



4 Avril 2024
Wébinaire Mobilité du Cerema

Le rôle du casque à vélo et à EDPm en cas d'accidents



Université
de Strasbourg



Equipe Biomécanique de l'Université de Strasbourg
MEYER Frank, DECK Caroline, BOURDET Nicolas, WILLINGER Rémy

deck@unistra.fr

Agenda



- INTRODUCTION
- OUTILS DISPONIBLES PERMETTANT D'ÉTUDIER LE RISQUE DE TRAUMATISME CRÂNIEN
- EVALUATION DU RISQUE DE TRAUMATISME CRÂNIEN CHEZ LE CYCLISTE ET APPORT DU PORT DU CASQUE
- EVALUATION DU RISQUE DE TRAUMATISME CRÂNIEN CHEZ L'USAGER D'EDPM ET APPORT DU PORT DU CASQUE
- EVALUATION DES CASQUES DU MARCHÉ, MÉTHODE ET RÉSULTATS COMPARATIFS DISPONIBLES

Quelques exemples d'accidents

1



2



Les usagers d'EDPM sont projetés
comme des poupées en cas de
collisions

3



Les accidents sont **violents** même à **faible**
vitesse

Lors de chutes, **la tête est**
très souvent impactée
même s'il existe d'autres
contacts (épaules, bras...)

PAS DE REFLEXES OU TRÈS PEU !

Questions

Quels sont les risques de traumatismes crâniens avec et sans protection?

Quels sont les outils disponibles permettant de répondre à cette question hors statistiques?

Les outils pour étudier le risque de traumatisme crânien



Les outils

Fantômes, **dispositifs anthropomorphes d'essai** (DAE) ou encore "crash test dummies", les **mannequins** sont des répliques taille réelle d'êtres humains, lestées et articulées de manière à simuler le comportement d'un corps humain en cas d'accident. Ils sont **équipés de capteurs** enregistrant autant de données que possible sur les accidents.



MODÉLISATION PAR ÉLÉMENTS FINIS

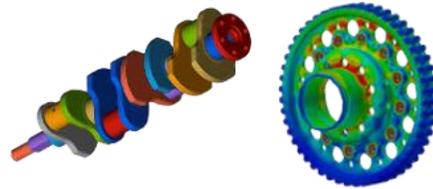


- Méthode de résolution numérique de problèmes reels complexes;
- Représentation précise de géométries complexes et implémentations de propriétés mécaniques réalistes;



Quelques applications

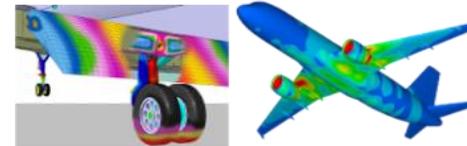
Ingénierie



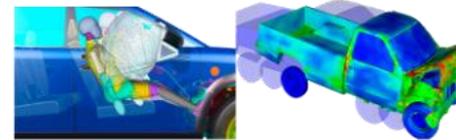
Domaine de la défense



Aviation



Industrie automobile



Nucléaire



Biomécanique



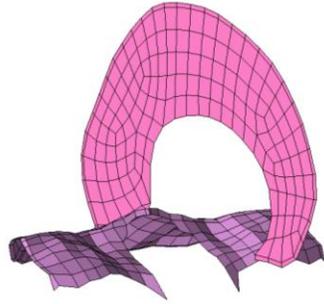
Présentation du SUFEHM



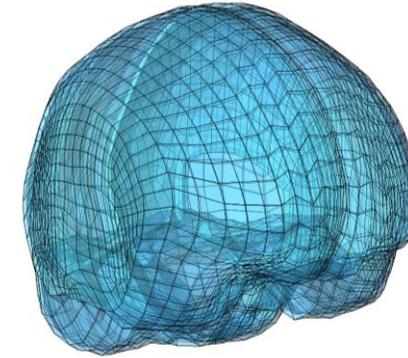
**Cerveau
Cervelet**
(5320 éléments brique)



Membranes
(471 éléments coque)

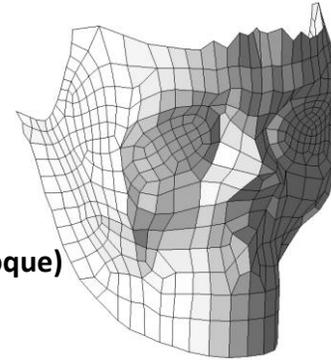


**Liquide
Cérébrospinal**
(2591 brick elements)

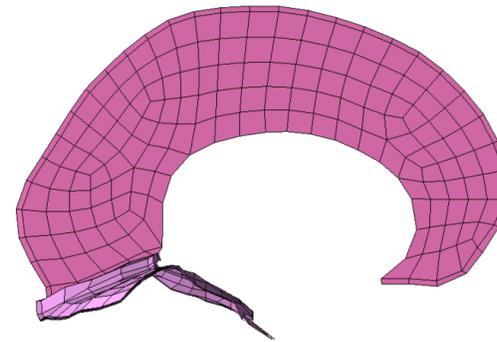
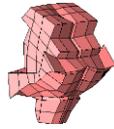


SUFEHM
13208 elements

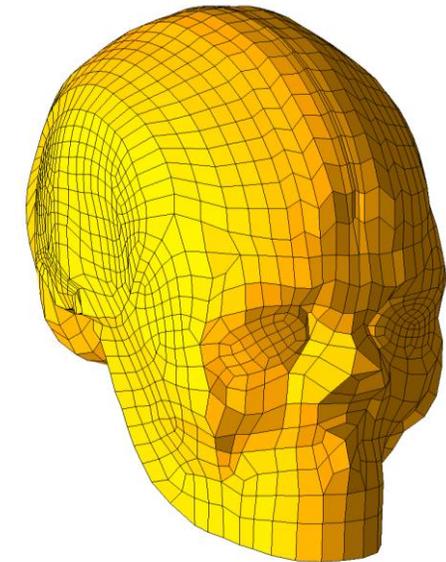
Face
(530 éléments coque)



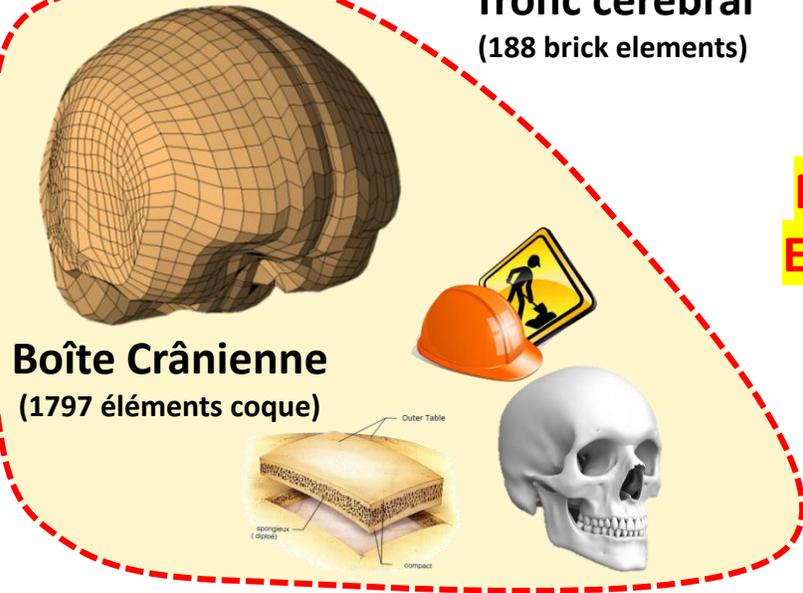
Tronc cérébral
(188 brick elements)



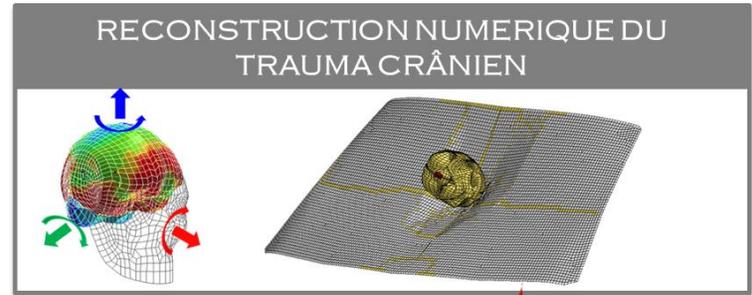
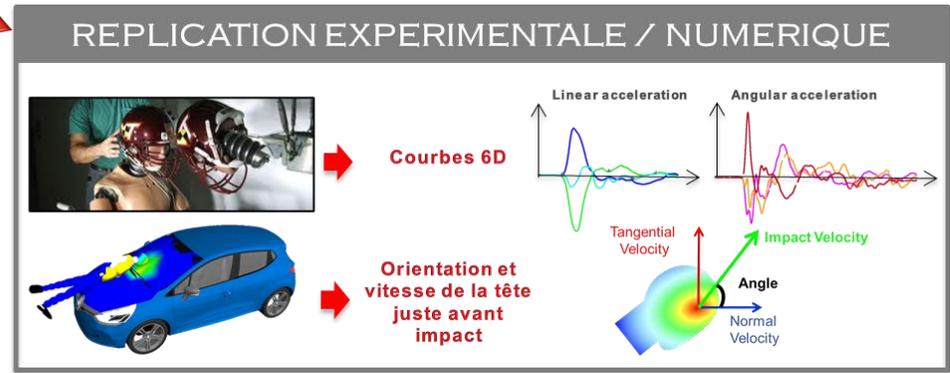
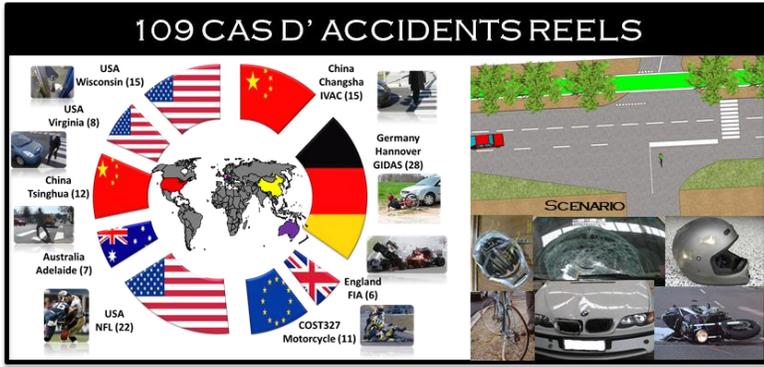
**Modélisation
Éléments Finis**



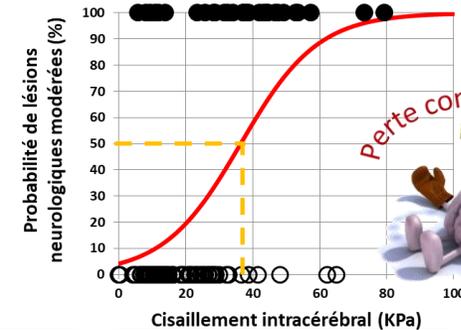
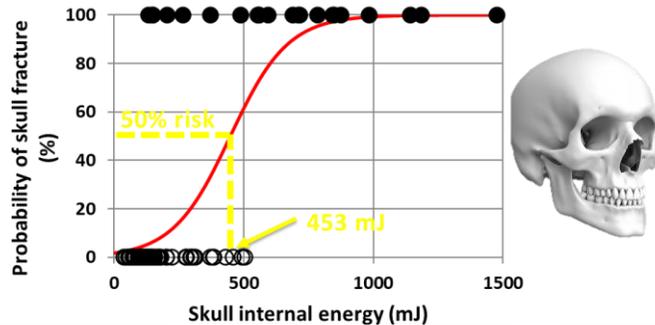
Boîte Crânienne
(1797 éléments coque)



Outil de prédiction des risques de traumatismes crâniens



LIMITES DE TOLERANCE SPÉCIFIQUES À DES MÉCANISMES DE LÉSION



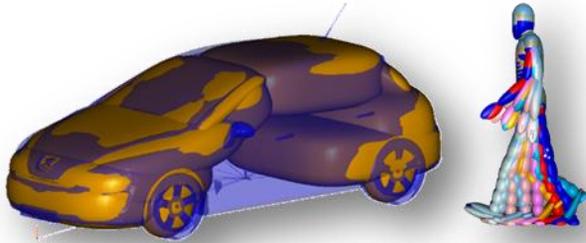
Courbes de risque
Deck et al. 2008



La simulation numérique multi-corps

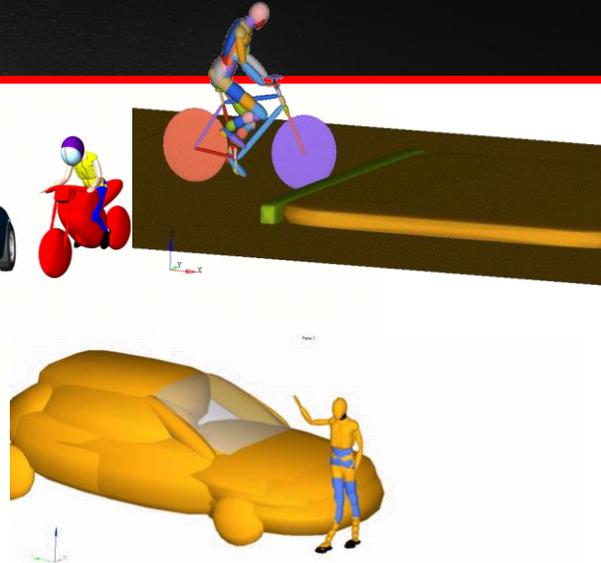
Etude de la cinématique

- Permet de définir **rapidement** les véhicules mis en jeu
- **Efficace** pour reconstruire **un grand nombre** de scénarii
- Etude paramétrique **automatisée**



Modélisation multi-corps

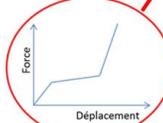
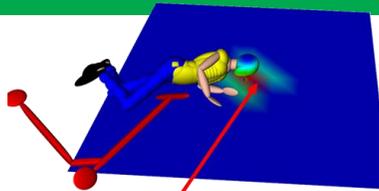
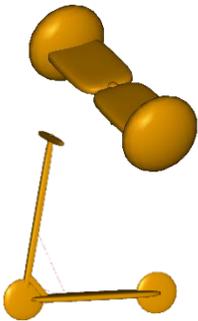
EXEMPLES



Reconstruction d'accidents multi-corps

1

- Modélisation des Vélo/EDPM
- Caractéristiques de la surface impactée
- Modélisation de la victime



Propriété de contact

Masse 73 kg
175 cm

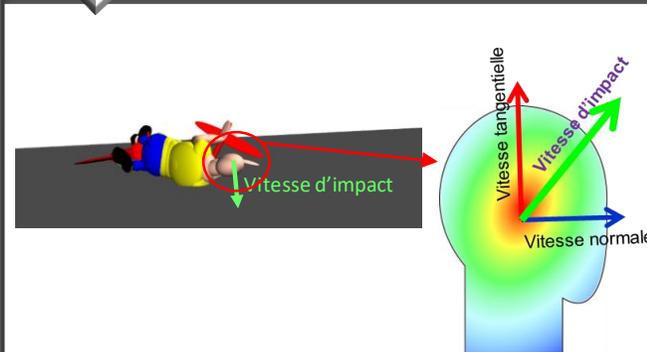
35 kg
137 cm

21 kg
116 cm

Conditions d'impact de la tête

2

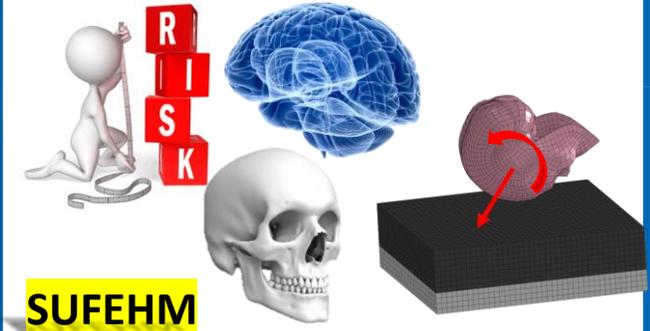
- Définition du point d'impact
- Définition des vitesses au moment de l'impact



Reconstruction du traumatisme crânien

3

- Estimation du risque de fractures crâniennes et de lésions neurologiques



SUFEHM



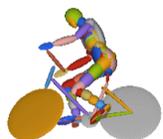
Le cycliste

Contexte

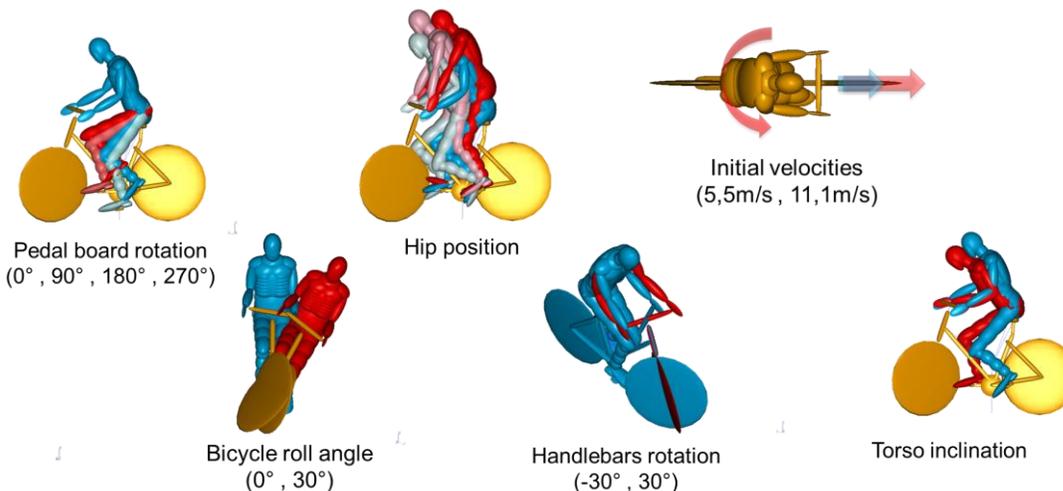
ETUDE DE **1024 CHUTES** PROBABLES DU CYCLISTE:

- IMPACT CONTRE UNE BORDURE DE TROTTOIR;
- SURVENANT APRÈS UNE GLISSADE.

- PLUSIEURS POSITIONS DU CYCLISTE SUR LE VÉLO;
- PLUSIEURS VITESSES DU CYCLISTE



Bourdet et al. (2012)



92% des chutes ont conduit à un impact de la tête sur le sol

Questions

Il existe de nombreuses autres configurations possibles :

- Accidents avec un véhicule
- Ouverture intempestive d'une porte de voiture
- ...

Quels sont les risques de traumatismes crâniens avec et sans protection?



Quelques situations d'accidents du cycliste

IMPACTS VÉHICULE/CYCLISTE 9 VITESSES DU VÉHICULE



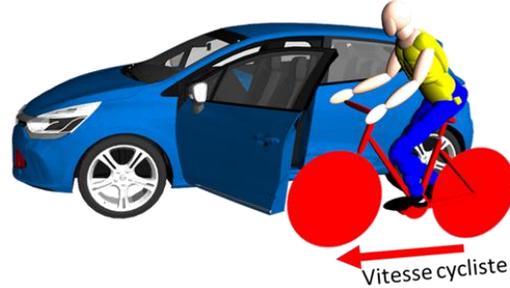
VITESSE DU VÉHICULE 20KM/H



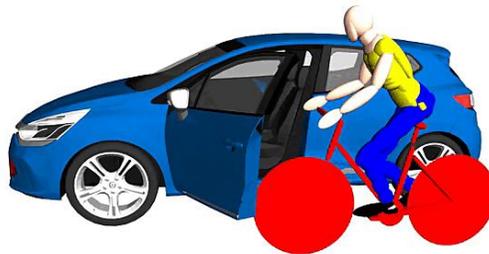
VITESSE DU VÉHICULE 50KM/H



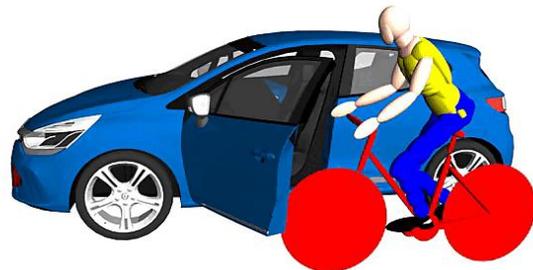
OUVERTURE INTÉPESTIVE D'UNE PORTIÈRE DE VOITURE



VITESSE DU CYCLISTE 20KM/H

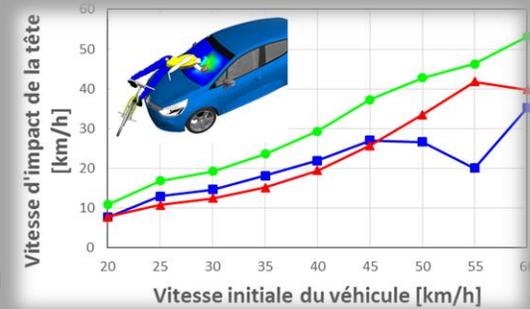
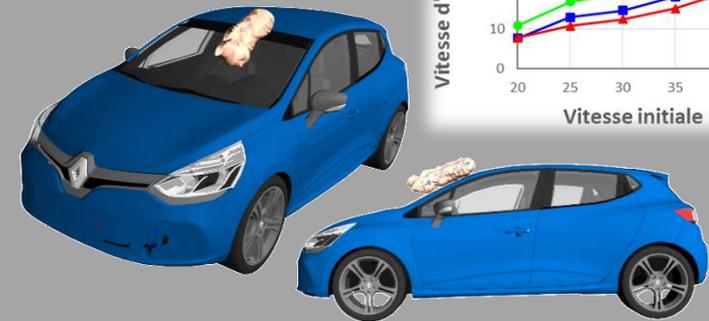


VITESSE DU CYCLISTE 25KM/H

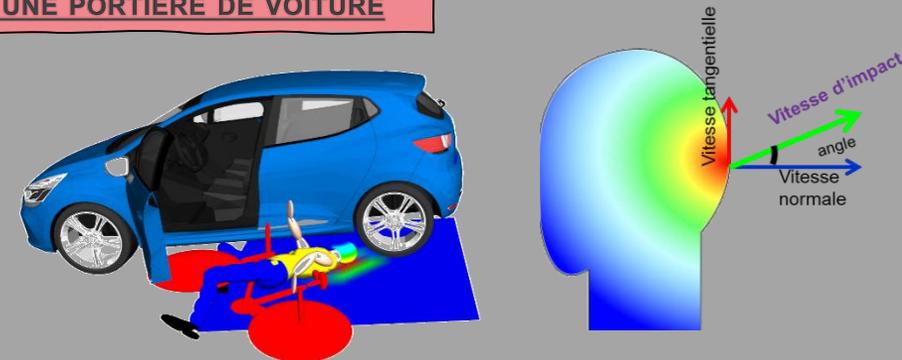


RÉSULTATS DES SIMULATIONS MULTI-CORPS

IMPACTS VÉHICULE/CYCLISTE 9 VITESSES DU VÉHICULE

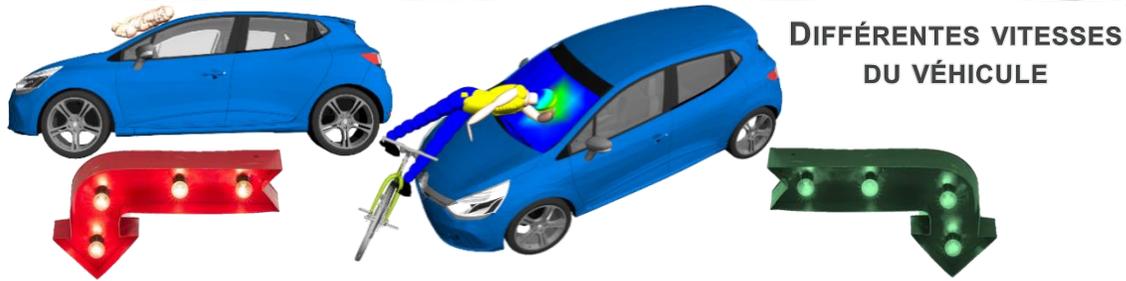


OUVERTURE INTÉPESTIVE D'UNE PORTIÈRE DE VOITURE



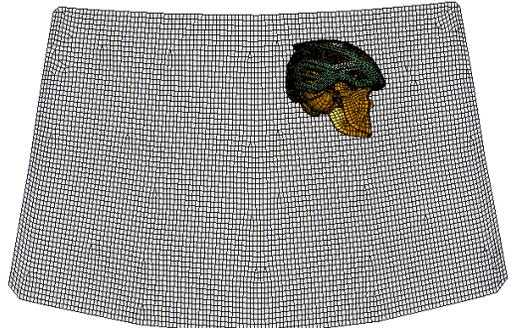
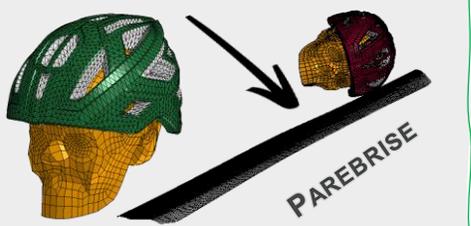
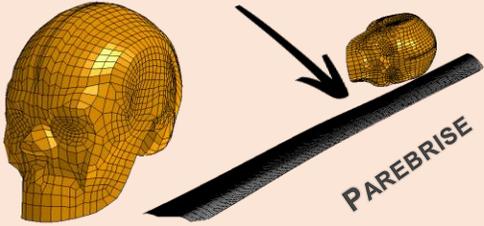
Le risque de traumatisme crânien du cycliste

IMPACTS VOITURE CONTRE CYCLISTE



Sans casque

Avec casque

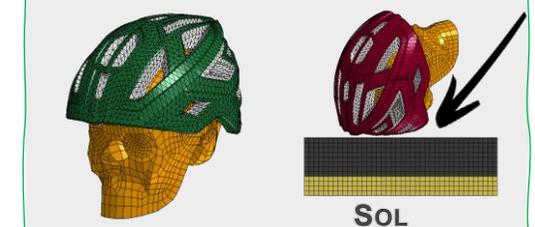
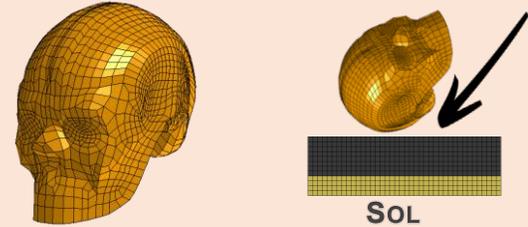


OUVERTURE INTÉPESTIVE D'UNE PORTIÈRE DE VOITURE



Sans casque

Avec casque



- CALCUL DU RISQUE DE LÉSIONS NEUROLOGIQUES MODÉRÉES ET DE FRACTURE CRÂNIENNE
- EFFET DU PORT DU CASQUE



Traumatisme crânien et apport du port du casque

Impacts voiture contre cycliste



POUR UN ACCIDENT À 50 KM/H (VITESSE VOITURE)

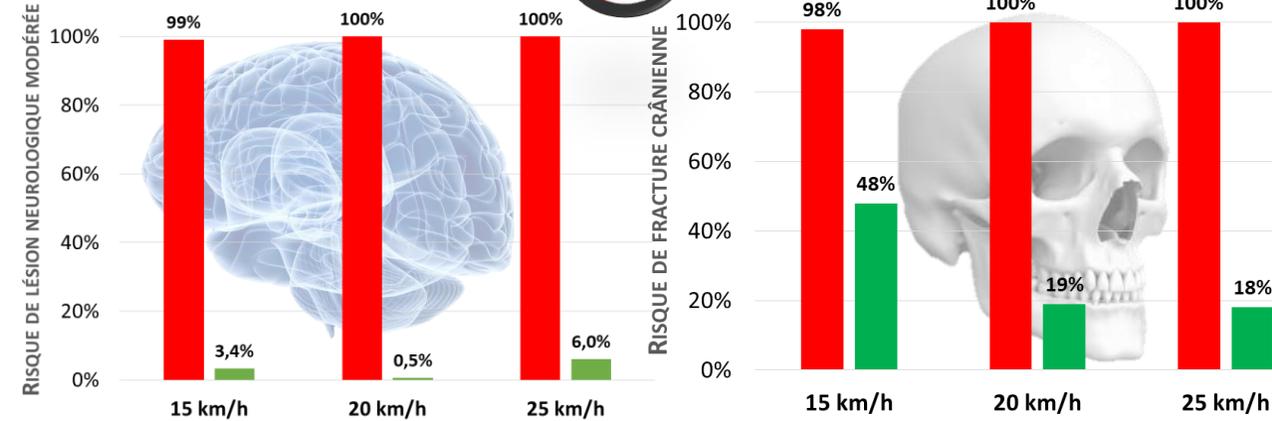
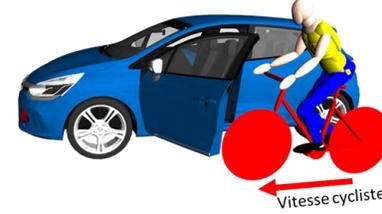
- RISQUE DE LÉSIONS NEUROLOGIQUES MODÉRÉES :



- RISQUE DE FRACTURE CRÂNIENNE DU CYCLISTE :



OUVERTURE INTÉMPÊTE D'UNE PORTIÈRE DE VOITURE



POUR LE **CYCLISTE NON CASQUÉ** ET POUR TOUTES LES VITESSES ÉTUDIÉES :

- RISQUE DE LÉSIONS NEUROLOGIQUES MODÉRÉES DE **100%** ;
- RISQUE DE FRACTURE CRÂNIENNE DE **100%** .



POUR LE **CYCLISTE CASQUÉ** ET POUR TOUTES LES VITESSES ÉTUDIÉES :

- RISQUE DE LÉSIONS NEUROLOGIQUES **<6%** ;
- RISQUE DE FRACTURE CRÂNIENNE **<50%** .



LE PORT DU CASQUE PERMET DE RÉDUIRE JUSQU'À PLUS DE 90% LE RISQUE DE LÉSIONS NEUROLOGIQUES ET PLUS DE 50% LE RISQUE DE FRACTURE CRÂNIENNE DANS CERTAINS CAS



L'utilisateur
d'engins de
déplacement
personnel
(EDPm)

Contexte

Emergence de nouveaux véhicules électriques individuels encore appelés:

- "EDPm" (Engins de Déplacement Personnel motorisés)
- "Nouvelle mobilité électrique"
- "Eco-mobilité"
- "Engins de micro-mobilité"
- "Mobilités innovantes"

• Trottinette électrique

En moyenne, une trottinette électrique se déplace de **25 à 35 km/h voir 40 km/h** pour certains modèles et pouvant atteindre les **50 km/h** pour des trottinettes à selle.



• Hoverboard

- « gyropode sans guidon »

En moyenne, un hoverboard se déplace à **15km/h**.



• Gyroroues

- "monocycle électrique"
- "mono-roue électrique"
- "roue électrique"
- "roue gyroscopique"
- "e-roue"
- "solowheel"

En moyenne, les gyroroues circulent à **25 km/h**. Certaines vont jusqu'à **45km/h** !

• Gyropodes

- "Segway"

Le gyropode peut aller jusqu'à **25km**



Plusieurs questions :

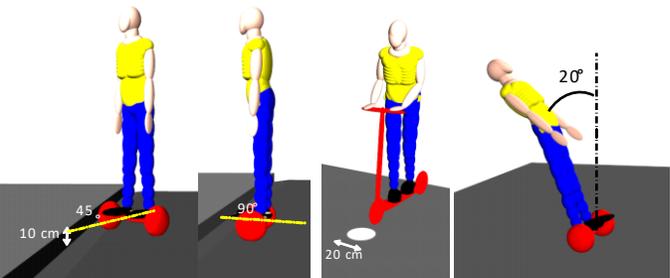
- Conditions d'impact de la tête lors d'une chute d'un usager de ces EDPm?
- Quels sont les risques de traumatismes crâniens encourus?
- Qu'en est-t-il du type d'utilisateur, enfant versus adulte?
- L'apport du casque?
- Capacité de protection des casques existants?
- ...

Méthodologie

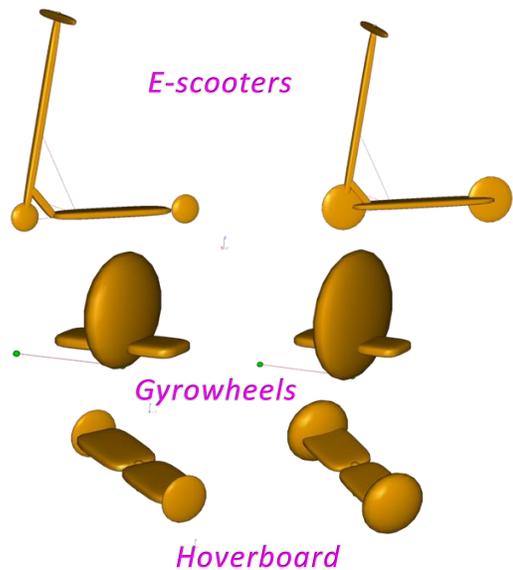
432 simulations d'accidents virtuels ont été menées et analysées

4 Configurations de chute

- 1 déséquilibre
- 1 dégradation de la chaussée (trou)
- 2 angles d'impact trottoir



6 modèles d'EDPM

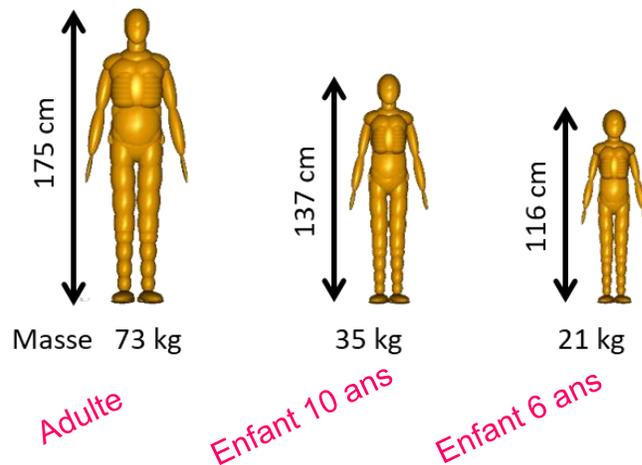


6 Vitesses d'EDPM

(de 5 km/h à 30 km/h par pas de 5 km/h)

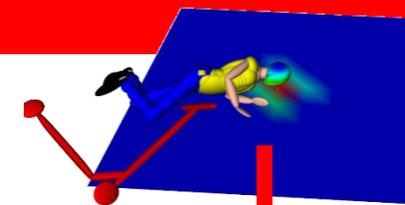
Simulations
Multi-corps

3 Types d'utilisateur



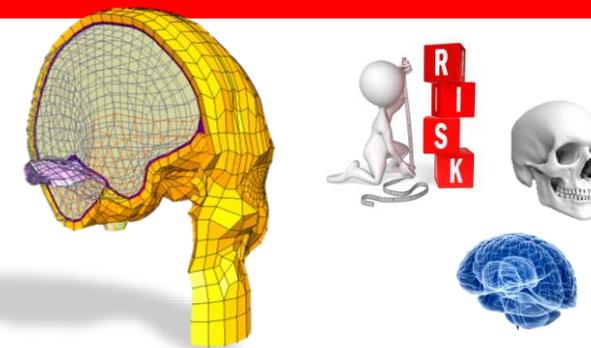
Sorties

- 432 Simulations multi-corps
- Vitesse de la tête à l'impact
- Localisation du point impact tête



SUFEHM

- Evaluation du risque lésionnel:
 - Fracture crânienne
 - Lésion neurologique



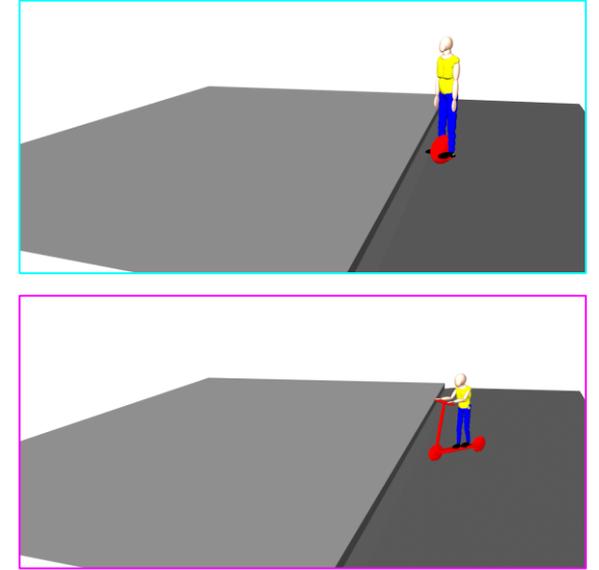
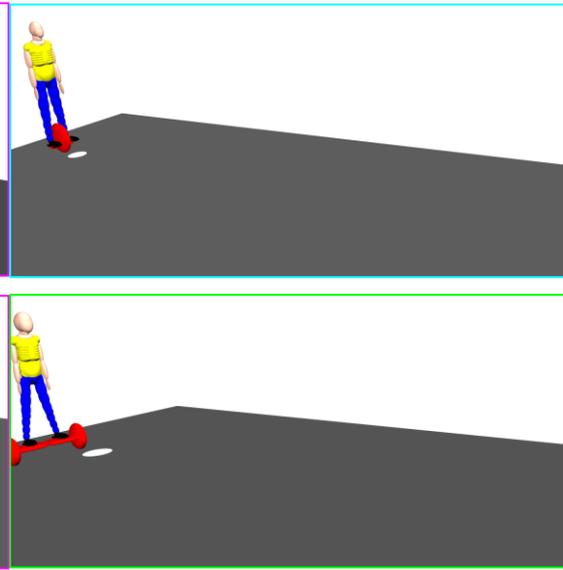
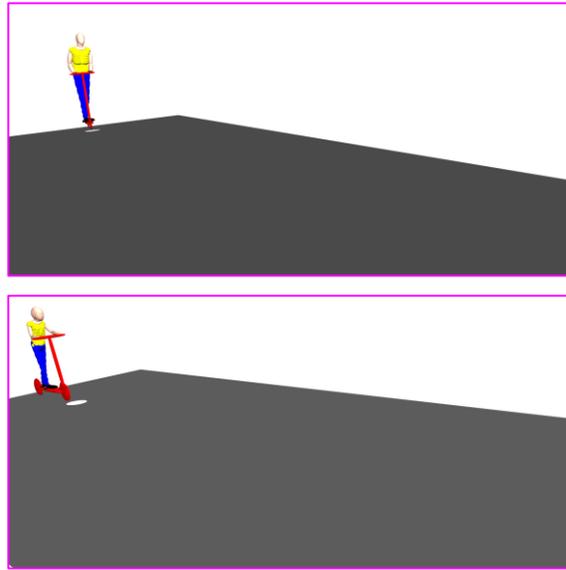
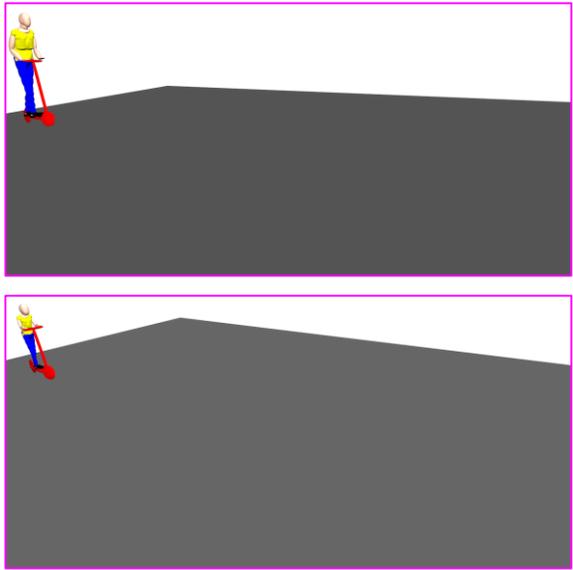
Exemples de simulations de chutes

DIFFÉRENTES VITESSES DU VEE

DÉSÉQUILIBRE LATÉRAL

DÉGRADATION DE LA CHAUSSÉE

IMPACT BORDURE DE TROTTOIR



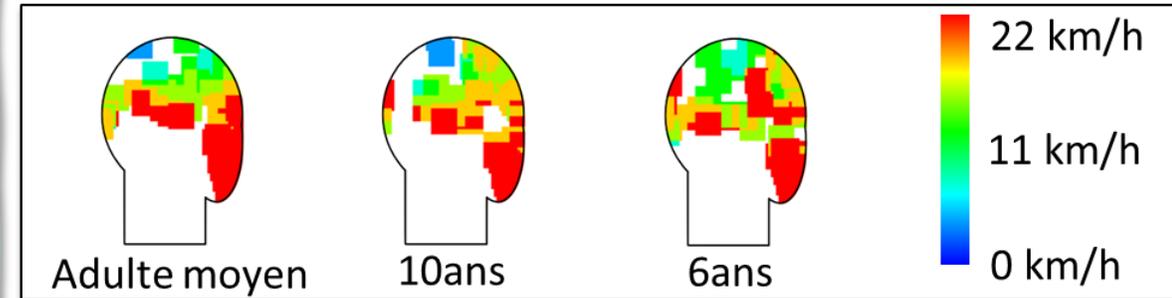
ADULTE

ENFANT

- o La **vitesse** de la tête avant impact est **plus importante** que la vitesse de l'EDPm mis en jeu

Sur 432 scénarios étudiés, le pourcentage d'impact de la tête au sol correspond à :

- **99% des chutes (face incluse)**
- **47% des chutes (face non incluse)**



Synthèse des lésions encourues lors d'accidents d'EDPm



NON CASQUÉ



- ❖ Le risque de **fracture crânienne** est élevé, **90%** des simulations d'impact de la tête conduisent à un risque supérieur à 95%;
- ❖ Le risque de fracture du crâne reste élevé **même à faible vitesse** de l'EDPm;



- ❖ Le risque de lésion neurologique modérée est **supérieure à 50%** pour **90%** des simulations d'impacts;
- ❖ Le risque de **lésion neurologique** est **supérieur à 90%** en moyenne lorsque la **vitesse de l'EDPm dépasse les 20 km/h** et ce quelques soit le type d'utilisateur.



L'effet du port du casque par les usagers d'EDPm ADULTE



Risque de lésion de fracture crânienne encouru

Non Casqué

Casqué

Gyropode	100% ± 1%	31% ± 24%
Mono-Roue	94% ± 23%	23% ± 7%
Trottinette	90% ± 24%	40% ± 35%
Tout EDPm	95% ± 19%	33% ± 27%



Risque de lésion neurologique encouru

Non Casqué

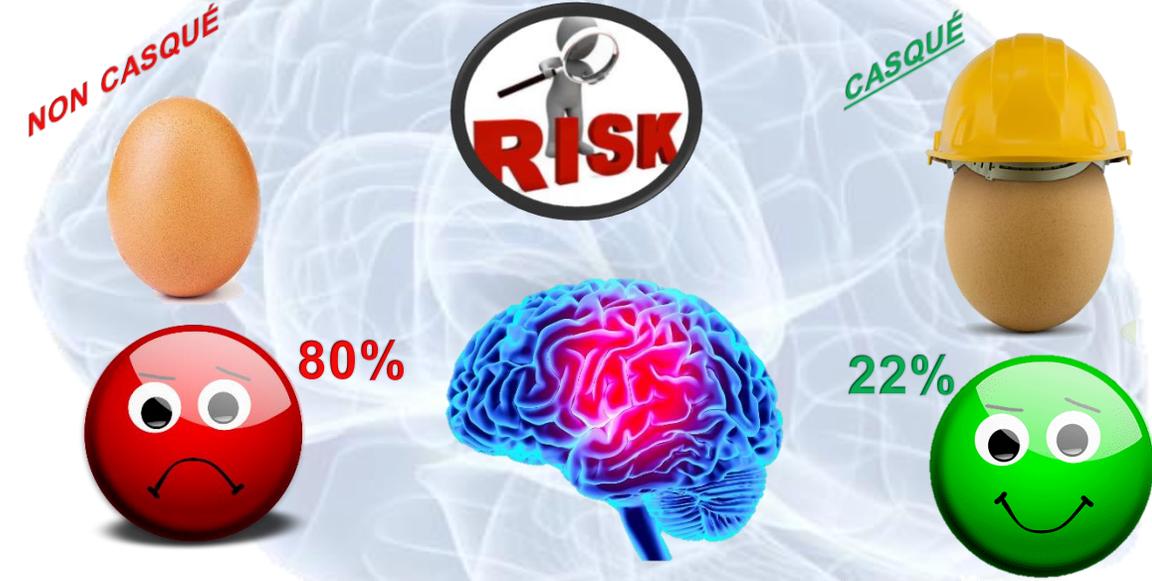
Casqué

Gyropode	85% ± 20%	21% ± 16%
Mono-Roue	83% ± 22%	16% ± 3%
Trottinette	72% ± 28%	26% ± 22%
Tout EDPm	80% ± 25%	22% ± 18%

- Le risque de **fracture crânienne** passe de **95%** à **33%** en moyenne tout EDPm confondus et toutes vitesses confondues lorsqu'il y a port du casque;

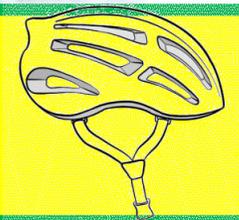


- Le risque de **lésion neurologique** passe de **80%** à **22%** en moyenne tout EDPm confondus et toutes vitesses confondues lorsqu'il y a port du casque;



Le port du casque fait diminuer :

- ❖ le risque de lésion neurologique d'environ 70% et
- ❖ le risque de fracture du crâne de 65%.





PRIX INNOVATION

**2019 SÉCURITÉ ROUTIÈRE
TOUS RESPONSABLES**



**COMMENT COMPARER
ENTRE ELLES LES CAPACITÉS
DE PROTECTION AUX CHOCS
DES CASQUES DU MARCHÉ ?**

Université

de Strasbourg

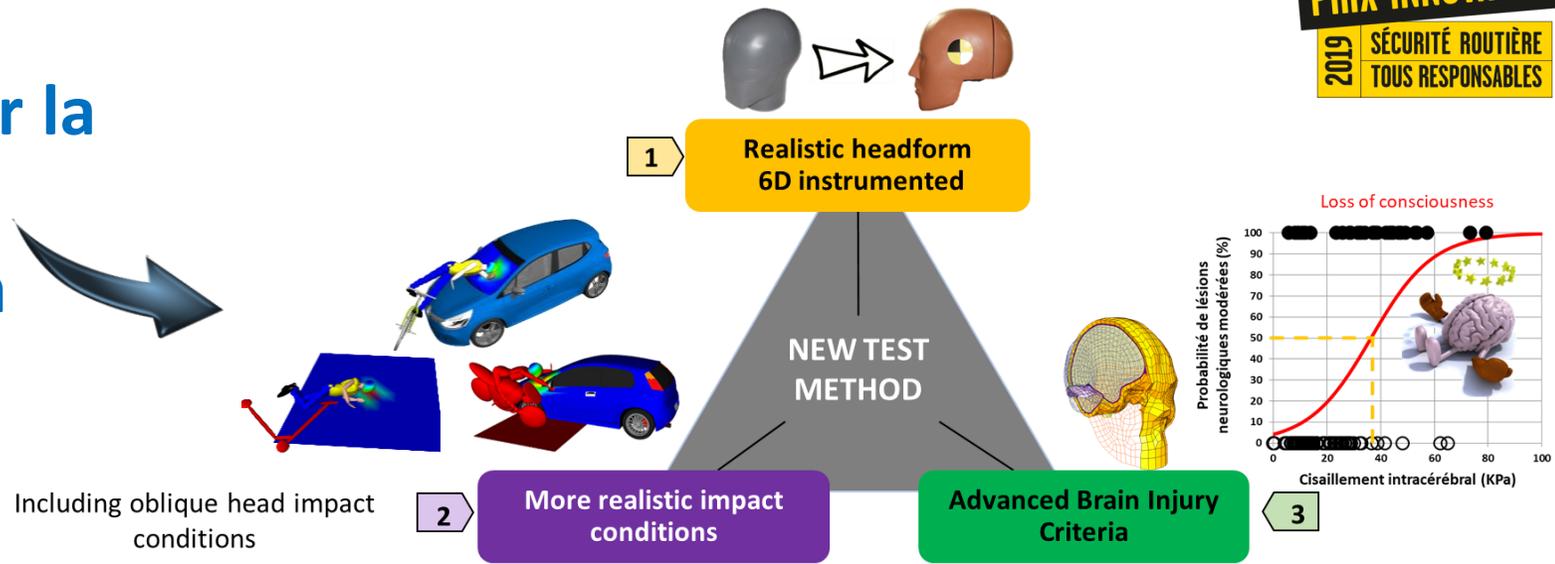


Méthode développée par l'université de Strasbourg

PRIX INNOVATION
2019 **SÉCURITÉ ROUTIÈRE**
TOUS RESPONSABLES



Comment exprimer la performance protectrice d'un casque?



- **Tous les casques du marché homologués CE protègent**
- **Tous les casques testés sont homologués EN1078;**
- **Les casques ont été testés selon la méthode développée par l'UNISTRA**



- **49 modèles de casques vélo/multisports pour enfants, disponibles sur le marché**



- **108 modèles de casques vélo/multisports pour adultes, disponibles sur le marché**

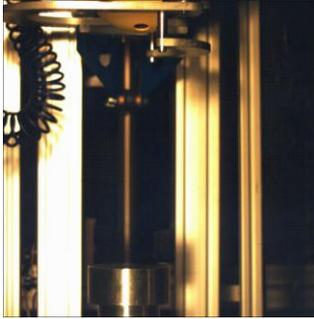


Powerslide Allround-Helmet

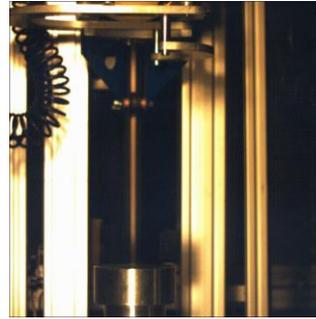
Nouvelles mobilités



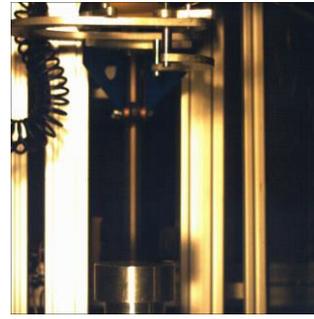
FRONTAL



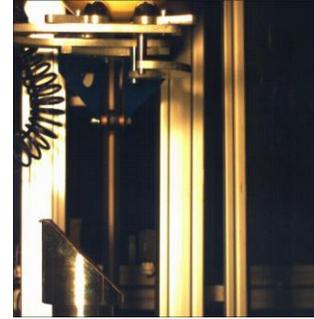
OCCIPITAL



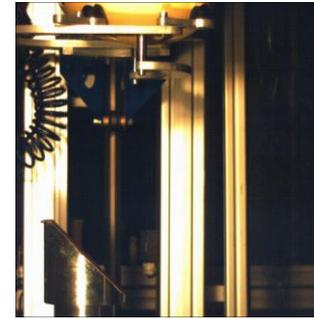
LATERAL



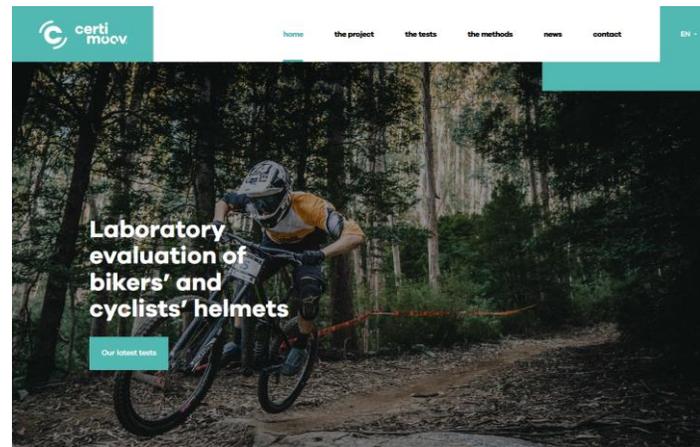
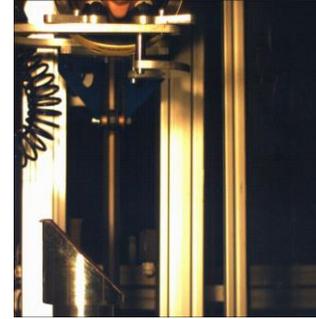
XRot



YRot



ZRot



Choc frontal: ★★★★★	Choc latéral: ★★★★★	Choc arrière: ★★★★★
Choc frontal oblique: ★★★★★	Choc latéral oblique 1: ★★★★★	Choc latéral oblique 2: ★★★★★

L'ensemble des résultats ont été mis gratuitement à disposition sur le site <https://www.certimoov.com/>

- ✓ Tous les casques testés sont **homologués** EN1078 et **protègent**;
- ✓ Les notes varient de **2 à 3 étoiles** pour les casques vélo/multisport **enfants** (49 modèles) et de **2 à 4,5 étoiles** pour les casques vélo/multisport **adulte** (108 modèles) sur les cinq possibles illustrant ainsi la **marge de progression possible** quant à la capacité de protection des casques.



PRIX INNOVATION
2019 SÉCURITÉ ROUTIÈRE TOUS RESPONSABLES



EVALUATION DES CAPACITÉS DE PROTECTION DES CASQUES MOTOCYCLISTES ADULTE ET ENFANT DU MARCHÉ ?

Université de Strasbourg

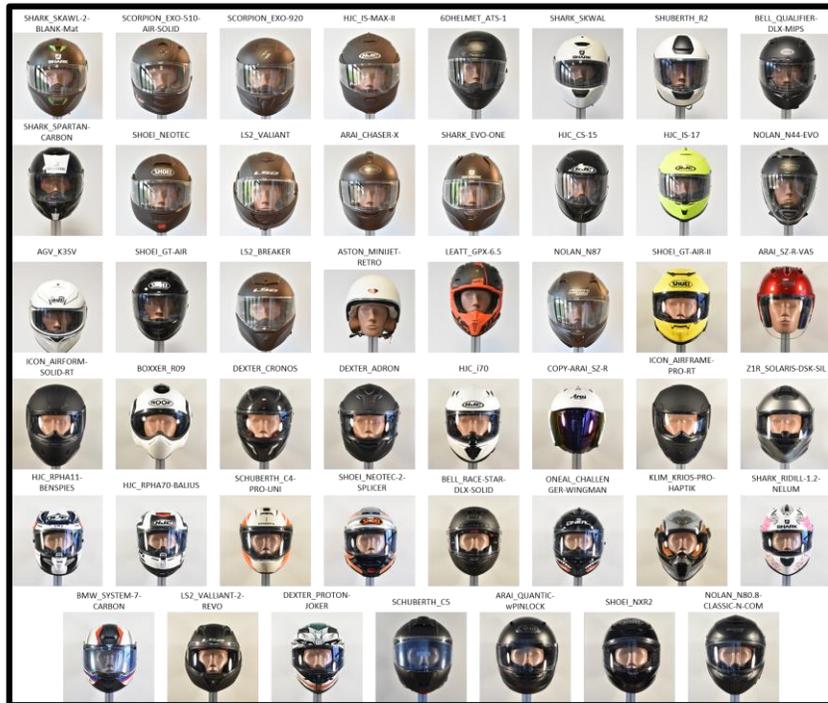


Présentation des casques moto petites tailles et adultes

PRIX INNOVATION
2019 SÉCURITÉ ROUTIÈRE
TOUS RESPONSABLES

- **Tous les casques du marché homologués CE protègent**
- **Tous les casques testés sont homologués ECE R22 05 ou ECE R22 06;**
- **Les casques ont été testés selon la méthode développée par l'UNISTRA**

47 modèles de casques moto pour adultes,
disponibles sur le marché



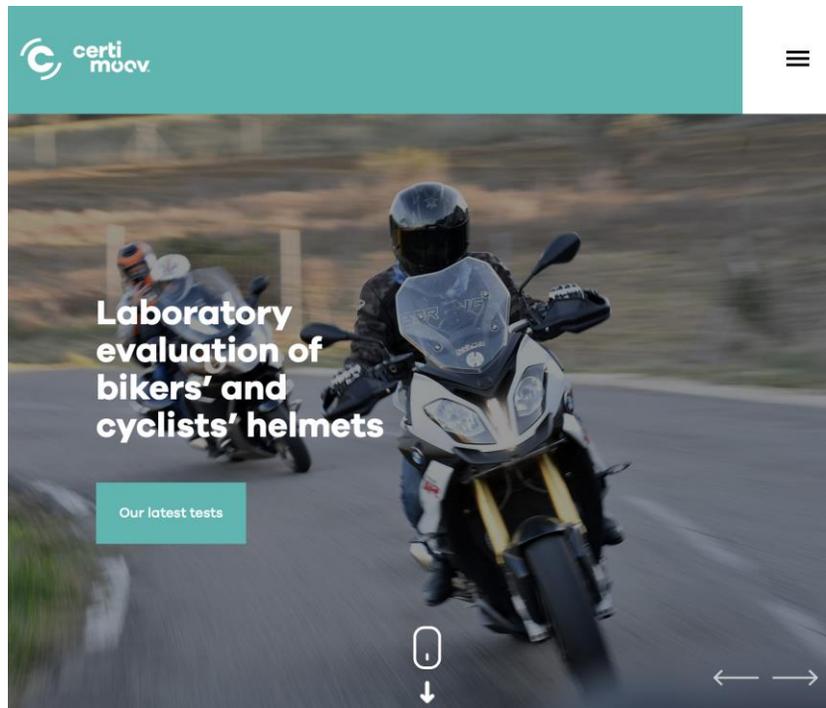
10 modèles de casques moto de petite taille,
pouvant être portés par des enfants,
disponibles sur le marché



- **L'ensemble des résultats est mis à la disposition gratuitement sur le site internet www.certimoov.com**
- **Les casques ont été testés selon la méthode développée par l'UNISTRA**

 **certi moov**

- ✓ Tous les casques testés sont **homologués** ECE R22 05 et R22 06 **protègent**;
- ✓ Les notes varient de **1.5 à 3 étoiles** pour les casques moto petites tailles pouvant être portés par des **enfants** (10 modèles) et de **1.5 à 3,5 étoiles** pour les casques moto **adulte** (47 modèles) sur les cinq possibles illustrant ainsi la **marge de progression possible** quant à la capacité de protection des casques.



	Icon Airform Solid RT	Full-face	€ € € € ★ ★ ★ ★ ★	2/5
	HJC i70	Full-face	€ € € € ★ ★ ★ ★ ★	2/5
	Shoei GT Air II	Full-face	€ € € € ★ ★ ★ ★ ★	3/5
	Arai SZ-R VAS	Jet	€ € € € ★ ★ ★ ★ ★	3/5
	Roof Boxxer R09	Flip-up	€ € € € ★ ★ ★ ★ ★	2.5/5
	Icon Airframe Pro RT	Full-face	€ € € € ★ ★ ★ ★ ★	3/5

- www.certimoov.com
- Mise en ligne du site le **12 mars 2019**
- Partenariat avec Moto Magazine

4 Avril 2024

Wébinare Mobilité du Cerema

Le rôle du casque à vélo ou à EDPm en cas d'accidents

IL YA DES CHOSES QUI ONT UN PRIX ... D'AUTRE PAS



Merci

