

Reconstructions et simulations numériques d'accidents réels véhicule/cycliste (projet Bicytete)

Thierry SERRE ^{a,b}
Maxime LLARI ^a
Christophe PERRIN ^b

a- Laboratoire de Biomécanique Appliquée, UMRT 24 IFSTTAR-Univ. de la Méditerranée,
Marseille

b- Laboratoire Mécanismes d'Accidents, Salon de Provence



IFSTTAR

Plan / Objectif

- Méthodologie:
 - Le recueil d'accidents EDA
 - La modélisation numérique multicorps
 - Validation du modèle
- Résultats:
 - Exemple 1: choc fronto-frontal VL-cycliste
 - Exemple 2: choc fronto-latéral VL-cycliste
 - Exemple 3: Chute au sol cycliste seul
 - Caractéristiques impacts têtes

Meilleure
compréhension
des Mécanismes
d'Accidents
(impact tête)



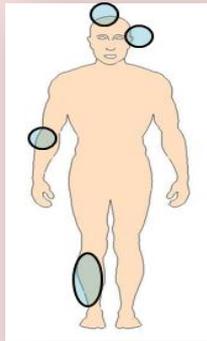
Méthodologie Générale

Recueil de données: Études Détaillées d'Accidents

SCENARIO



CARACTERISTIQUES ET LESIONS DE LA VICTIME

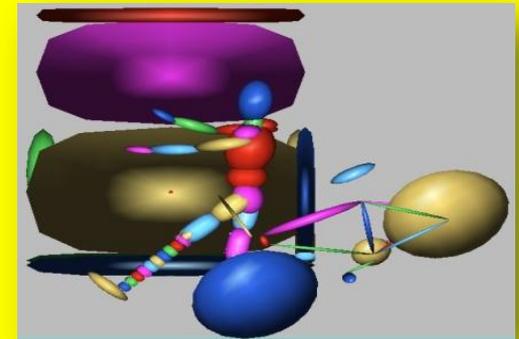


ENDOMMAGEMENTS DES VEHICULES MIS EN JEU



Simulation numérique

DETERMINATION DE LA
CINEMATIQUE DE LA
VICTIME ET DES
CONDITIONS INITIALES
DE L'IMPACT TÊTE

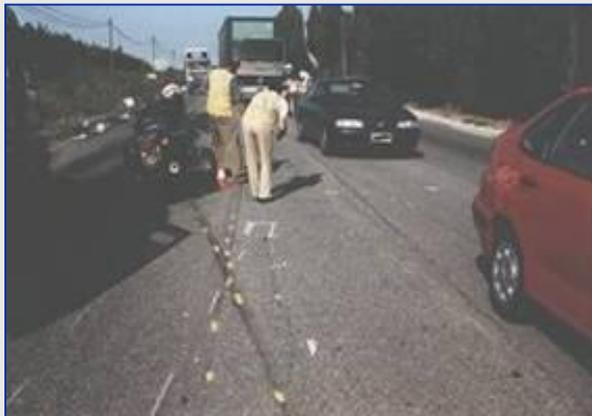


OBTENTION DE :

- Vitesse relative tête/parebrise
- Position de la tête avant impact
(angle et localisation)

Étude Détaillée d'Accidents (EDA)

- Une intervention en temps réel sur les lieux de l'accident par une équipe multidisciplinaire (psychologue et technicien)



Recueil de données :

- Environnement
- Homme
- Véhicule



Analyse de 16 cas d'accidents

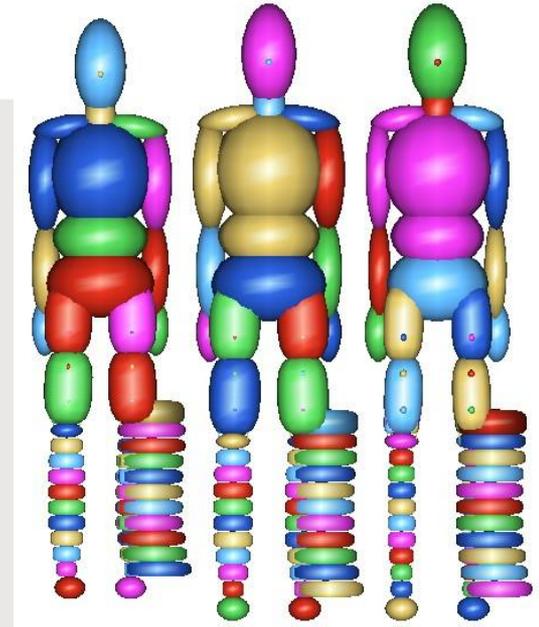
	Cas d'accident	Choc VL	Choc Cycl.	Vitesse VL [km/h]	Vitesse Cycl. [km/h]	AIS Tête	Casqué
1	IFSTTAR 1993019	Frontal	Latéral	10-20	5-15	0	Non
2	IFSTTAR 1994038	Frontal	Frontal	40-50	10-20	1	Non
3	IFSTTAR 1995012	Frontal	Frontal	50-70	10-20	2	Non
4	IFSTTAR 1995042	Frontal	Latéral	40-50	5-15	5	Non
5	IFSTTAR 1996011	Frontal	Frontal	10-20	15-25	1	Non
6	IFSTTAR 1998008	Latéral	Frontal	10-15	15-25	0	Non
7	IFSTTAR 1998036	Frontal	Arrière	10-20	5-15	0	Non
8	IFSTTAR 1999009	Frontal	Latéral	15-25	15-25	2	Non
9	IFSTTAR 1999092	Side Swipe	Arrière	70-90	10-20	6	Non
10	IFSTTAR 1999108	Frontal	Latéral	50-70	0-10	3	Oui
11	IFSTTAR 1999111	Frontal	Latéral	60-80	5-15	5	Non
12	IFSTTAR 2004025	Frontal	Latéral	50-70	5-15	1	Non
13	IFSTTAR 2005027	-	Chute seule	-	20-30	1	Non
14	IFSTTAR 2005048	Frontal	Latéral	5-10	15-25	2	Oui
15	IFSTTAR 2007024	Frontal	Latéral	10-15	15-25	1	Non
16	IFSTTAR 2008004	Frontal	Latéral	10-15	10-20	2	Non



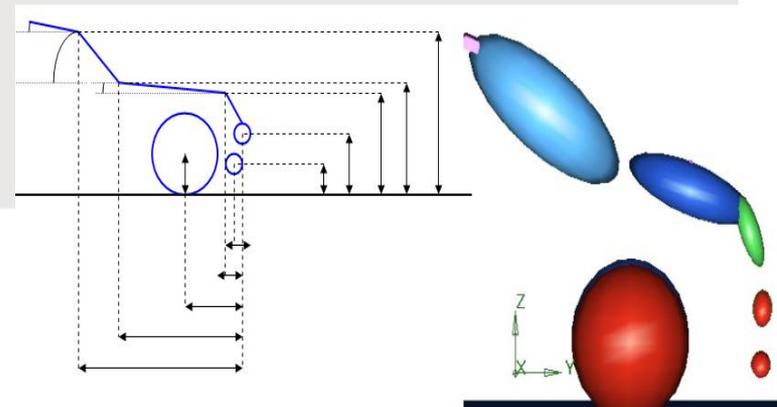
Simulation numérique d'un accident

Basé sur la théorie des systèmes mécaniques multicorps et sur le logiciel Madymo

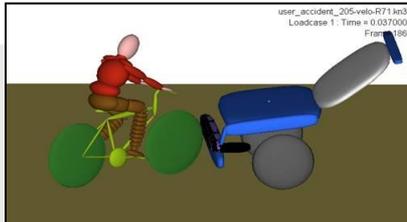
- ❑ Modèle d'être humain
- ❑ Modifiable géométriquement pour être adapté à la morphologie de la victime
- ❑ Voiture et vélo paramétrable
- ❑ Validé par comparaison avec des essais expérimentaux



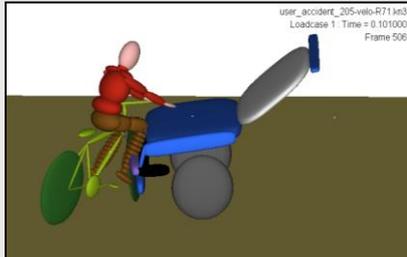
(1m65,75Kg) (1m75,75Kg) (1m75,65Kg)



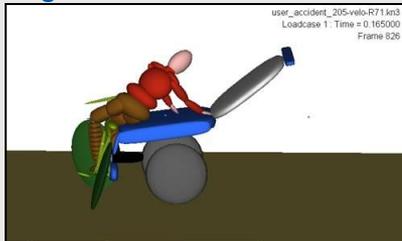
Validation qualitative et quantitative par comparaison avec des crash-tests



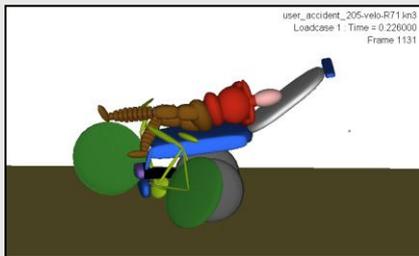
Position à l'impact



Impact genou



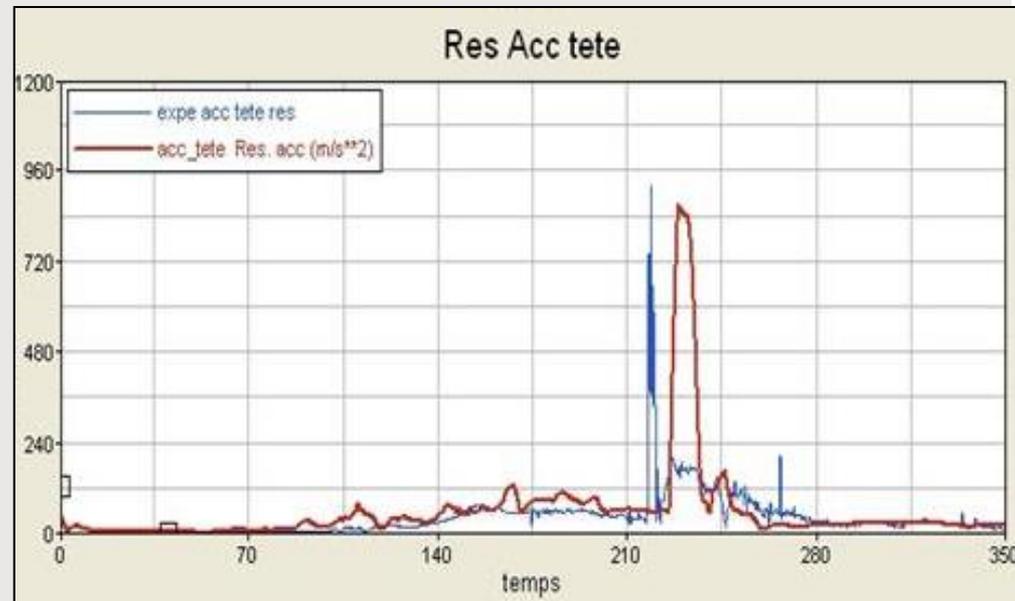
Impact bassin



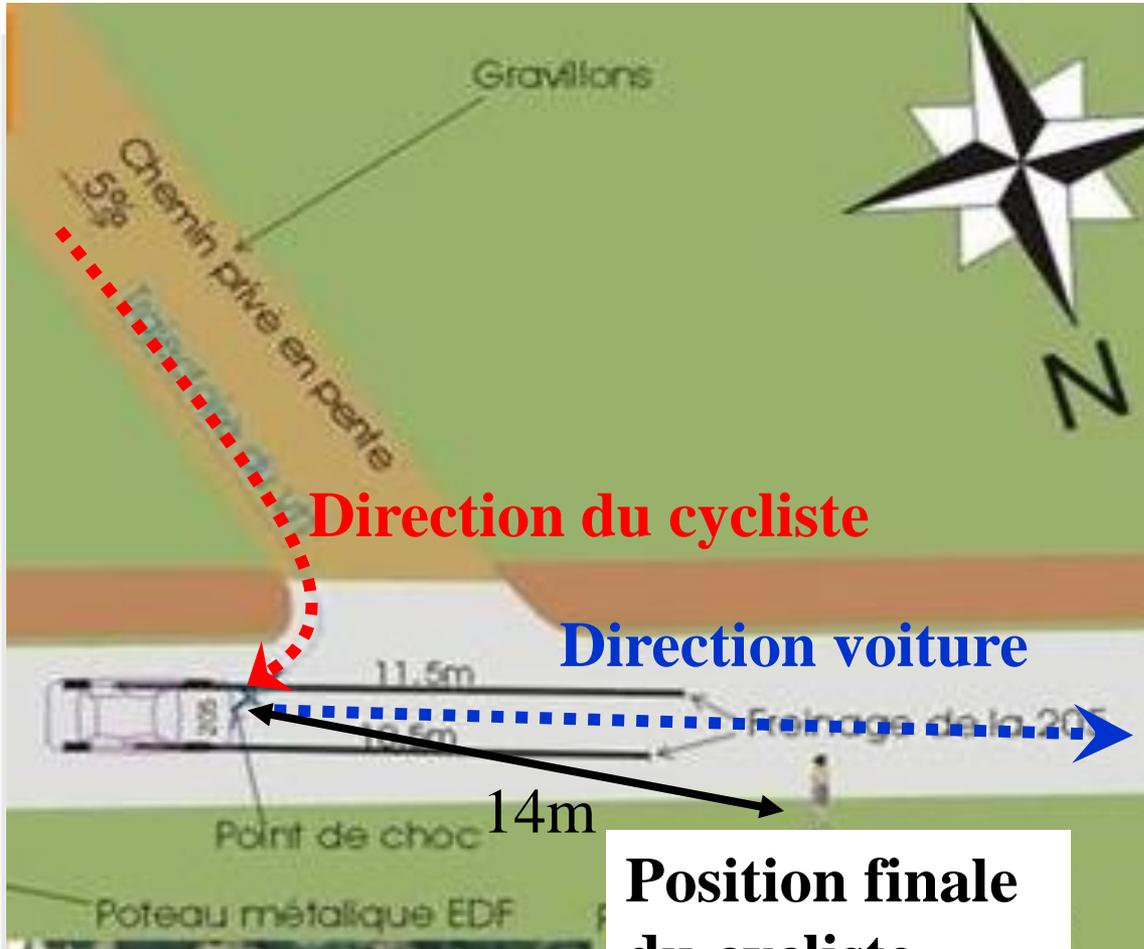
Impact épaule / tête

Exemple d'un choc à 32 km/h

Accélération tête



Exemple 1: choc fronto-frontal VL/cycliste

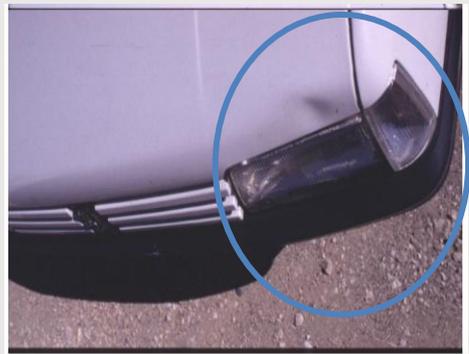


- Choc frontal avec un angle
- Véhicule: Peugeot 205
- Cycliste: garçon de 13 ans avec une vitesse initiale



Exemple 1: Enquête Détaillée

- Véhicule



**vitesse d'impact
estimée à 46 km/h**



- Cycliste:

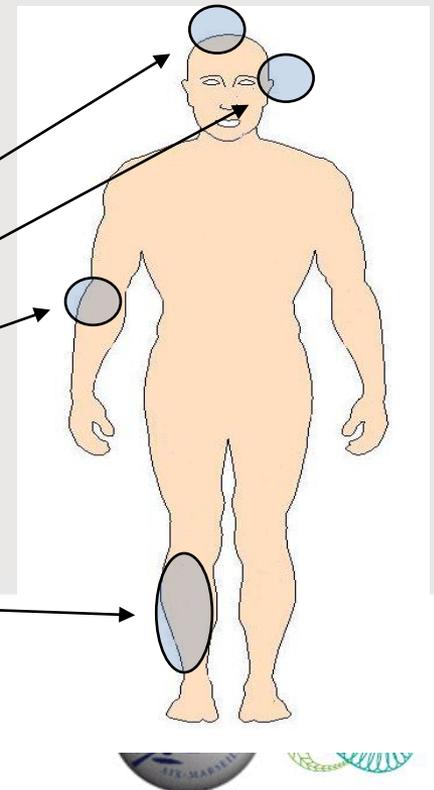
- **Vitesse d'impact 15 km/h**

- **Traumatisme crânien**

- **Plaies oreille gauche**

- **Dermabrasion
coude gauche**

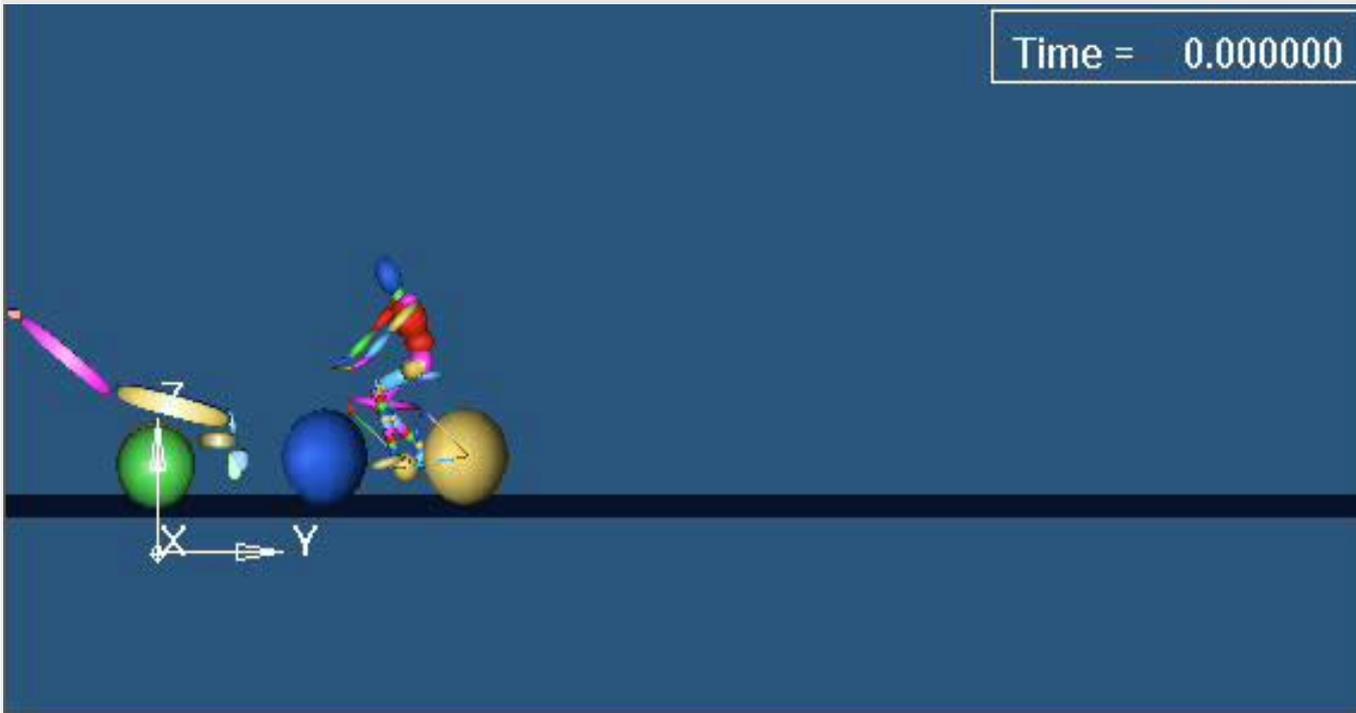
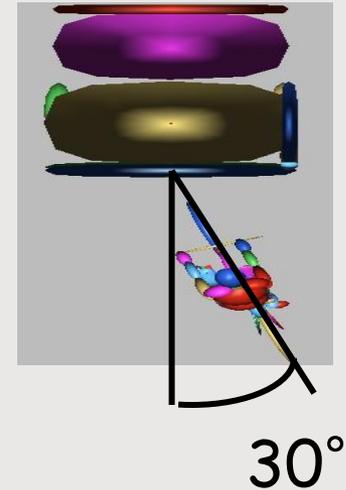
- **Fractures tibia et
fibula droites**



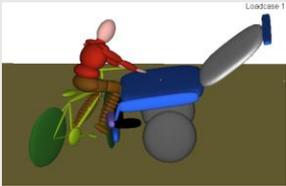
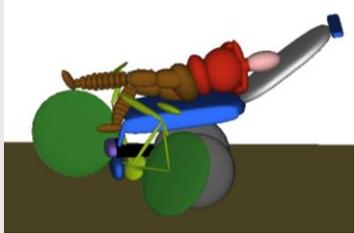
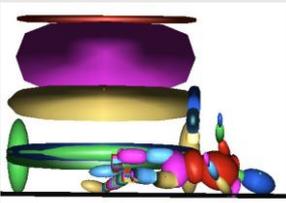
Exemple 1: Étude paramétrique numérique

Détermination de la configuration la plus probable par la variation de certains paramètres :

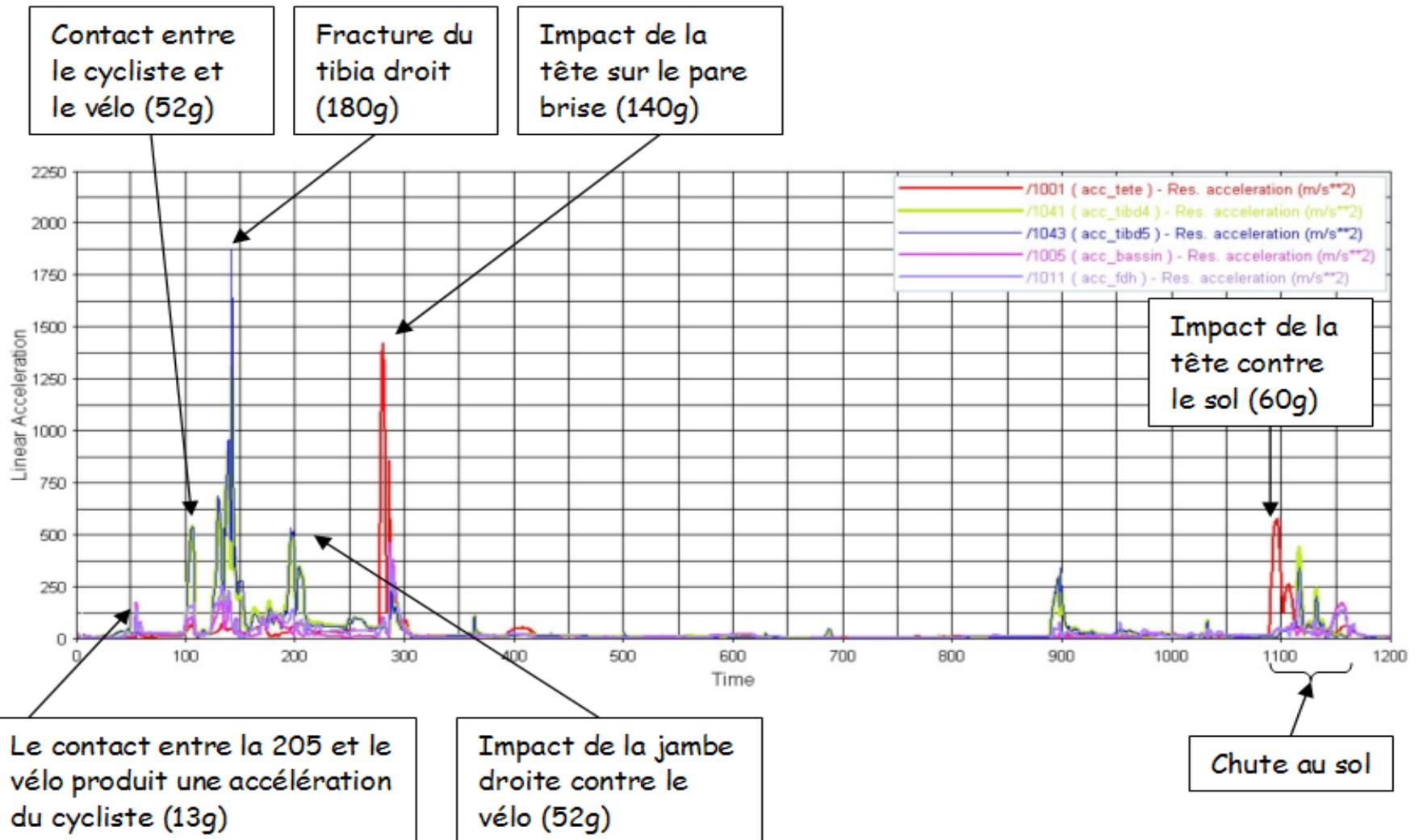
- Orientation du cycliste
- Vitesse d'impact (véhicule et cycliste)
- Position du cycliste sur le vélo
- ...



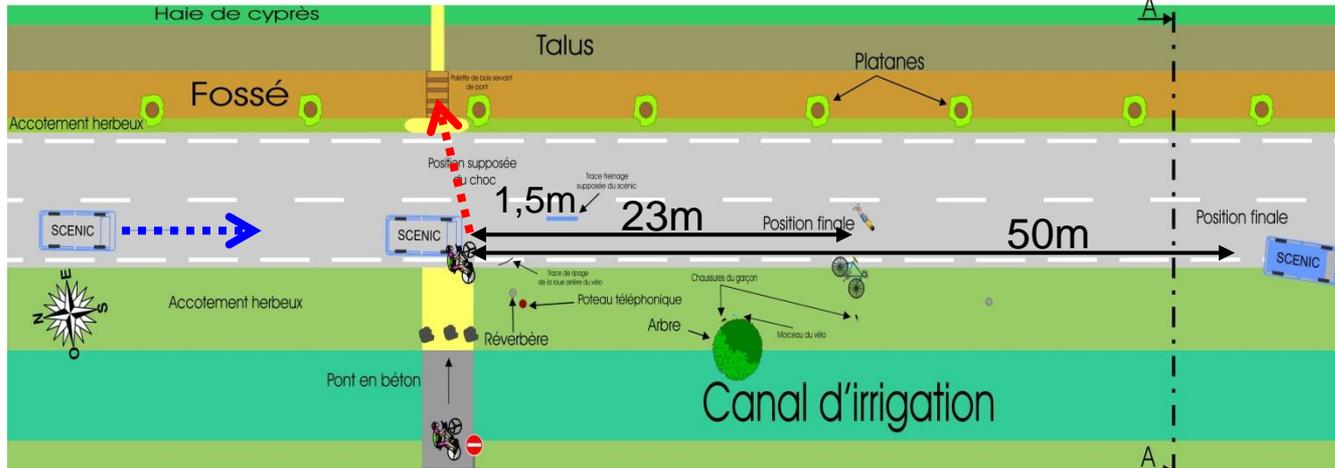
Analyse cinématique et validation

Temps	Simulation numérique	Données réelles
135ms	<p>Fracture au niveau de la moitié supérieure du Tibia droit</p> 	<p>Fracture du 1/3 supérieur du péroné et du tibia droit</p> 
285ms	<p>Impact de la partie Droite de la tête</p> 	<p>Traumatisme crânien du siège pariéto-occipital droit</p> 
1100ms	<p>Impact de la tête sur le sol. Retombé du cycliste sur le côté gauche</p> 	<p>Petite plaie rétro-auriculaire gauche. Dermabrasions du coude gauche</p>  

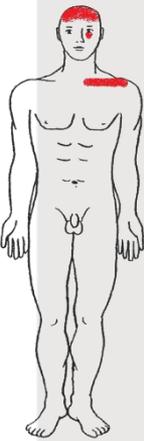
Analyse chronologique et biomécanique



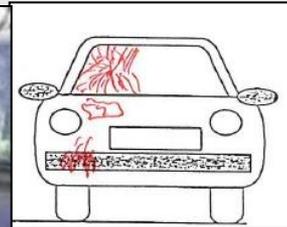
Exemple 2: choc fronto-latéral VL/cycliste



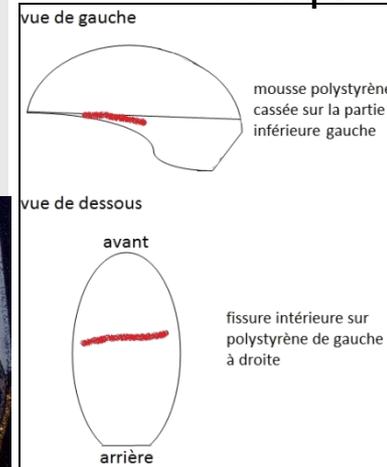
- choc fronto-latéral
- Renault Scenic
- Vit $v_L = 50-70$ km/h
- cycliste : garçon (11ans, 1.35m, 30kg)
- Vit $v_{vélo} = 0$ km/h
- **WAD = 1.83m**
- **Dist. projection = 23m**



- coma (score de Glasgow =3)
- Multiples foyers hémorragiques (frontaux, cérébelleux, thalamiques)
- Hypertension intracrânienne.
- Fracture de la clavicule gauche
- Contusion sous orbitaire gauche



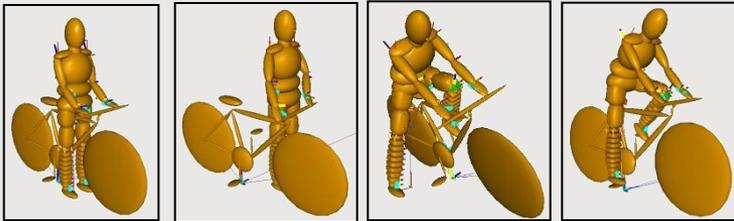
Casque



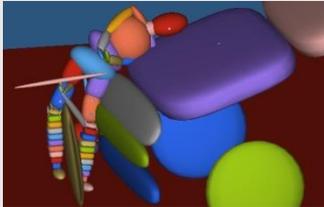
Exemple 2: étude paramétrique numérique

Etude paramétrique :

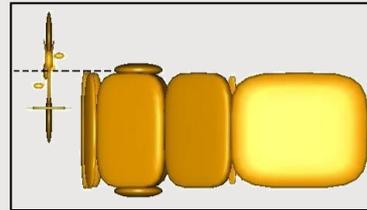
- Vit._{VL} = 40 à 70 km/h
- 3 positions du cycliste / VL
- 4 postures pour le cycliste



Mauvais point d'impact

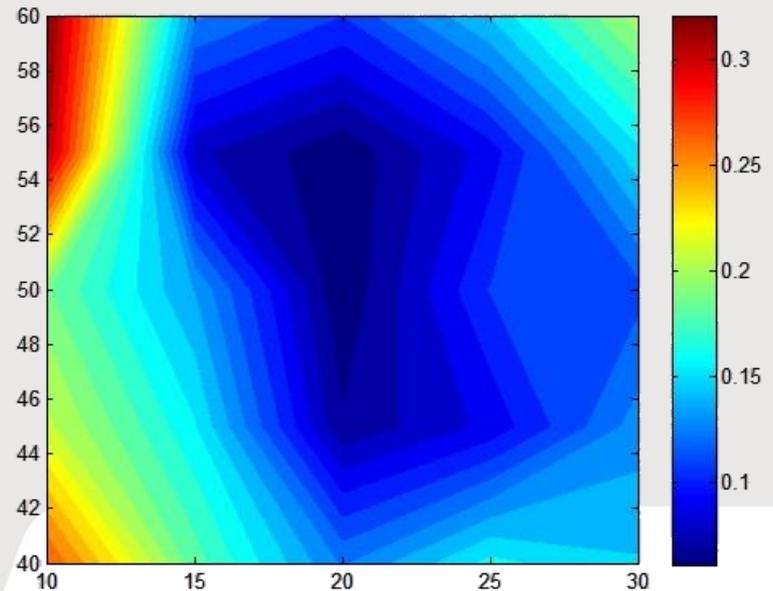


Détermination de la configuration la plus probable par des algorithmes d'optimisation (~ 100 simulations)



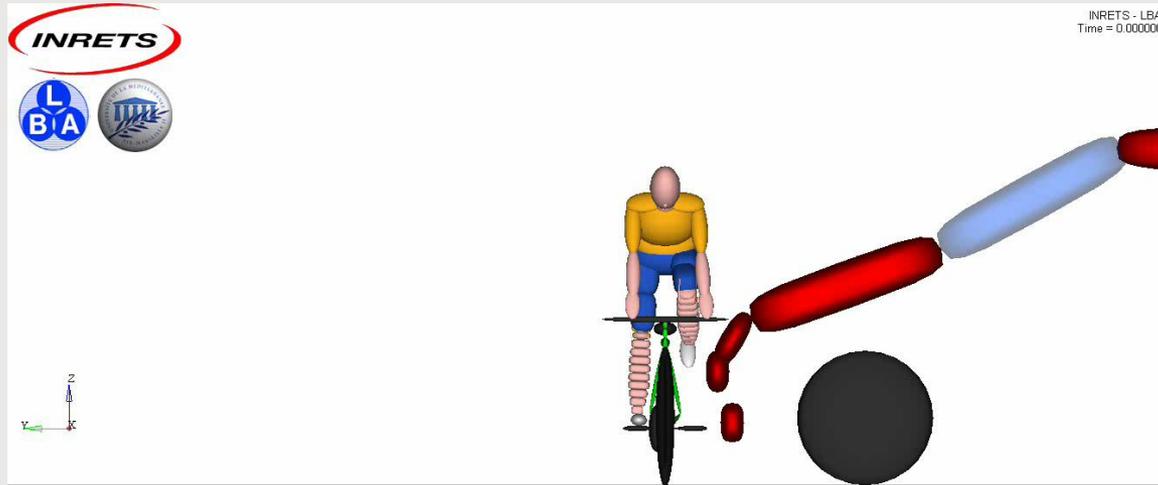
Paramètres fixés :

- Vitesse_{vélo} = 0 km/h
- Angle d'impact = 90°



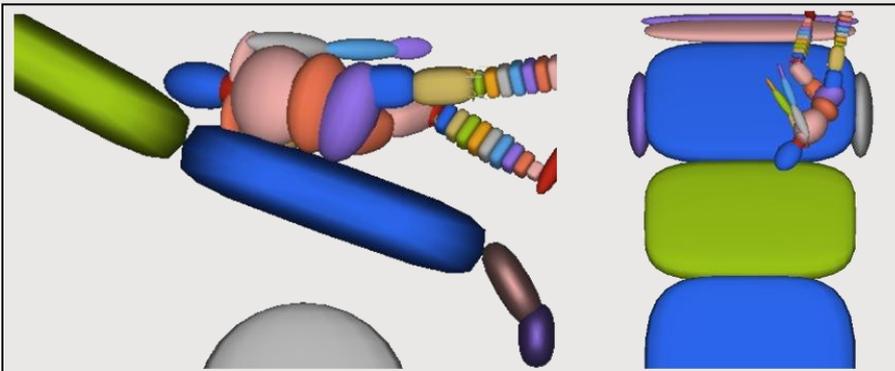
représentation de la f° d'évaluation par rapport à la vitesse_{VL} et à la position

Exemple 2: Simulation numérique



- WAD = 1.81m (1.83m)
- d. proj = 24.4m (23m)
- $V_{VL} = 55 \text{ km/h}$

Paramètres impact tête:



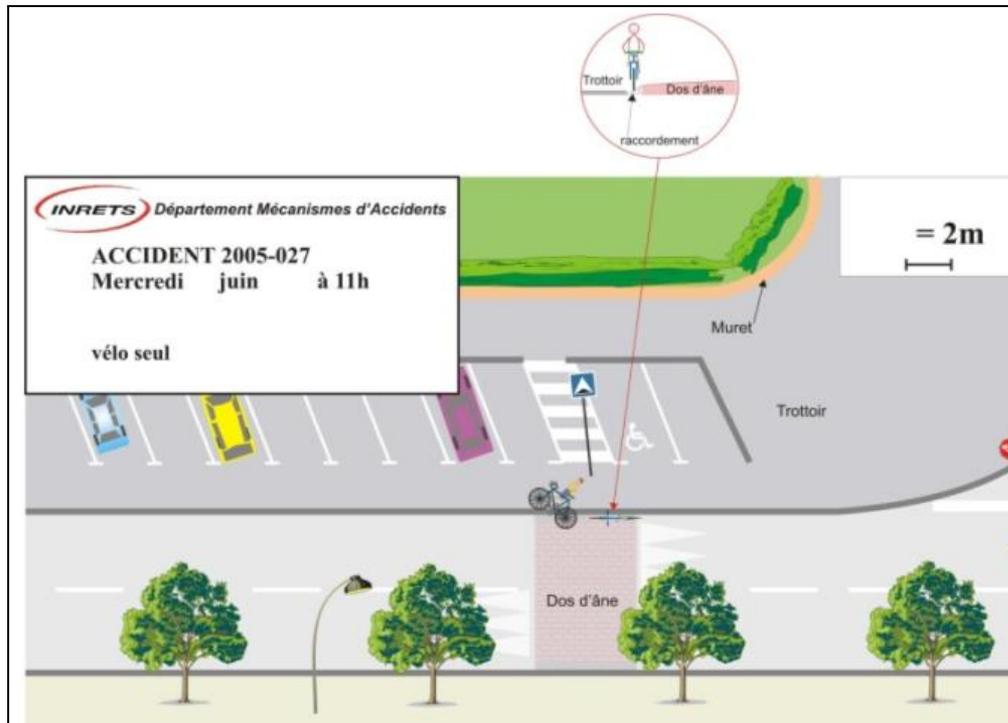
	X (m)	Y (m)	Z (m)
position tête/pare-brise	0,252727	0,0774541	0,0927402

	φ (rad)	θ (rad)	ψ (rad)
angle tête/pare-brise	1,44074	-0,613776	-3,02395
angle tête/buste	-0,0241858	-0,0120409	0,0526262

	V_x (m.s ⁻¹)	V_y (m.s ⁻¹)	V_z (m.s ⁻¹)
vitesse linéaire tête/pare-brise	2,52101	-6,76667	-0,923917

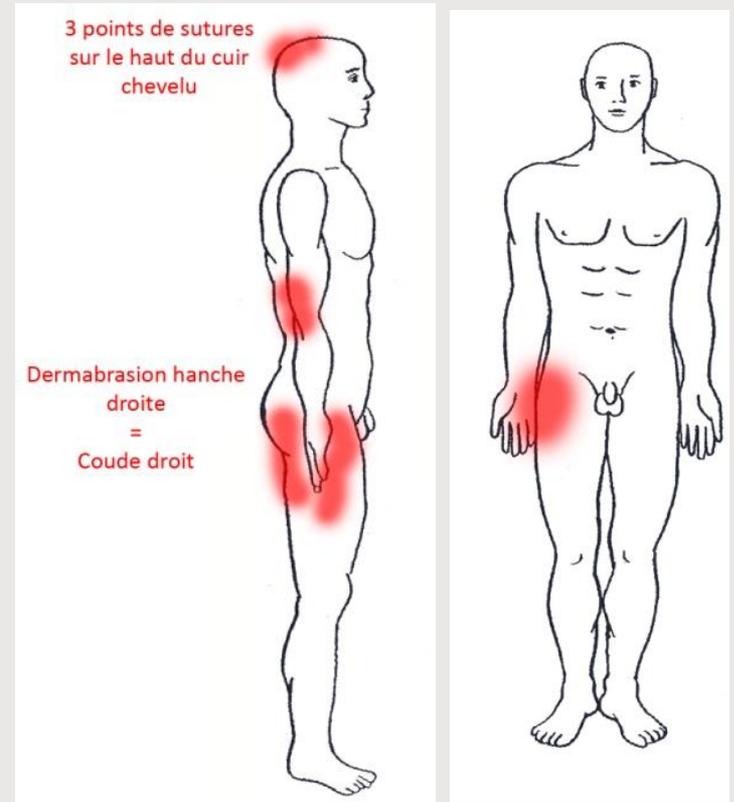
	ω_x (rad.s ⁻¹)	ω_y (rad.s ⁻¹)	ω_z (rad.s ⁻¹)
vitesse angulaire tête/pare-brise	26,5747	1,71414	7,87673

Exemple 3: chute cycliste seul



- Homme, 40 ans
- 1m85, 90 kg
- Cycliste confirmé
- Non casqué
- Vélo de course avec cale-pieds
- Vitesse estimée par le cycliste: ~ 25km/h (compteur kilométrique)

Bilan lésionnel



Exemple 3: simulation numérique



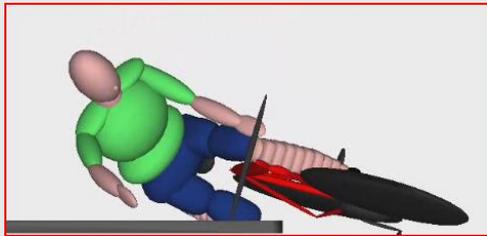
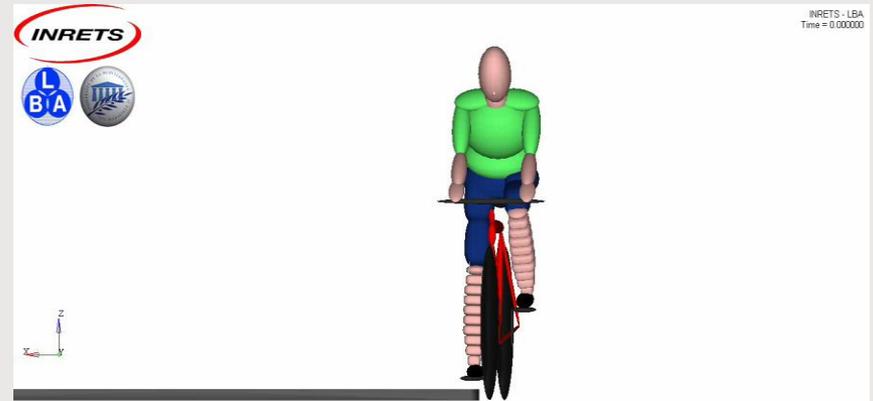
Impact
roue/trottoir



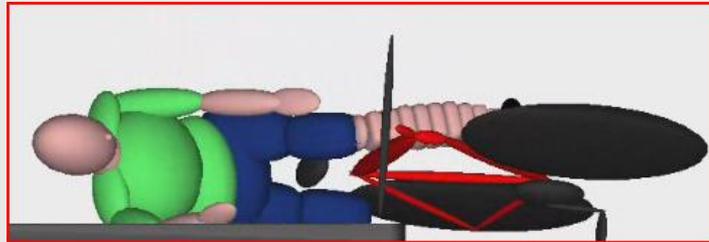
Coup de
guidon



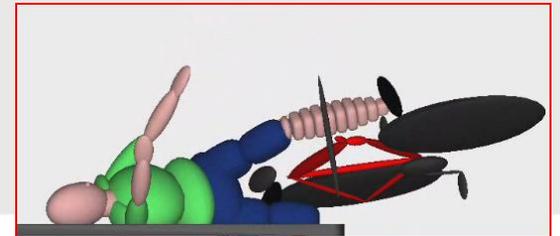
Extension
du bras droit



Impact hanche droite
=> dermabrasion



Impact coude droit
=> dermabrasion

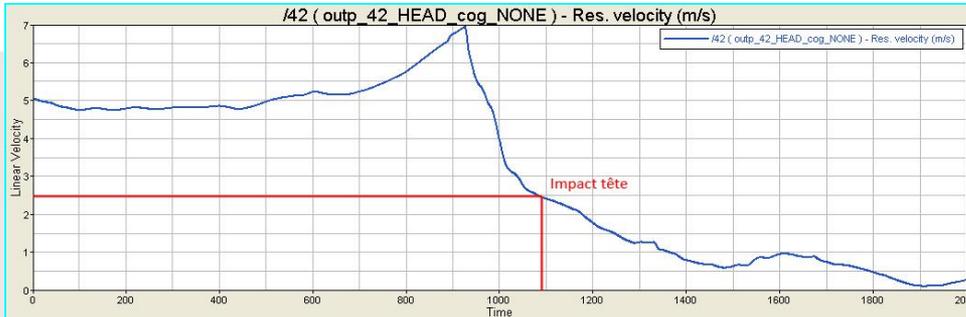


Impact tête
=> points de sutures

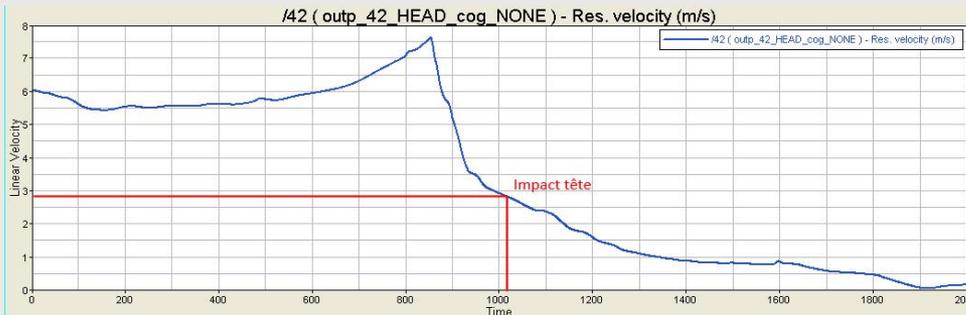
Exemple 3: Étude paramétrique

(18 km/h < $V_{cycliste}$ < 25 km/h)

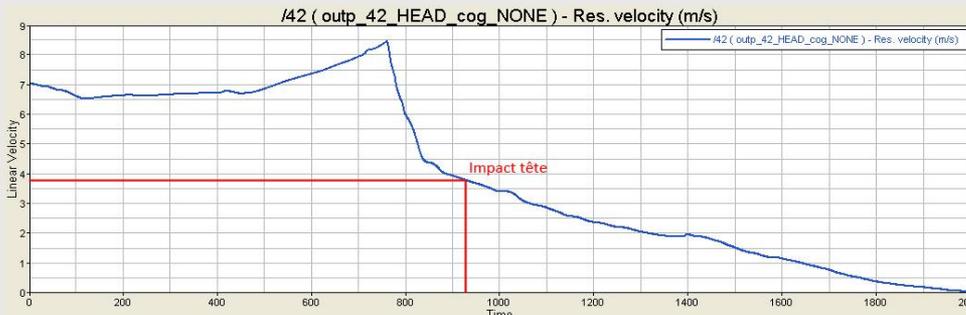
Vitesse d'impact tête



$V_{cycliste} = 18 \text{ km/h} \Rightarrow V_{tête} = 2,4 \text{ m/s}$

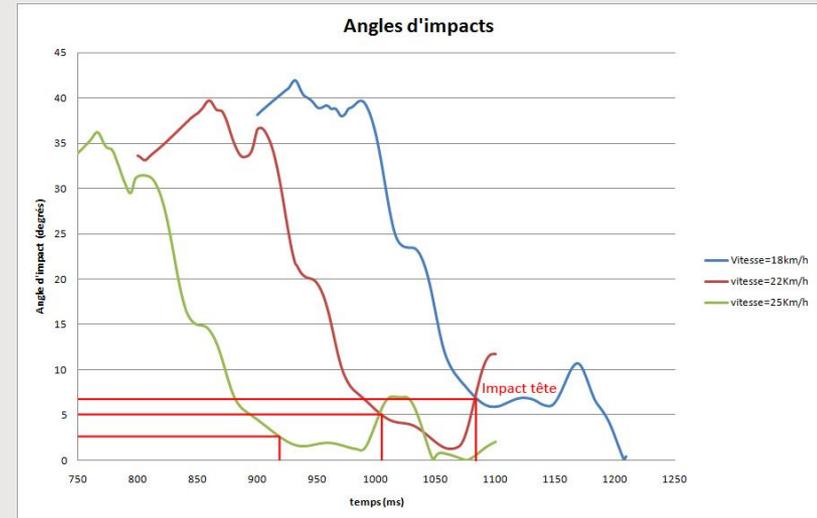


$V_{cycliste} = 22 \text{ km/h} \Rightarrow V_{tête} = 3 \text{ m/s}$



$V_{cycliste} = 25 \text{ km/h} \Rightarrow V_{tête} = 3,7 \text{ m/s}$

Angle d'impact tête



$V_{cycliste} = 18 \text{ km/h} \Rightarrow \text{angle} = 7^\circ$

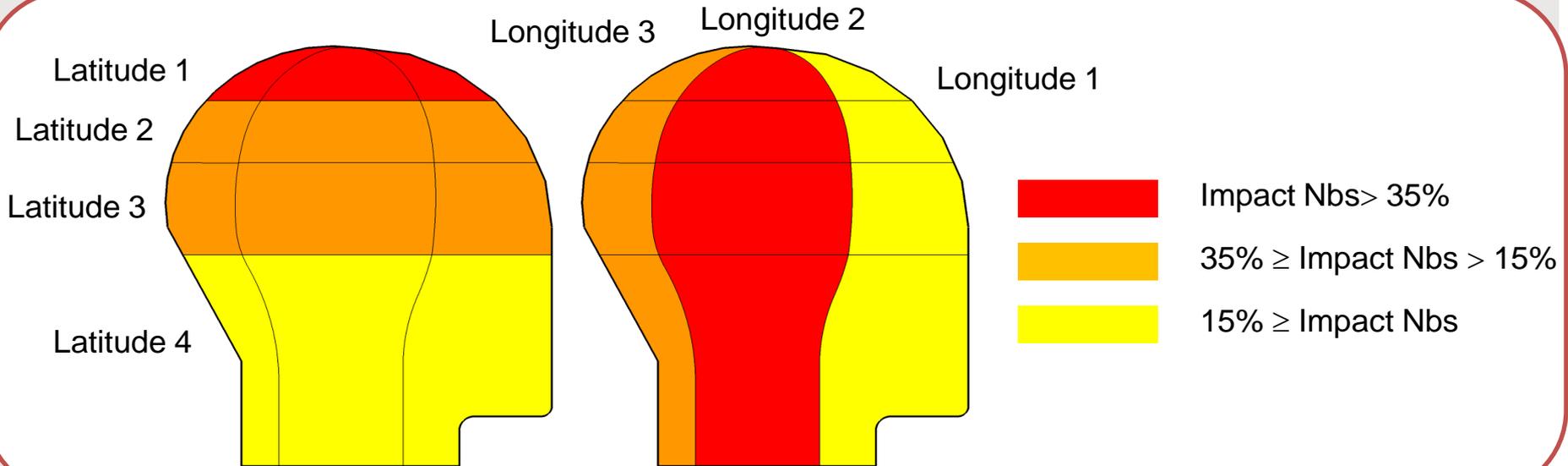
$V_{cycliste} = 22 \text{ km/h} \Rightarrow \text{angle} = 5^\circ$

$V_{cycliste} = 25 \text{ km/h} \Rightarrow \text{angle} = 2,5^\circ$



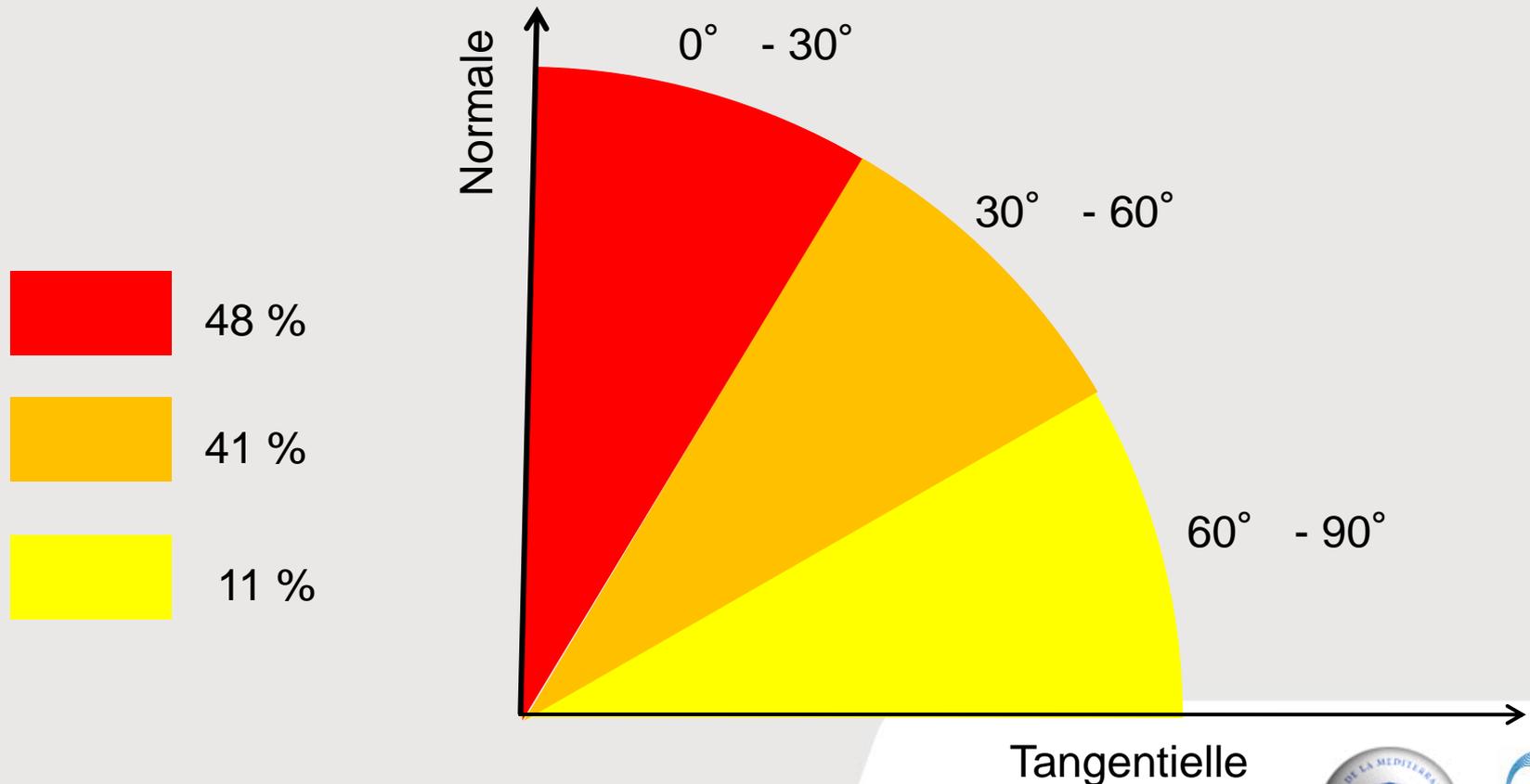
Résultats globaux des simulations dans le projet BICYTETE (ULP, Decathlon, IFSTTAR)

Vitesse Résultante	$V_{\text{moyenne}} = 6.8 \pm 2.7 \text{ m/s}$	$V_{\text{mini}} = 2.0 \text{ m/s}$	$V_{\text{Maxi}} = 13.8 \text{ m/s}$
Vitesse Normale	$V_{\text{moyenne}} = 5.5 \pm 2.9 \text{ m/s}$	$V_{\text{mini}} = 0.3 \text{ m/s}$	$V_{\text{Maxi}} = 11.8 \text{ m/s}$
Vitesse Tangentiel	$V_{\text{moyenne}} = 3.4 \pm 2.0 \text{ m/s}$	$V_{\text{mini}} = 0.5 \text{ m/s}$	$V_{\text{Maxi}} = 7.1 \text{ m/s}$



Résultats globaux des simulations dans le projet BICYTETE (ULP, Decathlon, IFSTTAR)

Distribution de l'inclinaison des vitesses



Conclusion

- Détermination des vitesses et angles d'impact de la tête
- L'impact tête apparaît plus violent lors du choc contre le véhicule que lors de la chute au sol car la composante normale à la surface d'impact est plus importante.
- Des divergences avec les normes sur le casque ont été mises en évidence.
- Similitudes avec le choc piéton: impacts bassins
- Divergences avec le choc piéton: vitesse du cycliste non négligeable



Merci pour votre attention

Thierry SERRE

Thierry.serre@ifsttar.fr

