



Avec le support financier de la Délégation à la sécurité Routière.

Projet iSafe-Virtual-Human

Système d'alerte et d'optimisation des secours pour les victimes d'accidents de la route basé sur une prédiction en temps réel des blessures potentielles à partir de l'Homme Virtuel



Phase 1 :

Démonstrateur virtuel pour la prédiction des scores de blessures par la simulation

Laboratoire de Biomécanique Appliquée (UMRT24 AMU/Université Gustave Eiffel) – portage du projet
Claire Bruna-Rosso, Pierre-Jean Arnoux, Wei Wei

Laboratoire Mécanismes d'Accidents (Université Gustave Eiffel)
Thierry Serre, Cécile Coquelet, Céline Parraud

Laboratoire ICube (Université de Strasbourg)
Rémy Willinger, Nicolas Bourdet, Caroline Deck

Laboratoire UMRESTTE (UMRT UCBL/Université Gustave Eiffel)
Jean-Louis Martin, Céline Vernet, Nadim Ballout

Ecole Nationale Supérieure des Officiers Sapeurs-Pompiers (ENSOSP)
Wilfried Stefic

La phase 1 du projet iSafe-Virtual-Human vise à démontrer la faisabilité de l'utilisation de données issues d'e-call et/ou d'Event Data Recorders (EDR) pour l'évaluation des blessures potentielles des victimes d'accidents de la route. En effet, connaître au plus tôt le niveau d'urgence des accidentés permet d'anticiper leur prise en charge et donc participer à la réduction de la mortalité et de la morbidité routière. Pour ce faire, nous avons développé la méthodologie illustrée Figure 1. La suite du rapport détaille les différentes étapes de cette méthodologie qui constitue le démonstrateur iSafe.

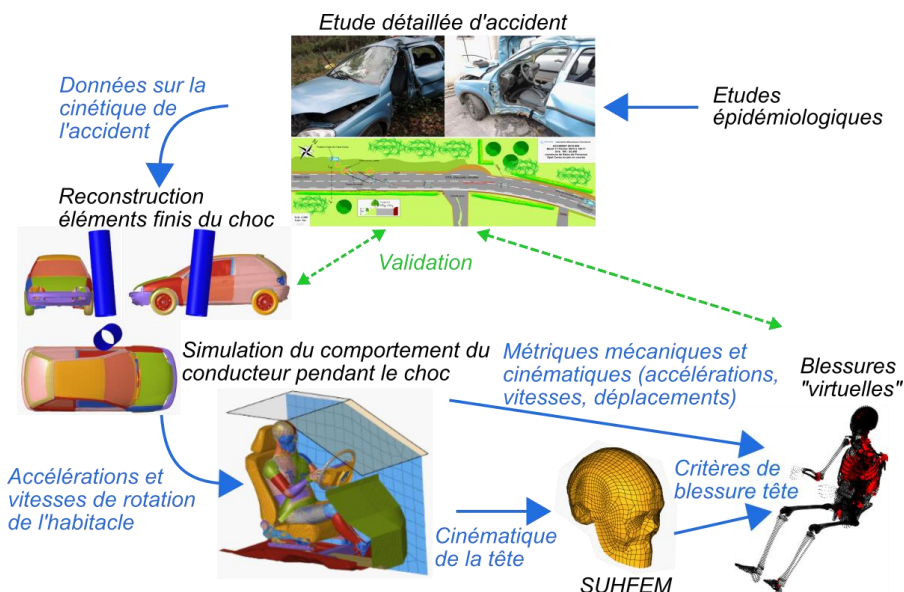


Figure 1 : Méthodologie du projet iSafe-Virtual-Human phase 1

Les études épidémiologiques ont permis de mettre en évidence les types de chocs à privilégier compte tenu de leur fréquence et de la gravité des blessures engendrées : les chocs **frontaux** et les chocs **latéraux**. Ces études ont également permis de mettre en lumière les blessures dont l'étude est à privilégier, là-aussi compte tenu de leur fréquence et de leur gravité. Il s'agit des blessures à la **tête** et au **thorax** et, dans une moindre mesure, celles à l'abdomen. Ces résultats sont illustrés Figure 2. Ils ont mené à la sélection de deux EDA répondant

à ces critères, c'est-à-dire un choc frontal et un choc latéral, tout deux contre un arbre.

Les EDA et leur reconstruction par la méthode des éléments finis (MEF) ont permis de générer les données accélérométriques qui pourront à terme être obtenues grâce aux systèmes d'e-call. Ces accélérations ont été utilisées comme données d'entrée dans un modèle numérique d'habitacle incluant un modèle numérique de corps humain. L'utilisation successive des deux modèle (accident et habitacle) a permis de faire ressortir deux résultats principaux quand aux caractéristiques techniques « iSafe-compatibles » des futures générations d'e-call :

- La fréquence d'échantillonnage pour enregistrer les signaux accélérométriques pendant l'accident doit être de l'ordre de **2000Hz** pour pouvoir correctement capturer les pics d'accélération.
- Les intrusions dans l'habitacle jouent un rôle important dans les mécanismes de blessure. **Des capteurs devraient être ajoutés pour les mesurer.**

La Figure 3 illustre la cinématique du conducteur simulée dans le cas du choc latéral. Il est possible d'extraire de ces simulations des métriques cinématiques (accélérations, vitesses, déplacements) et mécaniques (contraintes, forces, déformations). Ces résultats issus du modèle de corps humain ont ensuite été utilisés de deux manières :

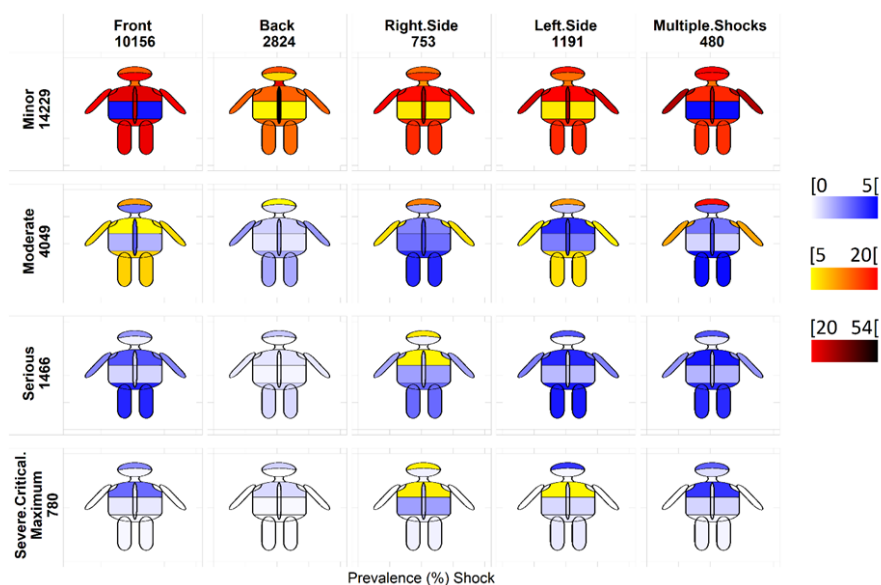


Figure 2 : Représentation corporelle des prévalences de lésions selon leur gravité immédiate chez un conducteur de voiture – proportion de victimes atteintes pour chaque type de choc

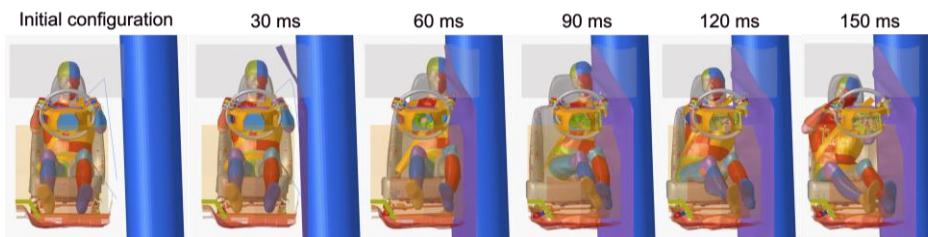


Figure 3 : Cinématique du conducteur lors du choc latéral contre un arbre.

- Données d'entrée pour le SUFEHM, le modèle de tête l'université de Strasbourg, pour le cas particulier des blessures à la tête.

L'évaluation des critères de blessure des deux cas de référence a permis de mettre en évidence les résultats principaux suivants :

- **Toutes les blessures graves** subies par les victimes des deux accidents de référence **ont été identifiées**
- Des blessures ont été prédites alors que non souffertes par les victimes
- L'utilisation d'un modèle segmentaire (modèle par éléments finis de la tête) a fourni des résultats très satisfaisants

Ce dernier résultat suggère notamment que des travaux futurs devront s'atteler à **améliorer la bio-fidélité des modèles de corps humain** existants, ainsi qu'à définir de **meilleurs critères de blessure**, capables de mieux discriminer les situations lésionnelles des situations non-lésionnelles. Cependant l'identification correcte des blessures graves montre le potentiel de la méthodologie mise en œuvre pour la prédiction de blessure à partir de données sur la cinématique de l'accident. Enfin, aux vues des résultats satisfaisant fourni par le modèle de tête, il serait intéressant d'étendre la méthode consistant à utiliser les données issues du modèle de corps humain comme données d'entrée de modèles segmentaires aux autres parties du corps identifiées comme prioritaires pour la prédiction de blessure (thorax, abdomen).

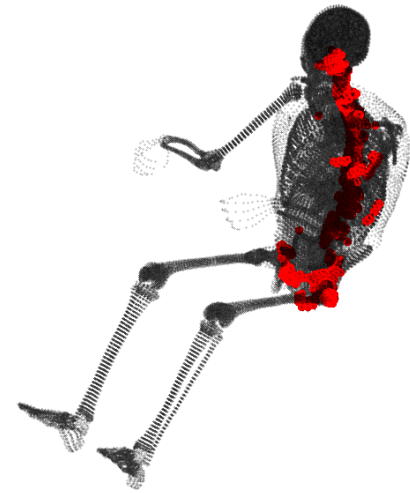


Figure 4 : Zones à risque de blessure élevé dans le cas du choc latéral

Des plans d'expérience de simulation ont été ensuite été réalisés exploitant la méthode conçue. Cela a permis d'étudier l'évolution des critères de blessure en fonction de certains paramètres de l'accident (vitesse du choc, forme de l'obstacle etc.). Cela a permis de mettre en évidence que pour les deux types de choc, **la vitesse d'impact** reste le déterminant principal de la gravité des blessures, mais que dans le cas du choc latéral, **la position de l'objet et l'angle d'impact** influencent significativement les risques de blessure.

En marge du travail sur le démonstrateur lui-même, deux études ont été menées. La première a étudié les associations de blessures, c'est-à-dire les risques de souffrir d'une lésion sachant que l'on souffre d'une autre. Il a par exemple été montré que l'on a des risques accrus de blessure aux organes internes du thorax sachant que l'on souffre d'une blessure à la clavicule. Ces résultats peuvent notamment servir à **compléter le bilan lésionnel virtuel**, en fournissant les blessures associées à celle simulées. Ceci est particulièrement intéressant car cela permet **d'étendre la prédiction de blessure à des lésions difficilement simulables** par la méthode des éléments finis, telles que les hémorragies, qui sont pourtant parmi celle ayant un niveau d'urgence élevé.

Enfin, la seconde étude a évalué les besoins ainsi que l'acceptabilité du dispositif iSafe auprès de pompiers. Elle a fait notamment ressortir que si le système parvient à envoyer des informations au moment du choc, entre autres sur le **lieu exact de l'accident** (coordonnées GPS) et sur la **cinétique du choc**, ainsi que le **type véhicule accidenté** alors le temps d'intervention pourrait être optimisé. Enfin, en ce qui concerne le bilan prédictif des blessures, les avis sont plus mitigés. Il semble que les participants auraient davantage besoin de connaître le niveau d'urgence qu'entraînent les blessures des victimes plutôt que le détail des blessures. Ce résultat doit cependant être confirmé sur d'autres acteurs de la chaîne des secours (médecins du SMUR notamment), pour lesquels le détail des blessures aurait plus d'intérêt.

- Calcul de critères de blessure (hors tête) à l'aide d'un logiciel spécifiquement développé. La Figure 4 représente les zones du corps potentiellement blessées identifiées et visualisées à l'aide de ce logiciel.

Les divers travaux réalisés ont donc permis de mettre en lumière la faisabilité d'un outil d'estimation des blessures basé sur l'utilisation de modèles numériques. En effet, pour les deux cas de référence, toutes les blessures graves ont été correctement identifiées. De plus, ce projet a montré le potentiel des outils développés pour l'étude des liens entre cinétique de l'accident et risques de blessure. Enfin, les résultats obtenus ont également permis de mettre en lumière les verrous scientifiques et/ou technologiques qui pourront faire l'objet de travaux futurs.