

EQUIPE BIOMECHANIQUE



UNIVERSITE DE STRASBOURG
LABORATOIRE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR, DE
L'INFORMATIQUE ET DE L'IMAGERIE

2, rue Boussingault F-67000 STRASBOURG FRANCE



Rémy WILLINGER Tél. 33 (0)3 68 85 29 23 Fax.33 (0)3 68 85 29 36 E-mail : remy.willinger@unistra.fr

Project TEVU (Tête vulnérable) Convention N°2201028400

Note de synthèse sur les traumatismes crâniens et leurs séquelles

Strasbourg le 19/05/2017

DECK Caroline

WILLINGER Rémy

Table des matières

1	INTRODUCTION.....	2
2	SYNTHESE DES RESULTATS CONCERNANT LE RAPPORT L1 « RAPPORT SUR LE PORT DU CASQUE POUR LES ENFANTS, INCLUENT DES SCHEMAS DE LA CONFIGURATION DU CHOC »	3
3	SYNTHESE DES RESULTATS CONCERNANT LE RAPPORT L2 « RAPPORT SUR LE RISQUE DE TRAUMATISME CRANIEN DU PIETON EN FONCTION DE LA VITESSE DU VEHICULE »	4
4	SYNTHESE DES RESULTATS CONCERNANT LE RAPPORT L3 « RAPPORT SUR LE RISQUE DE TRAUMATISME CRANIEN DU CYCLISTE EN FONCTION DE LA VITESSE DU VEHICULE ET EFFET DU CASQUE ».....	5
5	SYNTHESE DES RESULTATS CONCERNANT LE RAPPORT L4 « RAPPORT SUR LE RISQUE DE TRAUMATISME CRANIEN DU CYCLISTE EN CAS D'OUVERTURE INTEMPESTIVE DE LA PORTIERE ».....	6
6	CONCLUSION.....	7

1 Introduction

La présente étude a eu pour objectif d'établir le risque de traumatisme crânien du piéton et du cycliste en fonction de diverses caractéristiques de l'accident, telles, par exemple, la vitesse d'impact du véhicule (qui évoluera de 20km/h à 60 km/h) ou le port du casque.

Ce livrable est le cinquième de la présente convention concernant l'« évaluation du risque de traumatisme crânien en situation d'accidents de piéton et cycliste » du projet TETE VULNERABLE (TEVU).

En effet, lors de cette convention quatre livrables ont d'ores et déjà été livrés

- Rapport intermédiaire sur le port du casque pour les enfants, incluent des schémas de la configuration du choc
- Rapport sur le risque de traumatisme crânien du piéton en fonction de la vitesse du véhicule
- Rapport sur le risque de traumatisme crânien du cycliste en fonction de la vitesse du véhicule et effet du casque
- Rapport sur le risque de traumatisme crânien du cycliste en cas d'ouverture intempestive de la portière

Ce dernier livrable « Note de synthèse sur les traumatismes crâniens et leurs séquelles » propose de synthétiser l'ensemble des conclusions issues des travaux effectués dans le cadre de la convention n°2201028400 entre la DSCR et l'Université de Strasbourg.

2 Synthèse des résultats concernant le rapport L1 « Rapport sur le port du casque pour les enfants, incluent des schémas de la configuration du choc »

Dans le cadre du projet TEVU une étude préliminaire a été menée consistant en une campagne expérimentale afin de quantifier l'apport du port du casque de vélo chez l'enfant.

La matrice de tests utilisée dans cette campagne expérimentale consistait en une zone d'impact (le vertex), deux configurations (casquée et non casquée) et pour chacune des configurations des hauteurs de chutes différentes :

- 5 hauteurs de chutes pour la configuration non casquée conduisant à des vitesses d'impact de la tête de 2m/s (7.2km/h) à 3m/s (10.8km/h).
- 4 hauteurs de chute (4 vitesses d'impact) pour la configuration de la tête enfant casquée, des vitesses d'impact de la tête enfant casquée allant de 2m/s (7.2km/h) à 5.42m/s (19.5km/h) (vitesse d'homologation des casques de cycliste).

Les résultats expérimentaux ont été traités en termes d'enregistrement temporel de l'accélération linéaire de la fausse tête d'enfant et ont servi de données d'entrée au modèle par éléments finis prédictif développé à l'Université de Strasbourg.

Neuf simulations numériques, en accord avec les expérimentations réalisées, ont été traitées et le risque de lésions neurologiques modérées (perte connaissance) a été calculé pour chacune des configurations.

Il est apparu un risque lésionnel non négligeable lorsque la tête enfant impacte une enclume rigide sans protection et que ce risque diminue de façon drastique lorsqu'il y a le port d'un casque. Cette étude a donc permis d'illustrer et de quantifier l'apport d'un casque vélo chez l'enfant. La figure 1 résume les résultats numériques du risque lésionnel encouru d'une tête enfant 6 ans casquée et non casquée lors d'un choc à 7.2km/h (2m/s), 10.8km/h (3m/s), 14.4 km/h (4m/s) et 19.5km/h (5.42m/s).

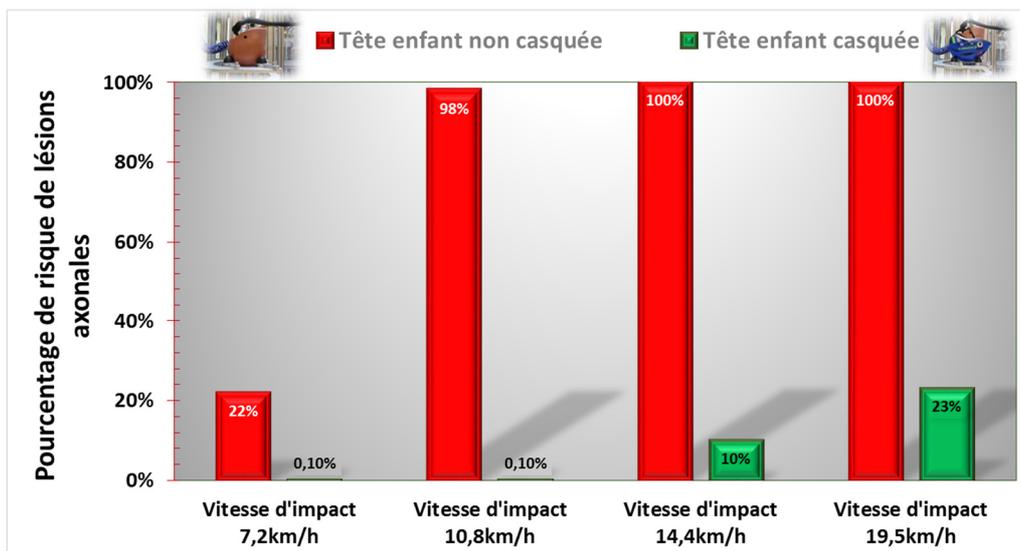


Figure 1. Résultats numériques du risque lésionnel encouru en terme de lésions neurologiques d'une tête enfant 6 ans casquée et non casquée lors d'un choc à 7.2km/h (2m/s), 10.8km/h (3m/s), 14.4 km/h (4m/s) et 19.5km/h (5.42m/s) calculé avec le modèle éléments finis de la tête humaine de l'Université de Strasbourg.

3 Synthèse des résultats concernant le rapport L2 « Rapport sur le risque de traumatisme crânien du piéton en fonction de la vitesse du véhicule »

Des simulations multi corps d'accidents permettant d'obtenir la cinématique du piéton ont été conduites en considérant un modèle générique d'automobile urbaine la Clio IV venant impacter un modèle de piéton de façon frontale et centrée à des vitesses variant de 20 km/h à 60 km/h par pas de 5 km/h, soit au total neuf vitesses différentes. Dans la mesure où ces accidents fictifs considéraient successivement l'adulte et l'enfant, 18 configurations de choc ont été étudiées et analysées. Pour chaque accident fictif l'analyse de la cinématique réalisée a permis d'extraire les conditions initiales d'impact de la tête. A noter que la tête du piéton enfant impacte le capot du véhicule et que la tête du piéton adulte impacte quant à elle le parebrise du véhicule et ce pour toutes les configurations étudiées. Ces données ont ensuite été utilisées comme données d'entrée pour simuler l'impact de la tête au moyen de la méthode des éléments finis (MEF) par l'utilisation d'un modèle de tête humaine prédictif des lésions. Pour chaque impact de la tête le risque de traumatisme crânien a été exprimé en pourcentage de risque de fracture du crâne et de risque de lésion neurologique (perte de connaissance).

Pour le piéton adulte :

- Un risque de lésions neurologiques nul pour toutes les configurations étudiées
- Un risque lésionnel quasi-nul en termes de fracture crânienne (inférieur à 4%)

Pour le piéton enfant :

- Un risque de lésions neurologiques quasi nul pour des vitesses de véhicule inférieures à 55 km/h. A 60 km/h ce risque passe à 17%. Une vitesse de véhicule passant de 55 km/h à 60 km/h entraîne une multiplication par six du risque de lésion neurologique.
- Un risque lésionnel inférieur à 5% en termes de fracture crânienne pour des vitesses de véhicule allant jusqu'à 40 km/h. Ce risque augmente par la suite pour être de 9% à 45 km/h, 13% à 50 km/h et allant jusqu'à 34% à 60 km/h. Le risque de fracture crânienne est donc pratiquement multiplié par trois entre une vitesse du véhicule de 50 km/h et 60 km/h.

Il est à souligner ici que les résultats obtenus dans le cadre de la présente convention ne sont valables que pour les conditions d'impact étudiées à savoir le véhicule (Clio IV) venant impacter le piéton adulte ou enfant en son centre, le piéton en configuration latérale (en situation de marche, la jambe droite en appuie avec une vitesse nulle), et que ces résultats ne peuvent être en aucun cas extrapolés pour d'autres configurations. Ceci a été illustré par une étude complémentaire montrant l'influence de l'orientation du piéton adulte et enfant sur les résultats obtenus au moment où celui-ci vient se faire impacter à 50 km/h par un véhicule. Il a été vu :

Pour le piéton adulte :

- On passe d'un risque de lésion neurologique nul pour la configuration en choc latéral à un risque de plus de 99% dans le cas d'un impact frontal.
- Risque de fracture crânienne de 2% en choc latéral et de 17% en choc frontal.

Pour le piéton enfant :

- Alors que le risque lésionnel encouru en termes de lésion neurologique était de 0% pour un choc latéral, celui-ci est de 100% pour l'impact frontal de la tête de l'enfant contre le capot.
- Il existe également un risque lésionnel de 57% en termes de fracture crânienne lorsque l'impact est cette fois ci un impact arrière, en comparaison des 13% de risque de fracture crânienne pour un impact latéral et 16% pour un impact frontal.

Dans cette étude complémentaire, seule l'orientation du piéton par rapport au véhicule a été modifiée, bien évidemment des résultats différents seront attendus si l'on change un autre paramètre tel que la vitesse du véhicule, l'angle d'impact du véhicule, la géométrie du front avant du véhicule, la posture du piéton....

4 Synthèse des résultats concernant le rapport L3 « Rapport sur le risque de traumatisme crânien du cycliste en fonction de la vitesse du véhicule et effet du casque »

Des simulations multi corps d'accident permettant d'obtenir la cinématique du cycliste ont été conduites en considérant le modèle de la Clio IV venant impacter un modèle de cycliste de façon latérale et centrée à des vitesses variant de 20 km/h à 60 km/h par pas de 5 km/h, soit au total à neuf vitesses différentes. Pour chaque accident fictif l'analyse de la cinématique réalisée a permis d'extraire les conditions initiales d'impact de la tête sur le parebrise du véhicule. Ces données ont ensuite été utilisées comme données d'entrée pour simuler le traumatisme crânien à l'aide de la MEF par l'utilisation du modèle de tête humaine prédictif des lésions disponible à l'Université de Strasbourg. Pour chaque impact de la tête du cycliste casquée et non casquée le risque de traumatisme crânien a été exprimé en pourcentage de risque de fracture crânienne et de risque de lésion neurologique modérée correspondant à un risque de perte de connaissance.

Pour le cycliste non casqué :

- Un risque lésionnel nul en termes de lésions neurologiques a été calculé pour des vitesses du véhicule inférieures à 50 km/h, pour des vitesses de 50 km/h et plus le risque de lésion neurologique modérée est important compris entre 75 et 100% ;
- Un risque lésionnel inférieur à 10% en termes de fracture crânienne pour des vitesses du véhicule inférieures à 45 km/h, pour des vitesses de 45 km/h et plus le risque de fracture crânienne est de 100%.

Pour le cycliste casqué :

- Un risque lésionnel inférieur à 1% en termes de lésions neurologiques pour les vitesses de véhicule inférieures à 50 km/h ; Un risque entre 70% et 80% pour des vitesses de 50 à 55 km/h et de 100% pour la vitesse de 60 km/h ;
- Un risque lésionnel quasi nul en termes de fracture crânienne pour les vitesses de véhicules inférieures à 45 km/h lorsque le cycliste est casqué. Ce risque passe à 37 % pour une vitesse du véhicule de 45km/h et est de 100% pour des vitesses supérieures.

En dehors du fait que la vitesse de la tête juste avant impact augmente avec l'augmentation de la vitesse du véhicule, nous observons une forte variation de risque de fracture crânienne entre deux pas de vitesses, plus précisément entre 40 km/h et 45 km/h, la raison majeure à ce résultat réside dans la localisation du point d'impact de la tête sur le pare-brise. En effet, autant pour les faibles vitesses la tête impacte le centre du parebrise, autant plus la vitesse du véhicule augmente et plus la tête du cycliste vient impacter le haut du parebrise (son montant) qui est encastré et donc plus rigide entraînant alors un risque de fracture crânienne plus élevé. C'est la combinaison de ces deux phénomènes qui conduit à une telle variation des résultats.

Il est à rappeler ici que ces résultats ne sont valables que pour les conditions d'impact étudiées à savoir le véhicule (dont la face avant correspond à une Clio IV) venant impacter le cycliste adulte en son centre, le cycliste en configuration latérale.

Dans toutes les simulations de la présente étude nous avons considéré la vitesse du cycliste comme étant nulle, bien entendu dès que l'on change cette vitesse cela aura des répercussions à la fois sur la vitesse de la tête de celui-ci au moment de l'impact mais également sur la localisation de l'impact de la tête sur le parebrise ainsi que de son orientation et donc par conséquent sur le risque lésionnel encouru. Il est également à noter que le casque utilisé dans cette étude n'est qu'un des casques vélo existant et que les résultats obtenus ne peuvent être extrapolés pour d'autres configurations ou d'autres casques.

5 Synthèse des résultats concernant le rapport L4 « Rapport sur le risque de traumatisme crânien du cycliste en cas d'ouverture intempestive de la portière »

Le risque de traumatisme crânien du cycliste adulte casqué et non casqué en cas d'ouverture intempestive de la portière et ce pour différentes vitesses du cycliste a également été traité dans cette convention. Les simulations multi corps d'accident permettant d'obtenir la cinématique du cycliste adulte ont été conduites en considérant un modèle générique de cycliste sur un vélo de type VTC venant impacter la portière ouverte d'une automobile la Clio IV à l'arrêt à des vitesses variant de 15 km/h à 25 km/h par pas de 5 km/h, donc au total à trois vitesses différentes. Pour chaque accident fictif l'analyse de la cinématique réalisée a permis d'extraire les conditions initiales de la tête juste avant impact sur le sol en termes de position et de vitesses normale et tangentielle. Dans tous les cas de figure la tête vient impacter le sol en choc occipital et les données calculées lors de la reconstruction multicorps ont ensuite été utilisées comme données d'entrée pour simuler le traumatisme crânien à l'aide de la MEF par l'utilisation du modèle de tête humaine prédictif des lésions disponible à l'Université de Strasbourg.

Afin d'évaluer l'apport du port du casque, pour chacune des trois simulations numériques correspondant aux scénarios étudiés, le risque de traumatisme crânien a été exprimé en pourcentage de risque de fracture du crâne et de risque de lésion neurologique (perte de connaissance) lorsque l'impact se fait tête casquée et non casquée. Il en est ressorti :

Pour le cycliste non casqué :

- Un risque lésionnel de 100% en termes de lésions neurologiques et ce pour toutes les configurations étudiées.
- Un risque lésionnel en termes de fracture crânienne également de 100%.

Pour le cycliste casqué :

- Un risque lésionnel inférieur à 6% en termes de lésions neurologiques pour toutes les vitesses du cycliste étudiées ;
- Un risque lésionnel inférieur à 50% en termes de fracture crânienne pour toutes les vitesses étudiées lorsque le cycliste est casqué.

Cette étude illustre à la fois un risque lésionnel important lors de l'impact d'un cycliste sur une portière ouverte de façon intempestive mais également illustre l'utilité du port du casque puisque l'on passe d'un risque de 100% à <6 % lorsque le casque est porté en termes de perte de connaissance suite à l'impact au sol.

Il est à rappeler ici que ces résultats ne sont valables que pour les conditions d'impact étudiées à savoir le cycliste adulte impactant en son centre la portière ouverte d'un véhicule à l'arrêt, le cycliste est mis dans une position particulière sur le vélo et roule à une vitesse constante. Lors de l'étude du traumatisme crânien du cycliste casqué il est également à noter que le casque utilisé dans cette étude n'est qu'un des casques vélo existant et que les résultats obtenus ne peuvent être extrapolés pour d'autres configurations ou d'autres casques.

6 Conclusion

La présente étude a eu pour objectif d'établir le risque de traumatisme crânien du piéton et du cycliste en fonction de diverses caractéristiques de l'accident, telles, par exemple, la vitesse d'impact du véhicule ou le port du casque. Il est important ici de rappeler que bien évidemment des résultats différents seront attendus si l'on change les conditions initiales utilisées lors des études multicorps menées et expliciter dans les différents livrables de la présente convention comme par exemple :

- L'orientation de l'utilisateur vulnérable (piéton cycliste) par rapport au véhicule mis en jeu
- La vitesse du véhicule
- L'angle d'impact du véhicule
- La géométrie du front avant du véhicule
- La vitesse de l'utilisateur vulnérable au moment de l'impact
- La posture du piéton/cycliste....

Lors de l'étude du traumatisme crânien du cycliste casqué il est également à noter que le casque utilisé dans ces études n'est qu'un des casques vélo existant et que les résultats obtenus ne peuvent être en aucun cas extrapolés pour d'autres configurations ou d'autres casques.