

**université**  
**PARIS-SACLAY**

**SATIE**

# **Simulateur de conduite moto pour l'étude de comportements**

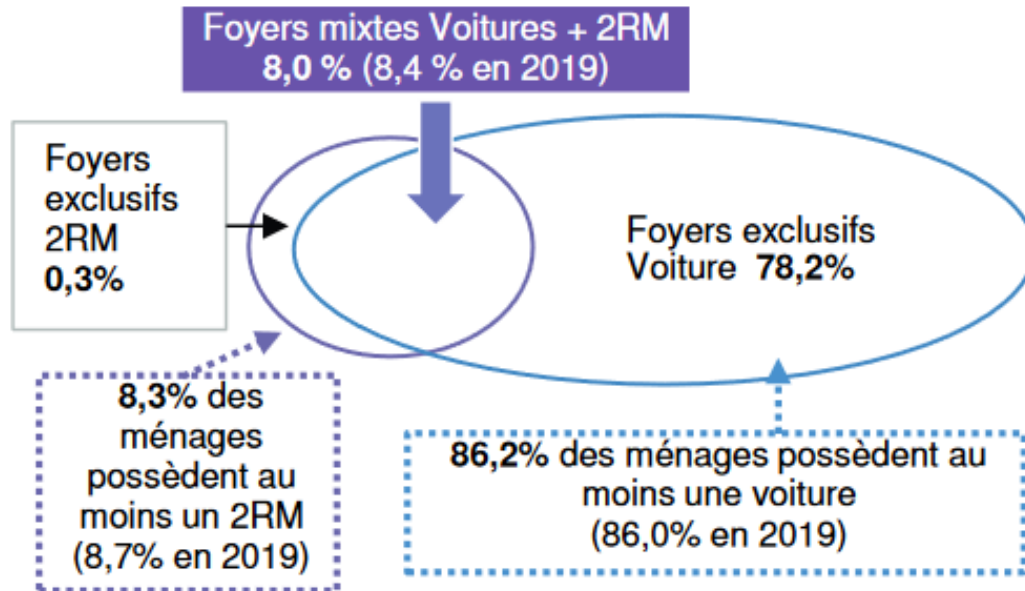
5 octobre 2023

Présenté par Pauline MICHEL

Dans le cadre de la journée « Outils logiciels et matériels pour la  
recherche sur les véhicules terrestres autonomes »

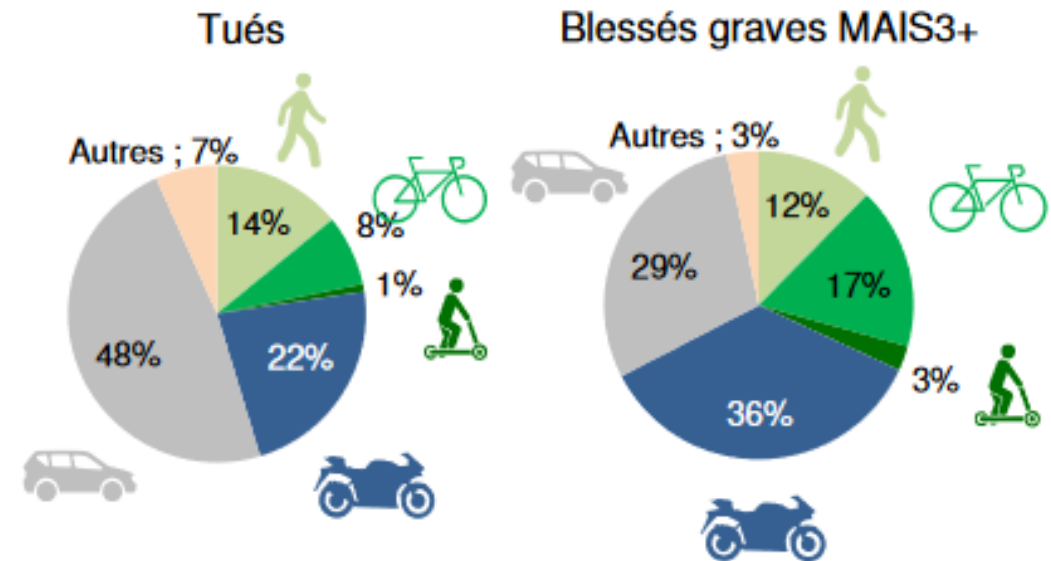
# Les conducteurs de deux-roues motorisés : des usagers vulnérables de la route

## Répartition des usages :



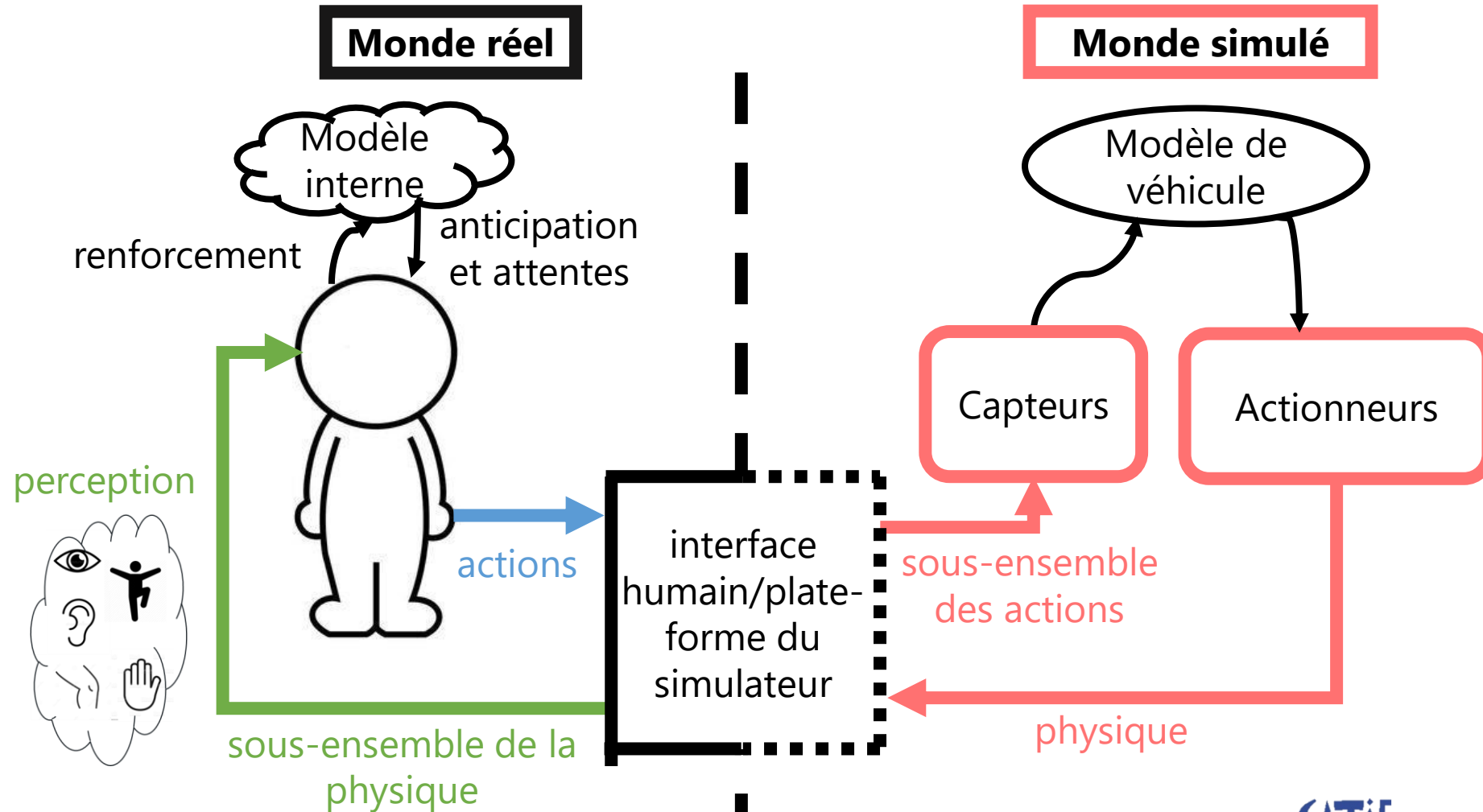
Mixité du parc 2RM et des véhicules légers des ménages français  
(ONISR, bilan 2021, publié en 2022)

## Répartition de l'accidentalité :



Parts dans la mortalité et dans le total de blessés MAIS3+ par  
catégorie d'usagers de la route en France  
(ONISR, bilan 2021, publié en 2022)

# Simulateurs de conduite



# Contrôle d'une moto

deux couples pour maintenir l'équilibre et contrôler la trajectoire :

couple de direction

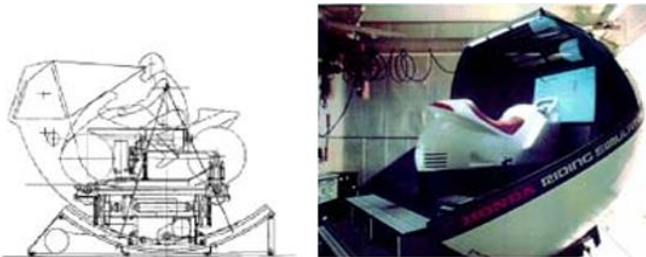


couple de roulis



# Simulateurs de conduite moto

Prototype n°1 du simulateur de moto  
Honda ([world.honda.com](http://world.honda.com))



Simulateur EF Bike d'ECA FAROS  
([ecagroup.com](http://ecagroup.com))



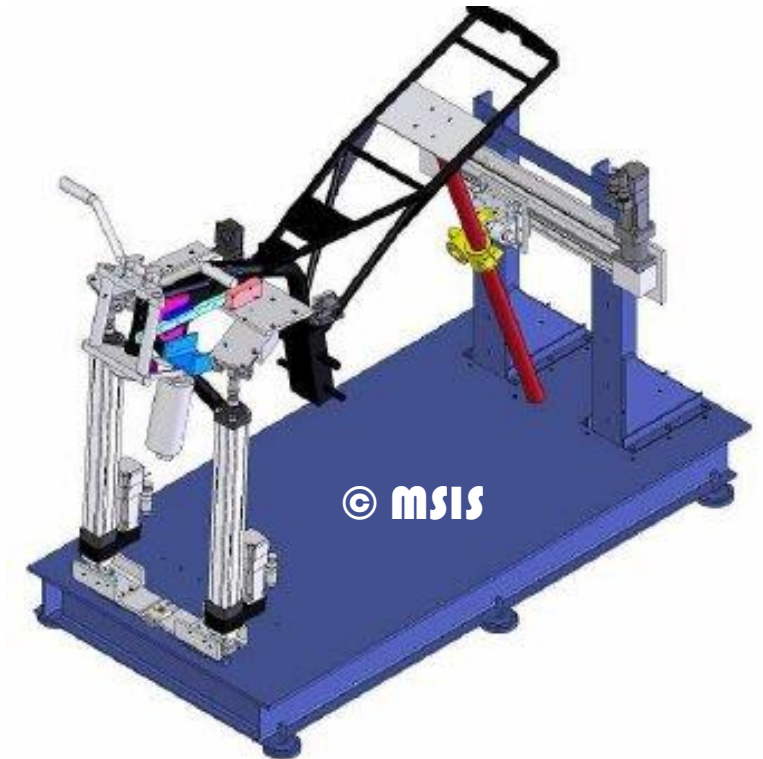
Simulateur MOTORIST de  
TU Delft (*Grottoli, 2021*)



Simulateur de moto de l'Université de Padoue (*Cossalter, et al., 2011*)

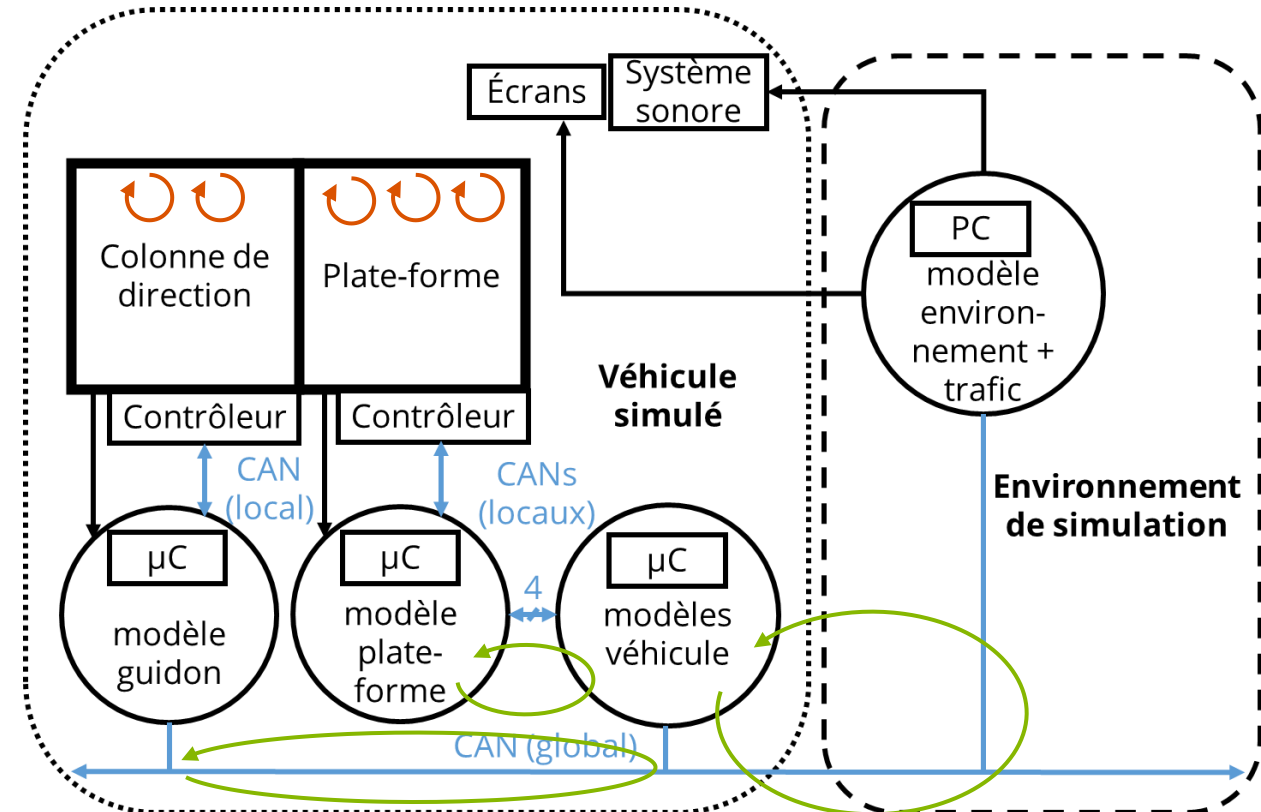
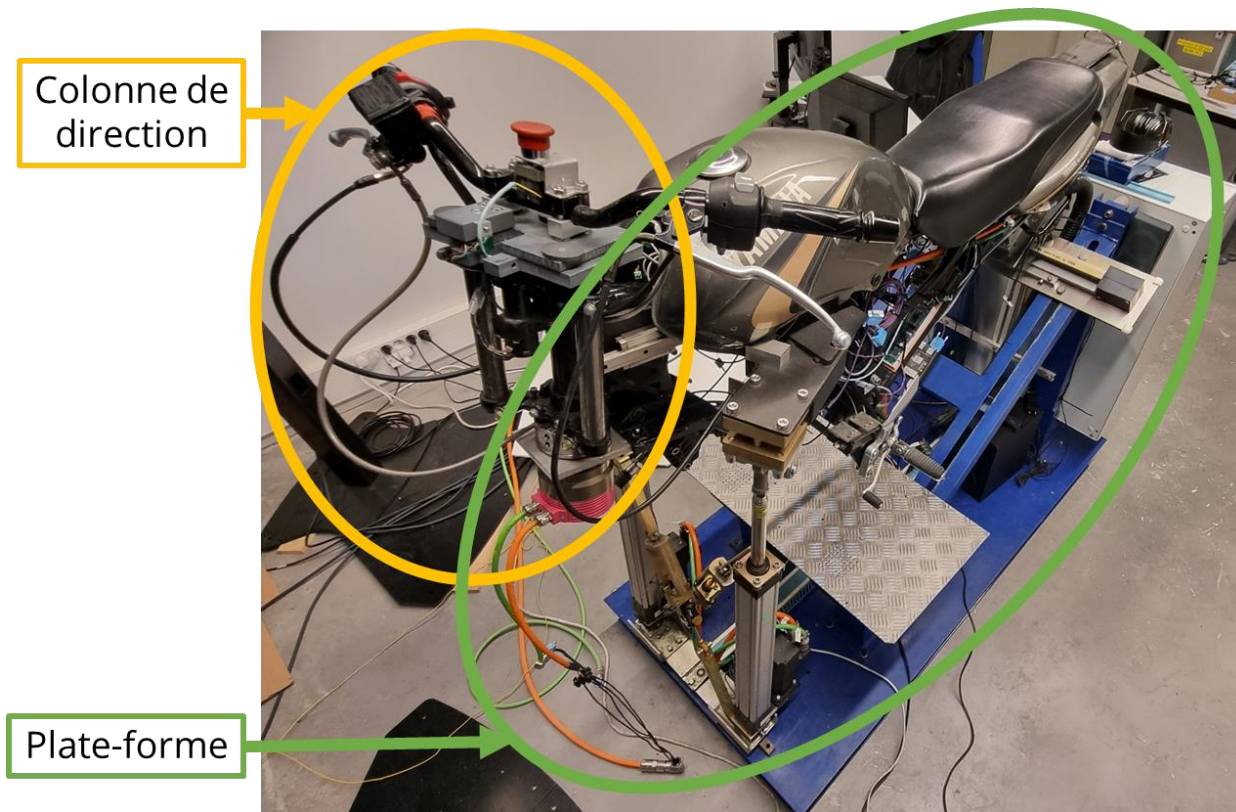


# Notre simulateur de conduite moto

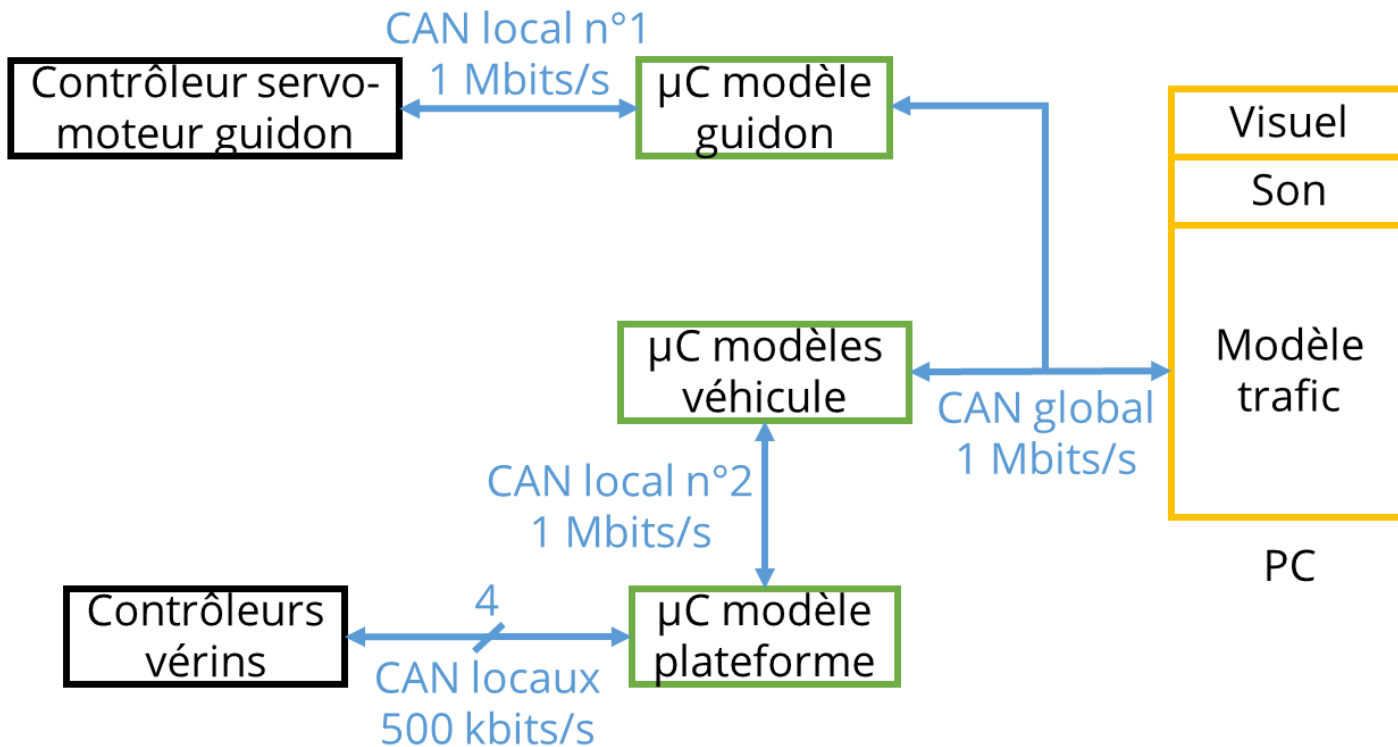


Simulateur SIMACOM (ANR)

# Architecture de calcul distribuée pour simulateur de conduite



# Architecture distribuée pour simulateur de conduite : cohérence physique et temporelle



Bus CAN	Nombre de trames/s	Taux d'occupation
CAN local n°1	800	9,6%
CAN local n°2	800	9,6%
CAN locaux 500 kbits/s (x4)	200	4,8%
CAN global	1600	19,2%

mais pic de débit !



# Architecture distribuée pour simulateur de conduite : cohérence physique et temporelle

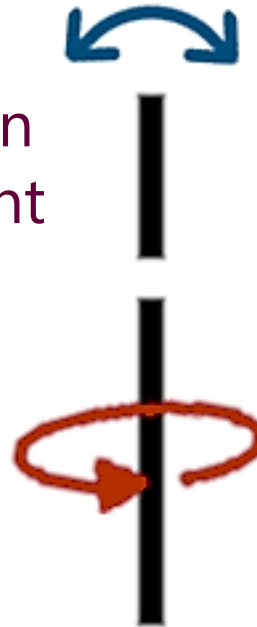
Modèle		Contrainte principale	Période de calcul souhaitée	Période de calcul
Modèle de moto	Modèle dynamique	Stabilité de la moto virtuelle	$\leq 5 \text{ ms}$	5 ms
	Modèle cinématique		$\leq 10 \text{ ms}$	10 ms
Modèle de guidon		Sensibilité de la perception haptique humaine	$\leq 1 \text{ ms}$	5 ms
Modèle de plate-forme mobile		Sensibilité de la perception kinesthésique humaine	$\leq 10 \text{ ms}$	10 ms
Modèle de l'environnement		Sensibilité de la perception visuelle humaine	$\leq 16 \text{ ms (60 Hz)}$	Variable $\leq 16 \text{ ms (60 Hz)}$

# Moto : système bi-corps

couple de direction

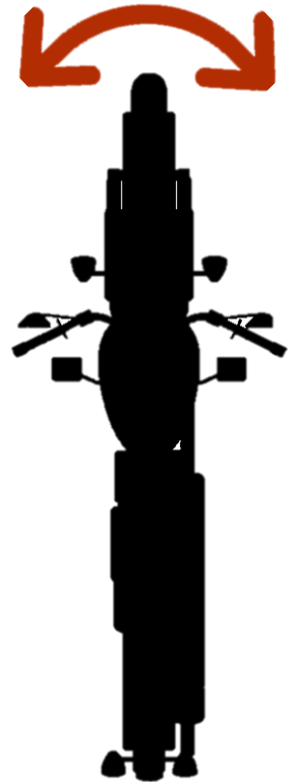


Colonne  
de direction  
+ roue avant



Châssis  
+ roue  
arrière

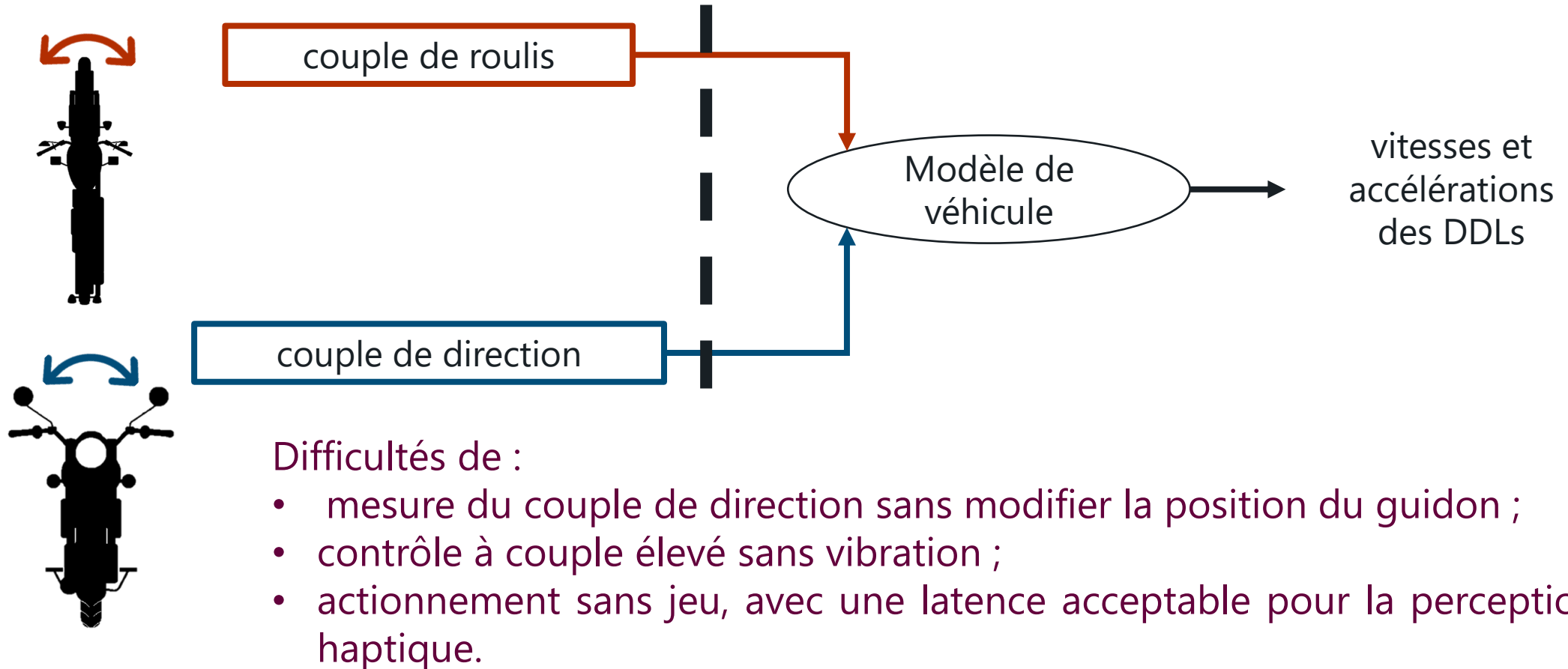
couple de roulis



influence mutuelle

# Systeme guidon

# La question des simulateurs de conduite moto



# Restitution haptique au guidon

## Objectif de conception

Mesure du couple de direction sans modification de la position du guidon

Contrôle à couple élevé sans vibration

Actionnement...

... sans jeu

... avec une latence acceptable pour la perception haptique

## Choix de conception

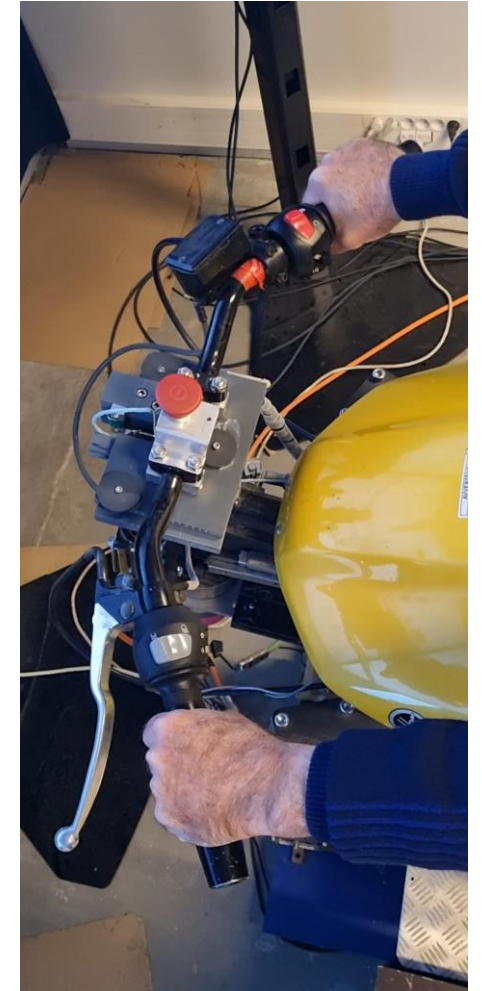
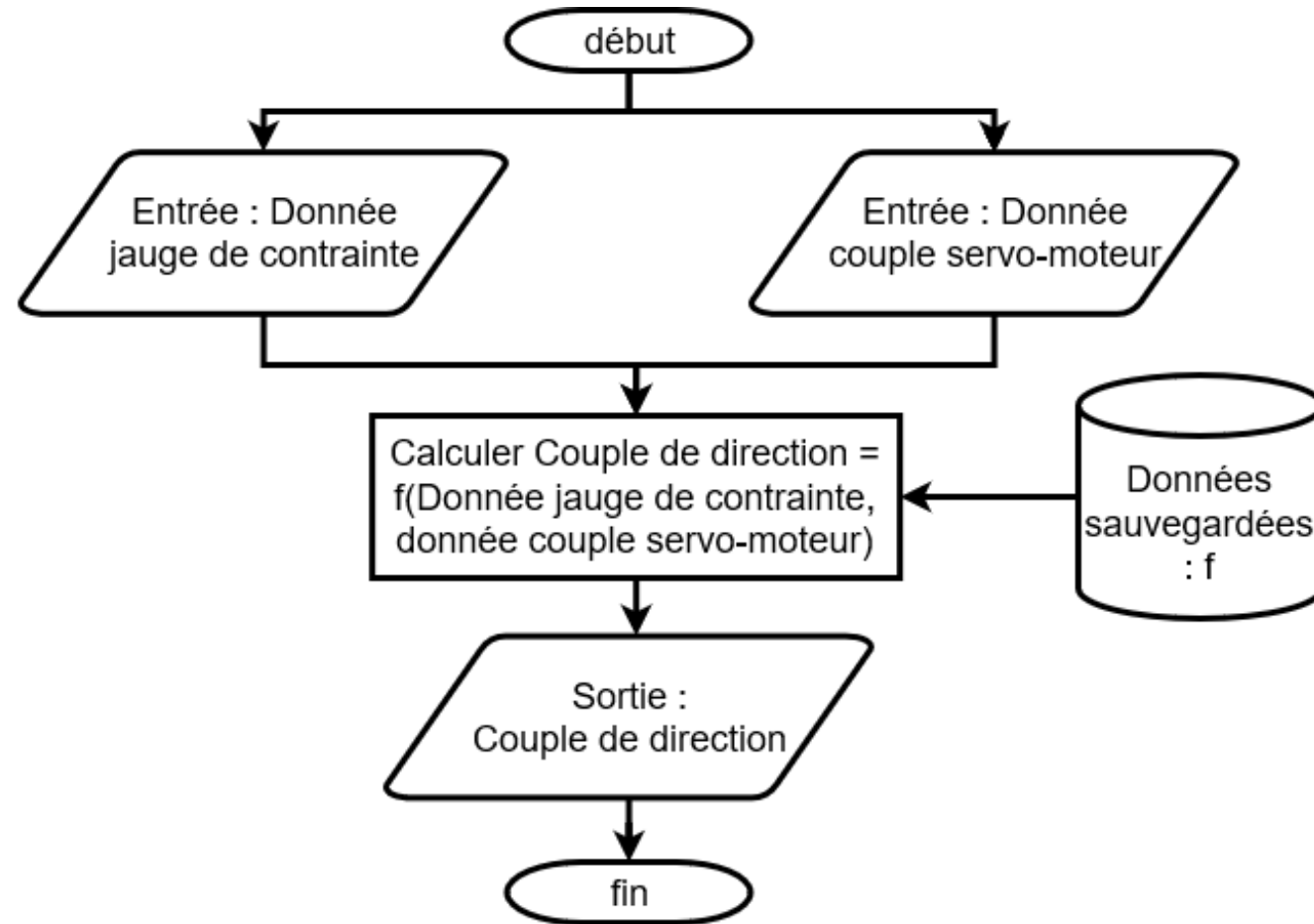
Servo-moteur « non réversible »  
(rapport de réduction  $R = 160$ )

Servo-moteur à réducteur « sans jeu »  
(HarmonicDrive)

Fréquence de pilotage adaptée



# Mesure de l'action humaine : couple de direction

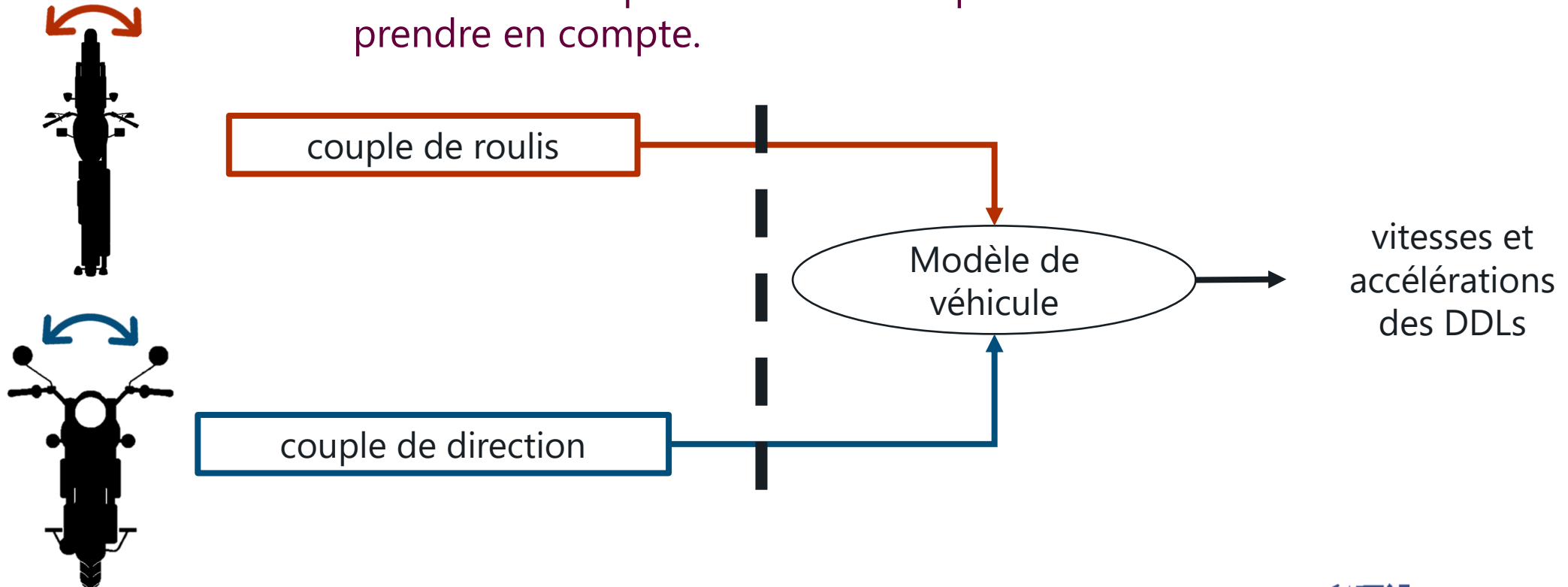


# Systeme couple de roulis

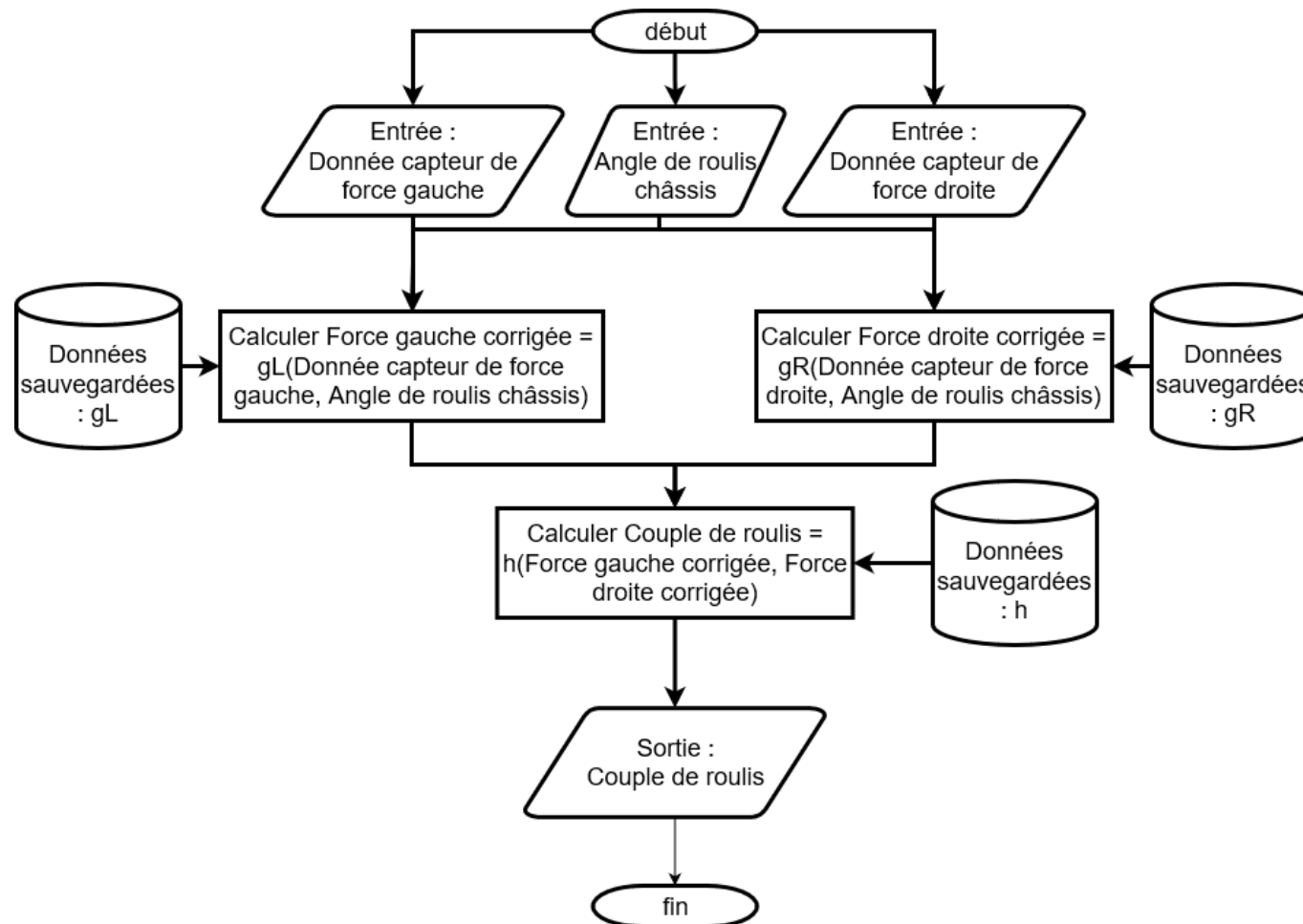
# La question des simulateurs de conduite moto

Difficultés de :

- gestion de l'inclinaison de la plate-forme en virage ?
- mesure du couple de roulis avec poids et attitude du conducteur à prendre en compte.



# Mesure de l'action humaine : couple de roulis



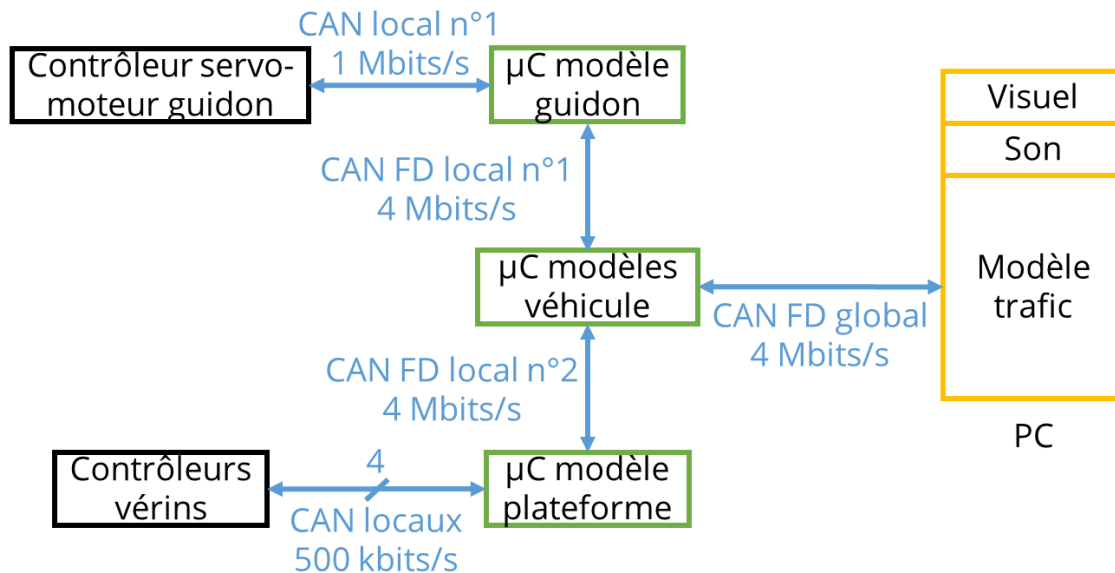
# Conclusion générale : mesures disponibles

- position sur la route (longitudinale, latérale),
- attitude du véhicule (cap, tangage, roulis),
- vitesses, accélérations,
- angle de guidon,
- couples appliqués.





# Perspectives techniques : évolution de l'architecture de calcul



Modèle		Contrainte principale	Période de calcul souhaitée
<b>Modèle de moto</b>	Modèle dynamique	Stabilité de la moto virtuelle	$\leq 5$ ms
	Modèle cinématique		$\leq 10$ ms
<b>Modèle de guidon</b>		Sensibilité de la perception haptique humaine	$\leq 1$ ms
<b>Modèle de plate-forme mobile</b>		Sensibilité de la perception kinesthésique humaine	$\leq 10$ ms
<b>Modèle de l'environnement</b>		Sensibilité de la perception visuelle humaine	$\leq 16$ ms (60 Hz)

**Merci !**