite automatisée de niveaux 3, 4 et 5, avec des taux de pénétration faibles. La gestion des interactions avec les autres usagers doit être réalisée dès que le véhicule peut évoluer en autonomie sans supervision du conducteur, quelles que soient la durée et les sections sur lesquelles cette automatisation sera possible. En cas de taux de pénétration très important, d'autres types d'interactions risquent de se mettre en place et devront alors être étudiés.

Ce projet est articulé autour de deux sous-thématiques :

- L'identification des scénarios d'interaction entre véhicules autonomes et autres usagers de la route (véhicules conventionnels, deux roues motorisés, cyclistes, piétons), avec un focus particulier sur les personnes âgées :
 - Etude des situations de négociation où les conducteurs gèrent cette interaction humaine, à partir de bases de données de conduite conventionnelle, et en utilisant des éléments difficilement émis et perçus par les systèmes automatisés (regard, connaissance a priori d'intention, etc.),
 - Etude de la réaction des autres usagers face à un véhicule autonome alors que son conducteur est absorbé dans une tâche annexe,
 - Identification des besoins de communication du véhicule autonome en phase active avec les autres usagers,
 - Analyse des besoins des usagers âgés et acceptabilité sociétale du véhicule autonome.
- L'étude des impacts de la posture des occupants (conducteur et passagers) d'un véhicule en mode autonome sur le risque lésionnel :
 - Choix des scénarios de simulation : positions des occupants, conditions de choc (lors de la réalisation de tâches annexes) et systèmes de retenue,
 - Evaluation des lésions potentielles par simulations numériques en fonction des systèmes de retenue (par ex. déploiement d'air bag),
 - Recommandations en termes de postures acceptables selon les différents systèmes de retenue.

Table des matières

1	INTRODUCTION.....	6
2	MODELE DE COCKPIT GENERIQUE.....	6
3	ÉVALUATION DU MODÈLE	10
4	DISTRIBUTION DU MODÈLE	12
5	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	12

Table des figures

FIGURE N° 1 :	MODÈLE DE COCKPIT GÉNÉRIQUE	6
FIGURE N° 2 :	SIÈGE SEMI-RIGIDE.....	7
FIGURE N° 3 :	AIRBAG PRÉ-GONFLÉ.....	8
FIGURE N° 4 :	LOI DE COMPORTEMENT DE GAZ WANG NEFSKE.....	8
FIGURE N° 5 :	CEINTURE TROIS POINTS	9

1 INTRODUCTION

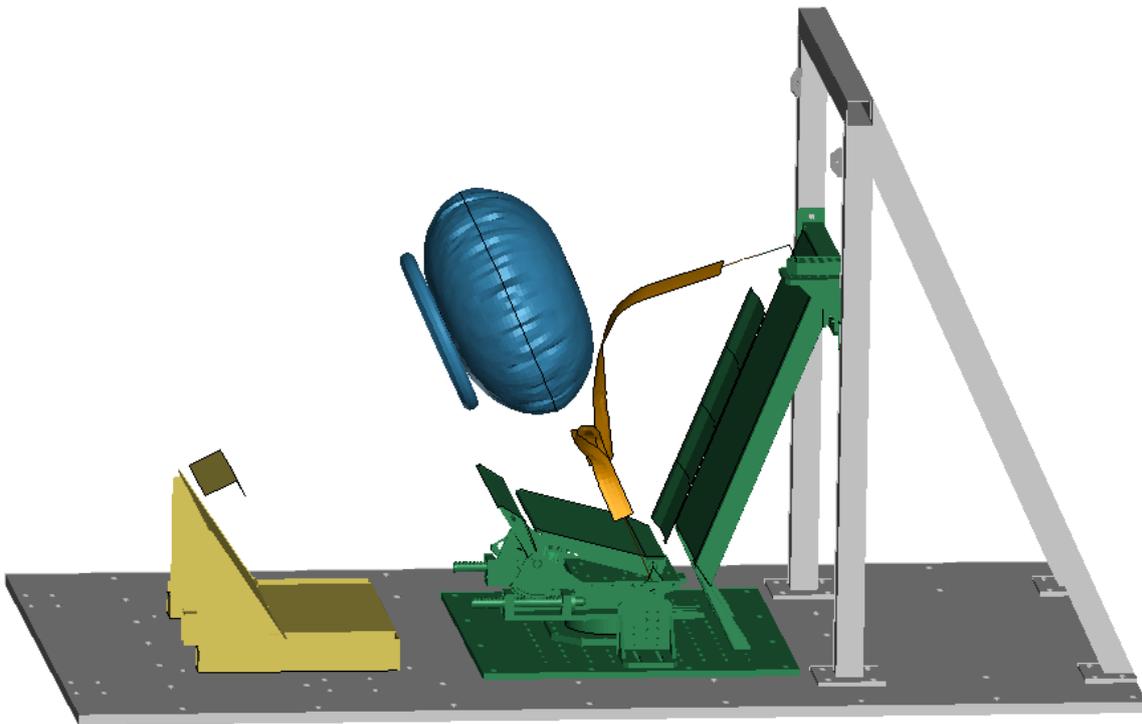
Un modèle de cockpit générique permettant de simuler les nouveaux scénarios définis en T7.1 a été mis au point. Le cockpit est paramétrable et inclut des moyens de retenue génériques.

Ce rapport décrit le modèle.

2 MODELE DE COCKPIT GENERIQUE

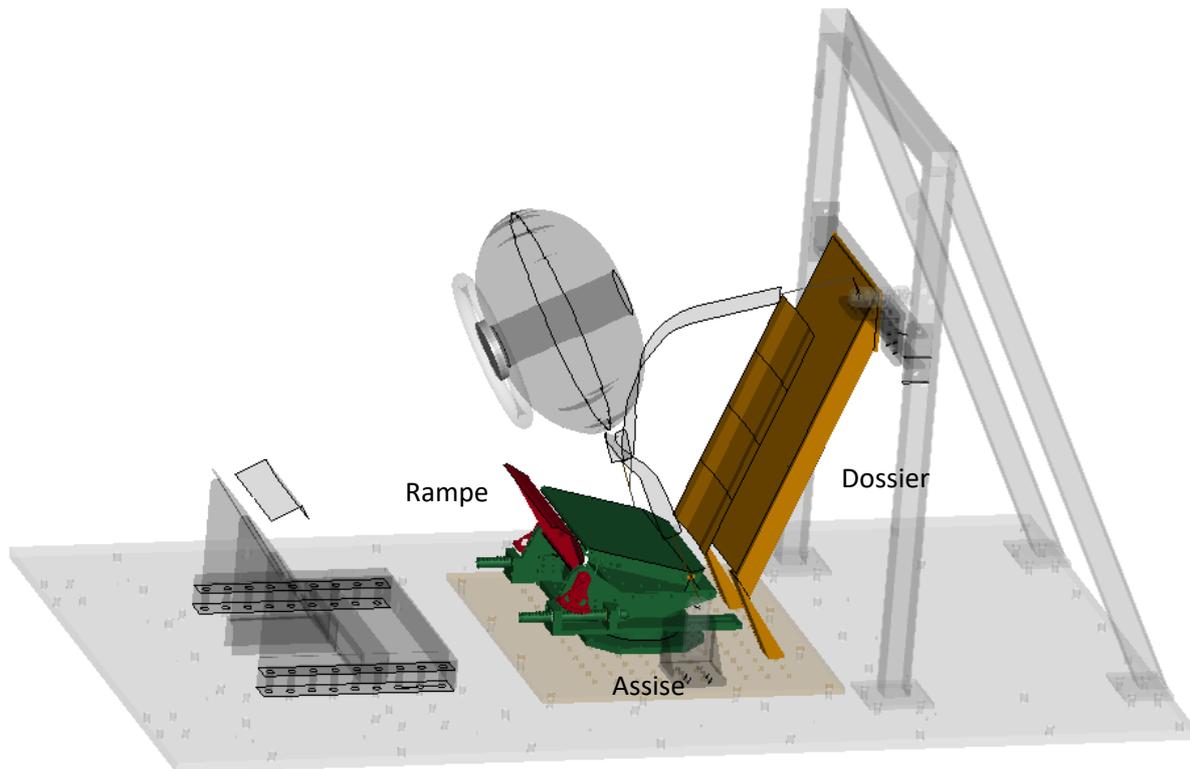
Le modèle de cockpit générique est illustré Figure 1. Il représente un occupant en position de conduite dans un environnement de conduite générique. Ce dernier est constitué d'un siège semi rigide [1] complété par une ceinture trois points ainsi qu'un airbag pré-gonflé. Il a été développé pour le solveur LS-DYNA.

Figure n° 1 : Modèle de cockpit générique



2.1 Siège semi-rigide

Le siège semi-rigide, produit développé dans le cadre d'une étude précédente [1], imite le comportement des sièges réels, bien qu'il soit composé de plaques rigides et de ressorts faciles à reproduire. Le siège est composé de trois parties (Figure 2) : l'assise (vert), la rampe anti-sousmarinage (rouge) et le dossier (jaune).

Figure n° 2 : Siège semi-rigide

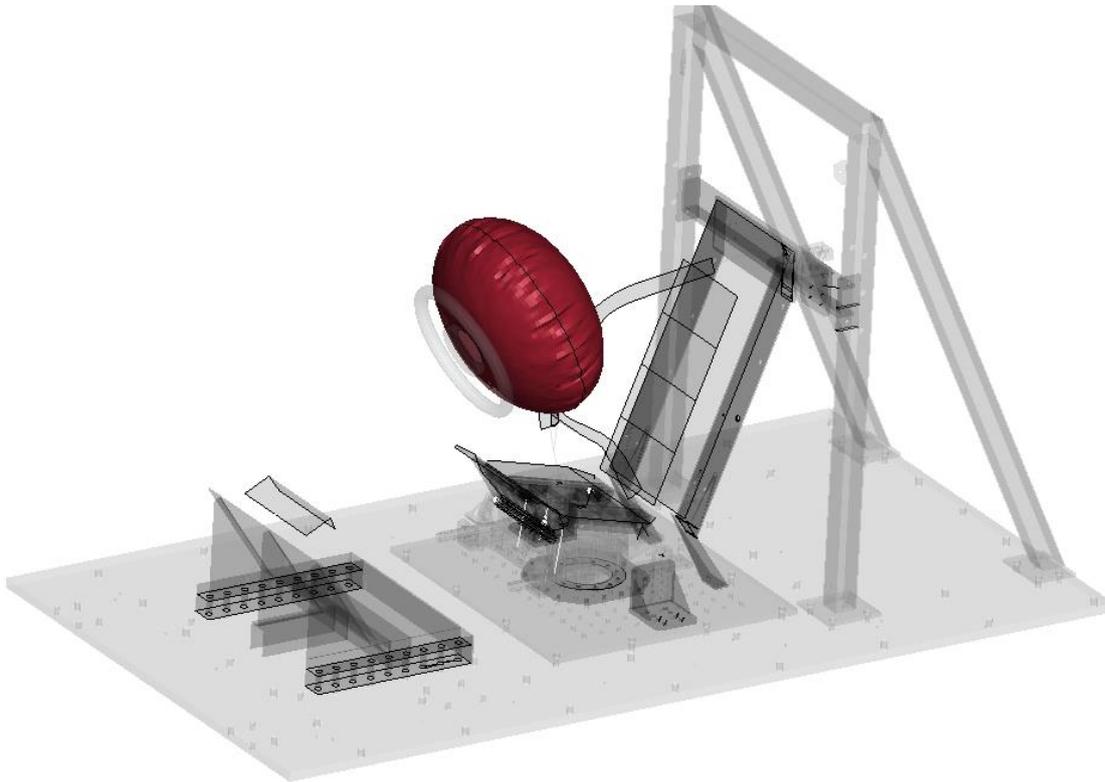
Le sujet est assis sur une plaque d'aluminium rigide de 380 mm de largeur (l'assise) et articulée à son bord arrière. Deux jeux de ressorts sont fixés sous la partie avant de cette plaque. Leur configuration permet de définir une loi angle/moment à double pente. Une deuxième plaque en aluminium articulée est positionnée devant la première plaque. Elle représente la rampe anti-sous-marinage. La loi angle moment de la rampe est gérée par deux ressorts. Tous les ressorts sont équipés de systèmes de blocage afin de gérer la phase de rebond. Les caractéristiques des ressorts ont été ajustées à partir de données fournis par des constructeurs de siège. Le dossier est composé d'un plan rigide (incliné de 22 degrés par rapport à la verticale) fixé sur le cadre rigide. La position des articulations ainsi que des ressorts peuvent être ajustée pour reproduire une configuration siège avant soit une configuration siège arrière [1].

Les composants du siège ont été maillés avec des éléments de coque 2D triangles et quadrilatéraux d'une taille moyenne de 10 mm. Des algorithmes de maillage d'éléments automatisés inclus dans Altair HyperMesh™ ont été utilisés pour générer le maillage initial avec des éléments triangles, mais un maillage plus régulier en quads a été nécessaire sur les parties en contact avec le sujet. Tous les composants ont été modélisés comme des solides indéformables. Les ressorts ont été modélisés par des éléments 1D de type « BEAM » avec les propriétés de raideurs issu de la littérature [1].

2.2 Airbag pré-gonflé

L'airbag se compose d'une membrane remplie d'air à température ambiante (Figure 3). L'enveloppe est de forme dépliée avant gonflage avec pour volume de 55 L.

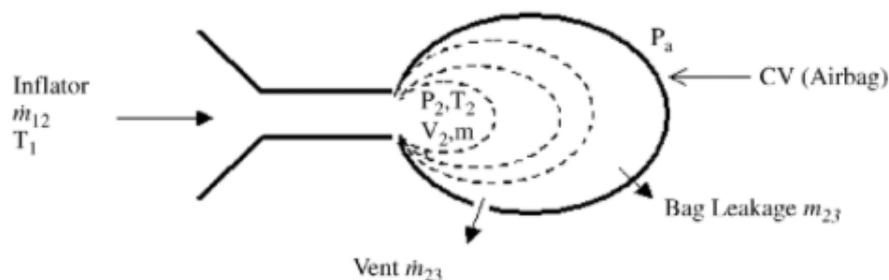
Figure n° 3 : Airbag pré-gonflé



L'airbag est modélisé par des éléments 2D quadrangles d'une taille moyenne de 10mm. La formulation utilisée est une formulation membrane qui permet de rendre compte du comportement d'un tissu. Les caractéristiques sont celles d'une toile standard d'airbag : matériau isotrope, 0.4 mm d'épaisseur, module d'Young de 200 MPa et une masse volumique de 1.2 kg/m³.

La membrane possède une chambre unique. La loi utilisée pour la chambre est une formulation Wang Nefske à pression uniforme qui prend en compte le débit de gaz entrant et sortant (Figure 4). Le gaz modélisé ici est l'air, de capacité calorifique $C_p = 1005 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ et $C_v = 718 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ à la température de 293° K. La pression initiale du gaz à l'intérieur de la chambre de l'airbag est 1.3 bar. Cette loi permet aussi de définir une surface d'échappement (évent) en fonction de deux paramètres : la surface des événements et le temps de déclenchement. Les pertes dues à la porosité des tissus (« bag leakage ») sont négligées en première approche. La phase de gonflage s'effectue dans les premières millisecondes du calcul de sorte que la structure soit stabilisée à la pression voulue au moment de l'impact

Figure n° 4 : Loi de comportement de gaz Wang Nefske

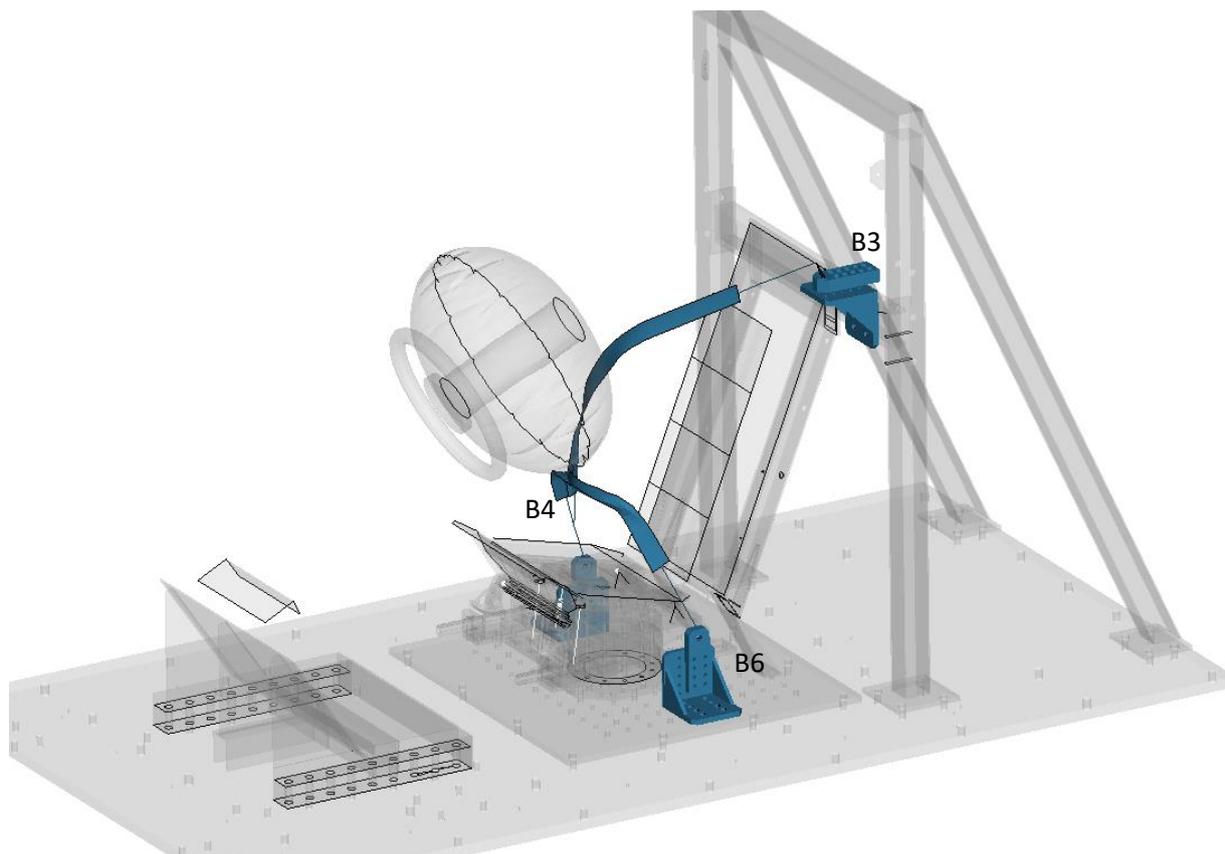


2.3 Ceinture trois points

La configuration de retenue est du type « trois points », c'est-à-dire avec une sangle avec 3 points d'attaches : au-dessus de l'épaule de l'occupant (B3), au niveau de la boucle (B4) et de l'assise du côté extérieur au véhicule (B6). Ce genre de ceinture est le plus usuel dans les voitures. La ceinture est équipée de limiteur d'efforts au niveau épaule (B3) et ventrale (B6) ainsi qu'un rétracteur pyrotechnique.

Pour la partie en contact avec le sujet, la ceinture a été modélisée par des éléments 2D quadrangles avec une formulation de type membrane pour rendre compte du comportement d'un tissu. Les caractéristiques matériaux de la sangle sont issus d'essais de traction effectués en interne sur des sangles du marché (Allongement de 6 à 8%, résistance à la traction de 10,7 kN). Pour le reste de la ceinture, des éléments 1D de type seatbelts ont été utilisés pour faciliter le passage dans la boucle.

Figure n° 5 : Ceinture trois points



3 ÉVALUATION DU MODÈLE

Le modèle de cockpit a été évalué à l'aide d'un modèle humain représentant un homme de taille et de corpulence moyennes (M50). Le modèle utilisé est le GHBMC M50-O v5.0. Les résultats des simulations ont été comparés aux essais PMHS détaillés dans **Trosseille et al. [2]**. Concernant les essais PHMS, quatre sujets ont été utilisés ayant une stature de 165.3 ± 2.2 cm et une masse de 60.6 ± 5.7 kg (Conf. 1 détaillée dans [2]).

Le modèle GHBMC M50-O ayant une stature de 174.9cm et une masse de 76.8kg, ce dernier a été redimensionné afin de correspondre davantage à l'anthropométrie des PHMS. Après modification, le modèle avait une stature de 164.4 cm et une masse de 61.9 kg. De plus, la position du modèle a été modifiée via le logiciel PIPER (www.piper-project.org). Seuls les membres supérieurs du modèle ont été repositionnés (i.e. abaissés) afin d'éviter une pénétration initiale des avant-bras dans l'airbag. Le modèle a ensuite été positionné par gravité sur le siège semi-rigide (Figure 6).

Les résultats analysés pour l'évaluation du cockpit sont détaillés dans les Figure 7 à 10. Ces derniers se sont focalisés sur l'interaction de l'occupant avec le siège, le repose pieds, ainsi que la ceinture. Dans la globalité, les résultats des simulations sont proches de ceux obtenus lors des essais PHMS. On observe cependant quelques variations (ex. décalage temporel des efforts ceinture, décalage temporel pour la déformation de l'assise). Ces dernières pourraient être expliquées par deux facteurs principaux. Dans un premier temps, de potentielles différences d'anthropométrie locale du modèle par rapport aux PHMS (ex. circonférences des cuisses) pourraient modifier les interactions entre l'occupant et les moyens de retenue (ex. ceinture). Dans un second temps, les simplifications nécessaires pour la modélisation des limiteurs d'effort et des prétensionneurs pourraient modifier la réponse de l'occupant, notamment lors de leur déclenchement.

Cependant, après analyse, le modèle de cockpit a été jugé satisfaisant dans sa configuration standard.

Figure n° 6 : Modèle utilisé pour l'évaluation du cockpit

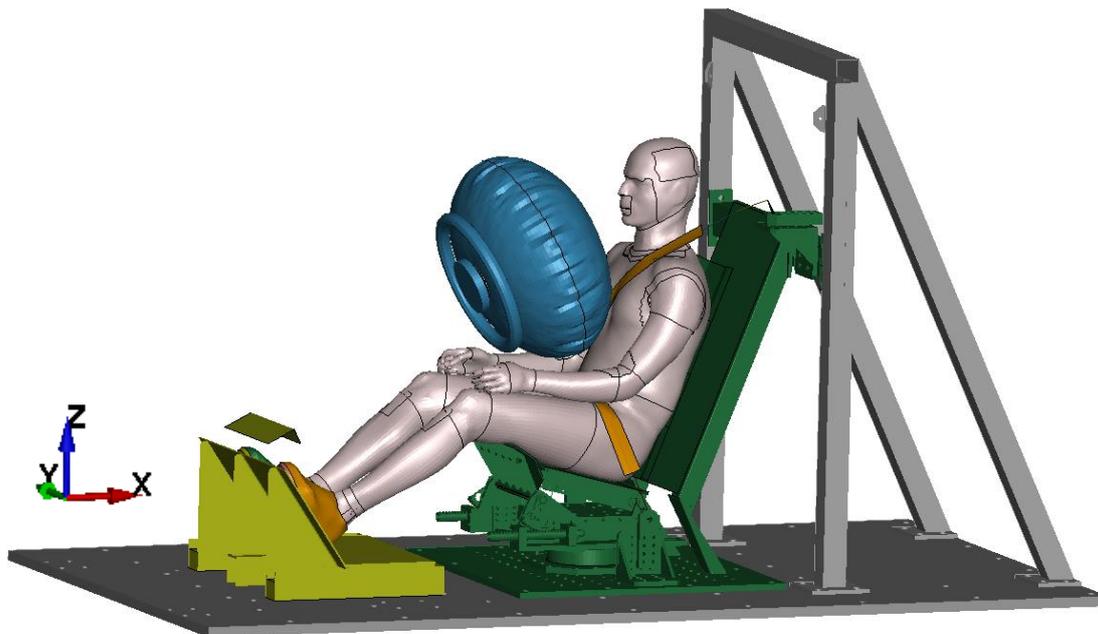


Figure n° 7 : Evolution des efforts ceintures (pelvienne et thoracique)

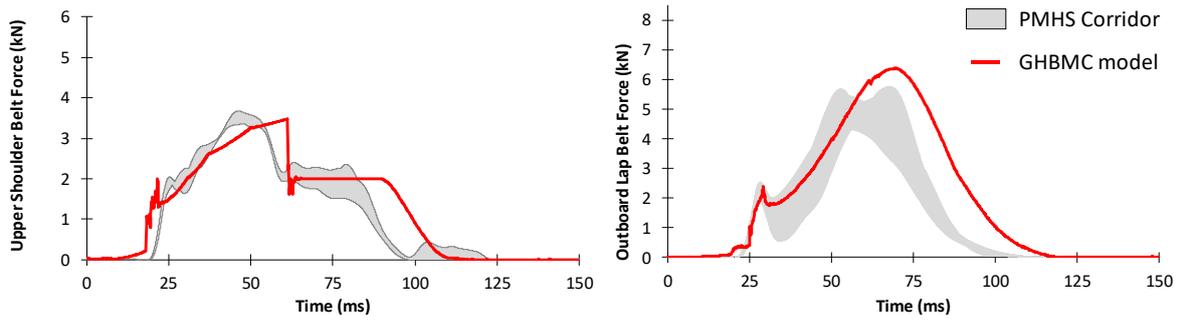


Figure n° 8 : Evolution des efforts de l'assise (selon X et Z)

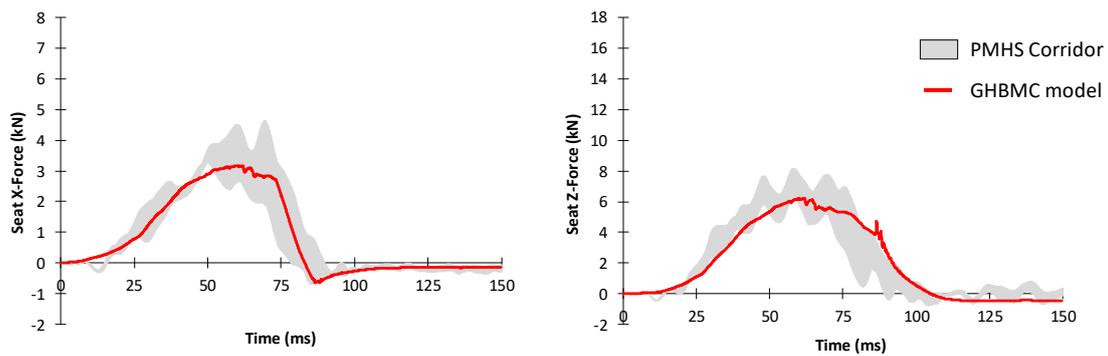


Figure n° 9 : Evolution des déformations du siège semi-rigide (assise et rampe)

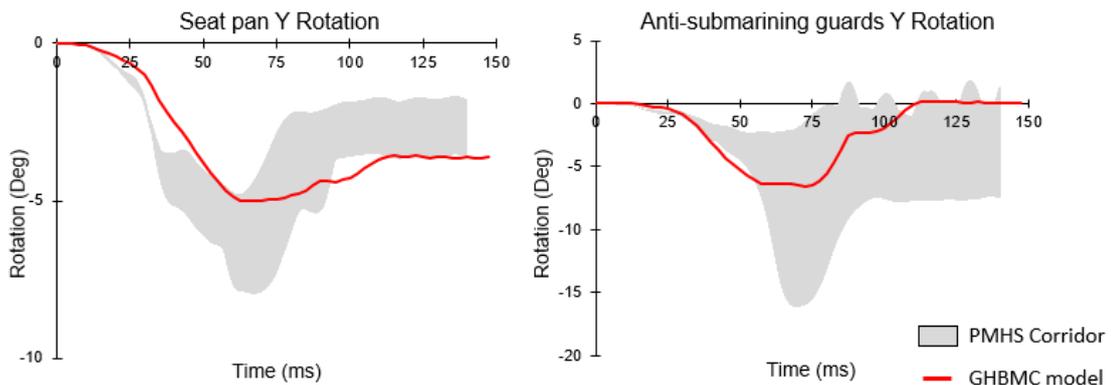
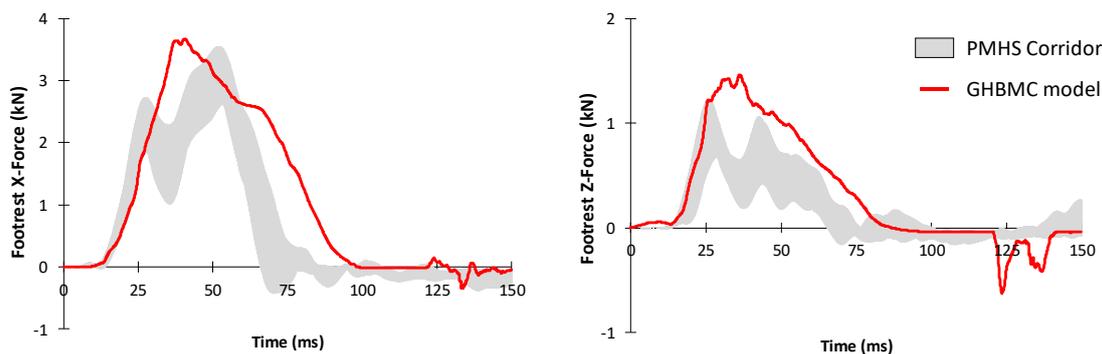


Figure n° 10 : Evolution des efforts du repose pied (selon X et Z)



4 DISTRIBUTION DU MODÈLE

Le modèle sera distribué sous une licence libre de type GPLv3 afin de permettre sa diffusion dans le milieu scientifique. Une clause obligeant les personnes à publier leurs modifications du modèle dans le cadre d'une publication scientifique a été ajoutée.

La licence du modèle est en cours de rédaction et la version disponible au moment de la rédaction de rapport est disponible ci-dessous :

Copyright (C) 2020 LAB, Univ Eiffel (change of airbag parameters.)

Copyright (C) 2020 LAB, CEESAR (retractor and belt load limiter)

Copyright (C) 2019 LAB, CEESAR (initial model)

This is the Model of a generic crash environment including a semi-rigid seat, a three-point belt and an airbag (see doc, called the Model). The version is 1.00.

This Model is free software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your any later version. This Model is distributed in the hope that it will be useful but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details. You should have received a copy of the GNU General Public License along with the Model. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>. According to the term of the GPL v3 article 7, the Parties hereby agree to include to GPL v3 the following additional terms:

- for any public release of any scientific claims or data etc. that were either supported or generated by the Model or a modification thereof, whether in whole or in part, the modification of the model shall be made available to the public under the same license as the Model.

This additional License term applies to any modification of the Model.

- in no event, unless required by applicable law, shall any copyright holder, or any other third party who modifies and/or conveys the model as permitted in accordance with this legal license, be liable to any other Party or third party for any indirect or direct damages, including but not limited to death, bodily injury and property damages (public or private), even if such holder or other party has been advised of the possibility of such damages. Any use of the model is at your own risk.

This work has received some funding from the SURCA project.

Contributors include:

* David Poulard (CEESAR), Cyrille Grebonval (Université Gustave Eiffel), Xavier Trosseille (LAB), Jérôme Uriot (CEESAR)

5 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] J. Uriot, P. Potier, P. Baudrit, X. Trosseille, P. Petit, O. Richard, S. Compigne, M. Masuda et R. Douard, «Reference PMHS Sled Tests to Assess Submarining,» *Stapp Car Crash Journal*, pp. 203-223, 2015.

[2] X. Trosseille, P. Petit, J. Uriot, P. Potier, et P. Baudrit, «Assessment of Several THOR Thoracic Injury Criteria based on a New Post Mortem Human Subject Test Series and Recommendations», *Stapp Car Crash Journal*, pp. 291-305, 2019