

**Institut français
des sciences et technologies
des transports, de l'aménagement
et des réseaux**

**Un simulateur de vélo
pour de nouvelles recherches**

Stéphane Caro	IFSTTAR – LEPSIS
Fabrice Vienne	IFSTTAR - LEPSiS
Nadine Chaurand	IFSTTAR - LPC
Nguyen-Thong Dang	IFSTTAR - LEPSiS
Silvia Bernardi	Université de Bologne
Boualem Ramdani	Université d'Evry



IFSTTAR

Contexte



Intérêt d'un simulateur vélo

- **Attention portée sur les « modes doux »**
 - Risque d'être blessé 8 fois plus élevé en vélo qu'en voiture par heure de trajet
 - Mesures en faveur de la sécurité des cyclistes
 - Mobilisation des chercheurs sur le thème du vélo
 - **Besoin de connaissances fines sur le comportement des cyclistes**
 - Stratégies de prise d'information, décisions en fonction de l'infra et des aménagements, interactions avec les autres usagers
- **Un simulateur vélo peut contribuer à répondre à ces besoins**



Etat de l'art sur les simulateurs de vélo

- **Entrainement sportif et loisirs**

Tacx / Elite

- **Formation / sens**

Honda / Sanmak

- **Simulateurs pou**

Universités de l'O

- **Simulateurs dyn**

FIVIS (Allemagne)
(départements de



Etat de l'art sur les simulateurs de vélo

- **Entrainement sportif et loisirs**

Tacx / Elite

- **Formation / sensibilisation**

Honda / Sanmak

- **Simulateurs pour l'**

Universités de l'Oregon

- **Simulateurs dynam**

FIVIS (Allemagne) / K
(départements de rec



our)



Etat de l'art sur les simulateurs de vélo

- **Entraînement sportif et loisirs**

Tacx / Elite

- **Formation / sensibilisation**

Honda / Sanmak

- **Simulateurs pour l'étude du comportement**

Universités de l'Oregon et de l'Iowa

- **Simulateurs dynamiques**

FIVIS (Allemagne) / KAIST (Corée)
(départements de recherche en m



pour)



Etat de l'art sur les simulateurs de vélo

- **Entraînement sportif et loisirs**

Tacx / Elite

- **Formation / sensibilisation**

Honda / Sanmak

- **Simulateurs pour l'étude du comportement**

Universités de l'Oregon et de l'Iowa

- **Simulateurs dynamiques**

FIVIS (Allemagne) / KAIST (Corée) / Université de Nanyang (Singapour)
(départements de recherche en mécanique)

→ Nous avons choisi un niveau de réalisme et une complexité intermédiaire



Conception du simulateur

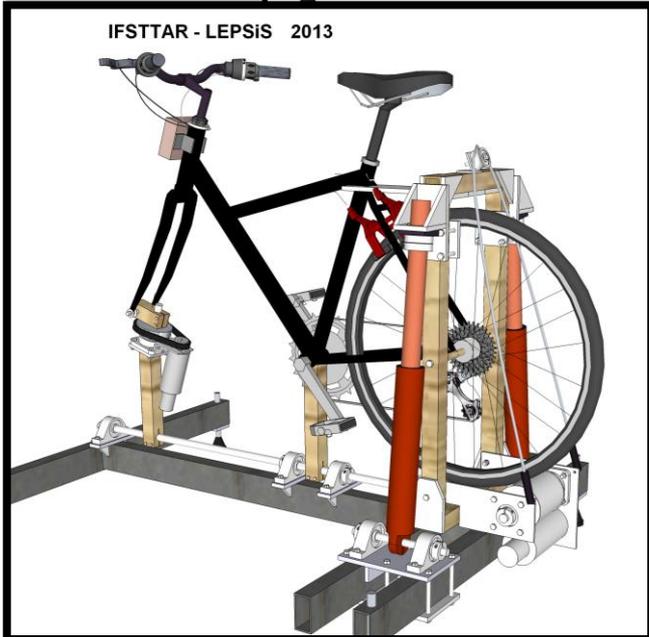
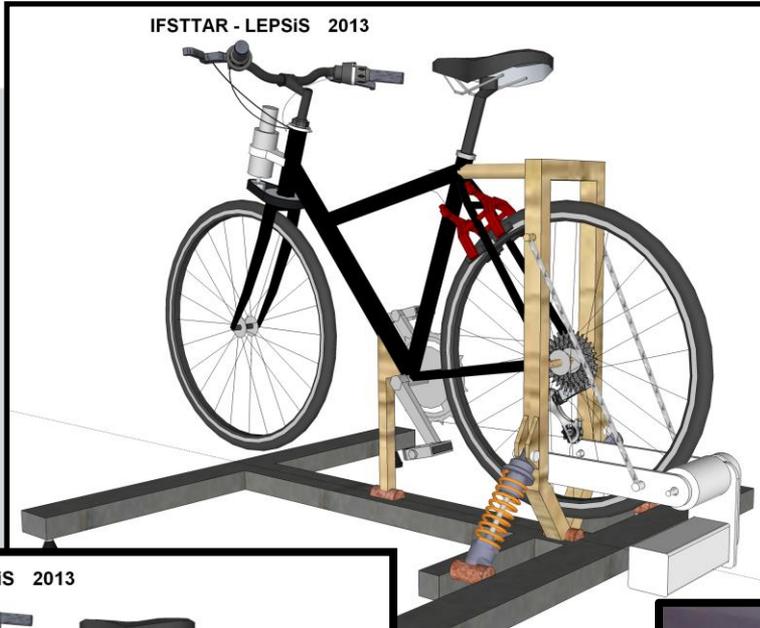


Démarche de conception

- **Usages pressentis du simulateur**
 - Recherches sur le comportement des cyclistes
Interactions avec les autres usagers, aménagements routiers, aides à la conduite
 - Exclu: gestion de l'équilibre, situations de choc
- **Fonctionnalités nécessaires**
 - Permettre de se déplacer comme si c'était leur vélo
Fournir des informations sensorielles pertinentes
Mesurer et enregistrer les données de conduite
 - Décomposition en fonctions et sous-fonctions
- **Solutions techniques retenues**
 - Intégration d'un vrai vélo sur une plateforme « maison »
Contrôle amélioré de la roue arrière (freinage / inertie)
Instrumenter le vélo



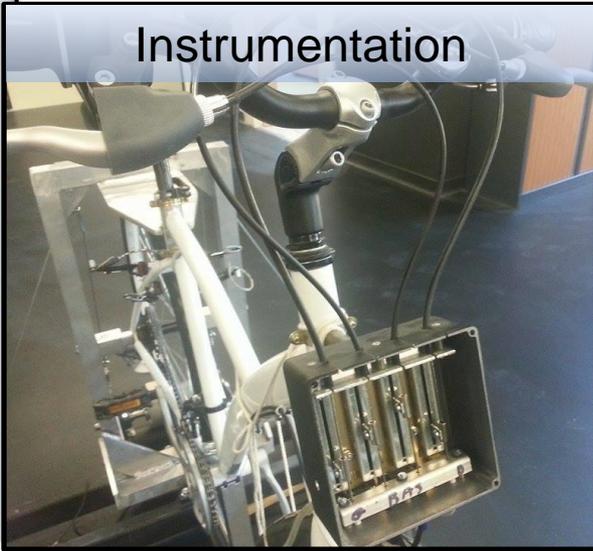
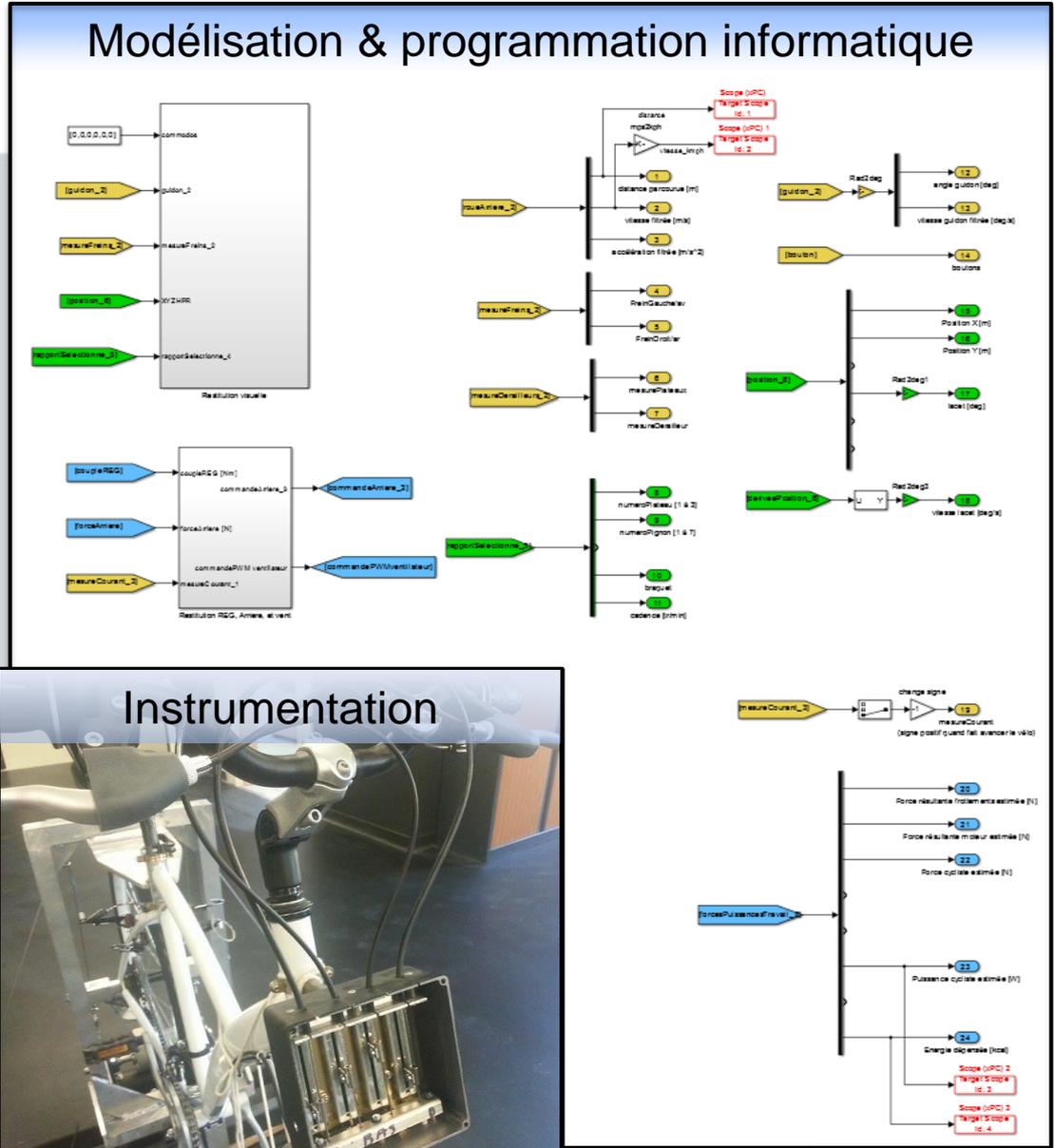
Conception mécanique...



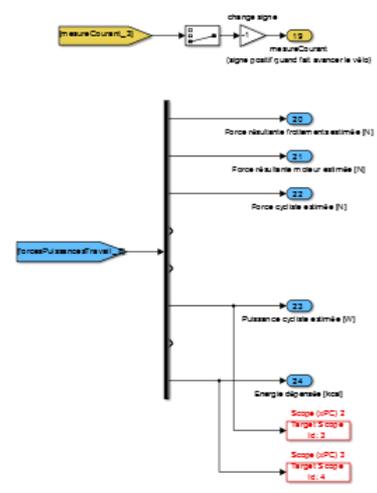
Mais aussi...



Conception électrique



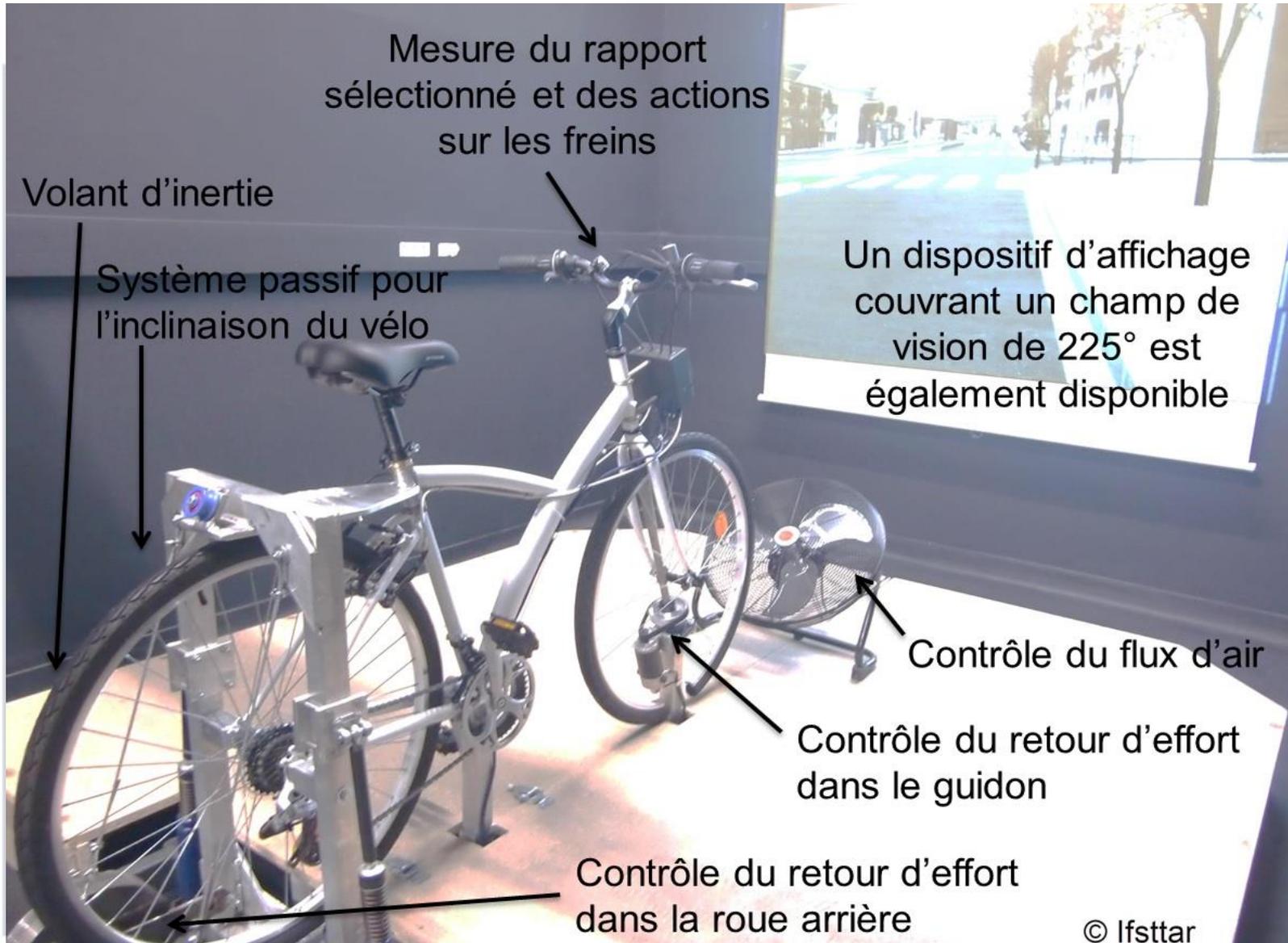
Instrumentation



Configuration actuelle



Configuration actuelle

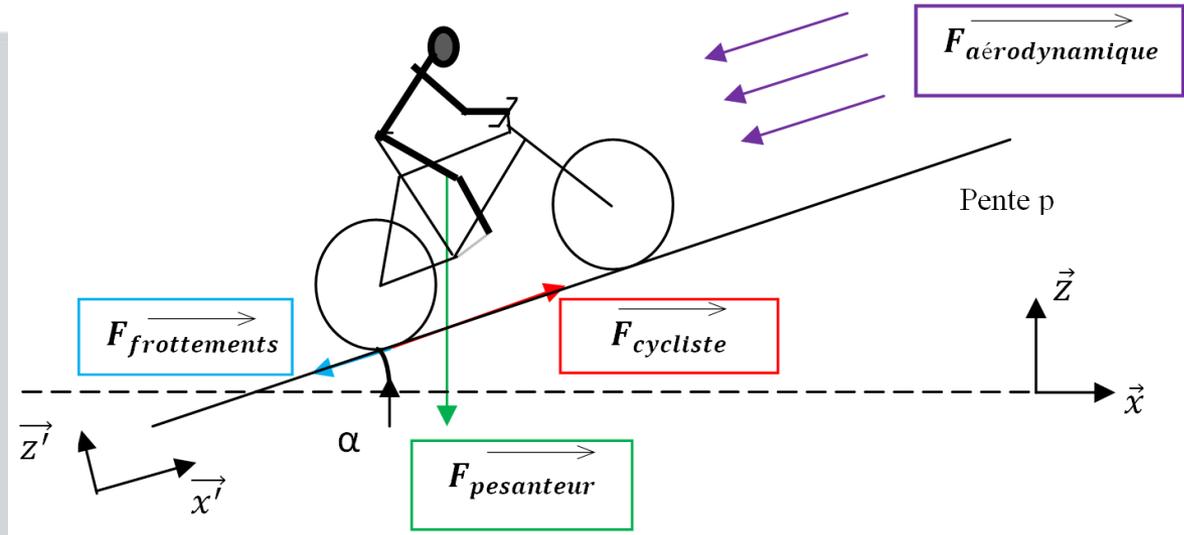


Démarche de mise au point :

Essayer de reproduire fidèlement les
stimulations du monde réel



Modèle d'un vélo en situation réelle



$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{\gamma} \Rightarrow m \cdot \frac{dv}{dt} = F_{\text{frottements}} + F_{\text{aéro}} + F_{\text{pesanteur}} + F_{\text{cycliste}} + F_{\text{frein}}$$

→ Equation à implanter sur le simulateur

où les frottements sont fonction de la vitesse

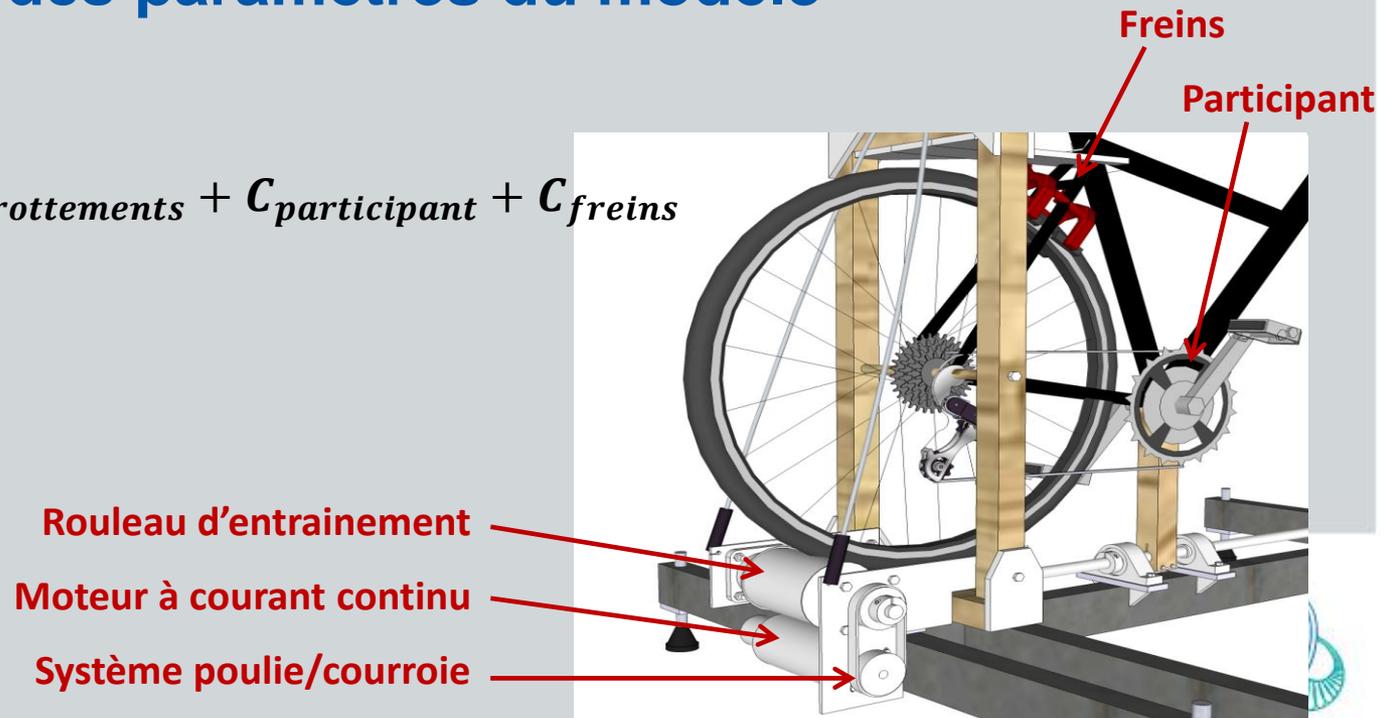


Modèle dynamique du simulateur

- Pour simuler correctement le modèle d'un vélo réel, il faut connaître la réponse du simulateur
- Démarche de modélisation du simulateur et d'estimation des paramètres du modèle

$$I \cdot \frac{d\Omega}{dt} = C_{moteur} + C_{frottements} + C_{participant} + C_{freins}$$

$$C_{moteur} = K_m \cdot i(t)$$

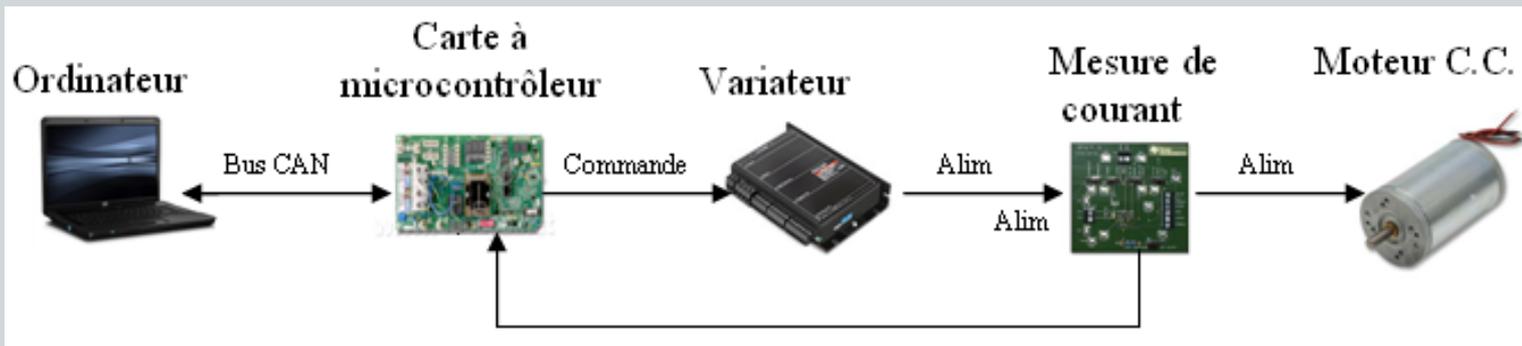


Reproduire sur simulateur la dynamique du vélo réel

- Le couple à produire par le moteur est calculé à partir des deux modèles :

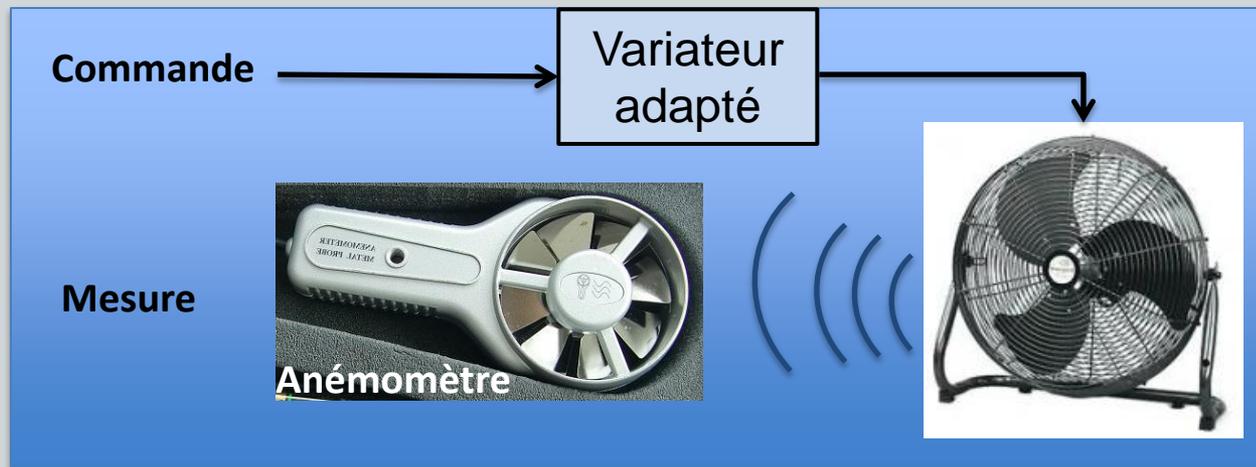
$$C_{moteur} = (J - I) \frac{d\Omega}{dt} + (C_{frot_réel} - C_{frot_simu}) + C_{aéro_réel} + C_{pesanteur}$$

- Pour contrôler le couple moteur, il est nécessaire de mesurer et d'asservir son courant d'alimentation (asservissement PI)

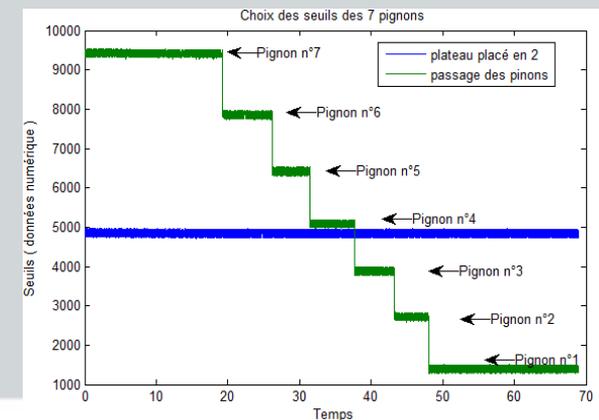


Autres travaux de mise au point...

- **Maitriser la vitesse du flux d'air** : mesure et ajustage de la commande hors ligne, puis contrôle en boucle ouverte



- **Déterminer le rapport de vitesse sélectionné** : utilisation de deux mesures analogiques et estimation de seuils



Travaux ultérieurs...

- **Evaluation du simulateur avec le LPC**
- **Projet Cyclope (ANR, utilisation en 2016)**
 - Evaluation d'un système d'aide à la conduite
 - Partage de l'espace avec les bus
- **Evolution vers une version 2**
 - Ajout de vibrations



Perception du déplacement propre



Driving simulators and self-speed

- **Driving speed is often used as behaviour/risk indicator**
For the experiments conducted in real situation and in driving simulator
- **Underestimation of self-speed in driving simulators**



- **Need for a better understanding of the mechanisms underlying self-speed perception.**
- **The visual cues and display characteristics have been widely studied, but not the non-visual cues**



Available sensory cues

• Cues available when driving or cycling

- Visual cues (mainly optical flow)
- Inertial cues (longitudinal accelerations)
- Acoustic (noise produced by the engine, the air flow, the tyres...)
- Vibrations

• Cues specific to cycling

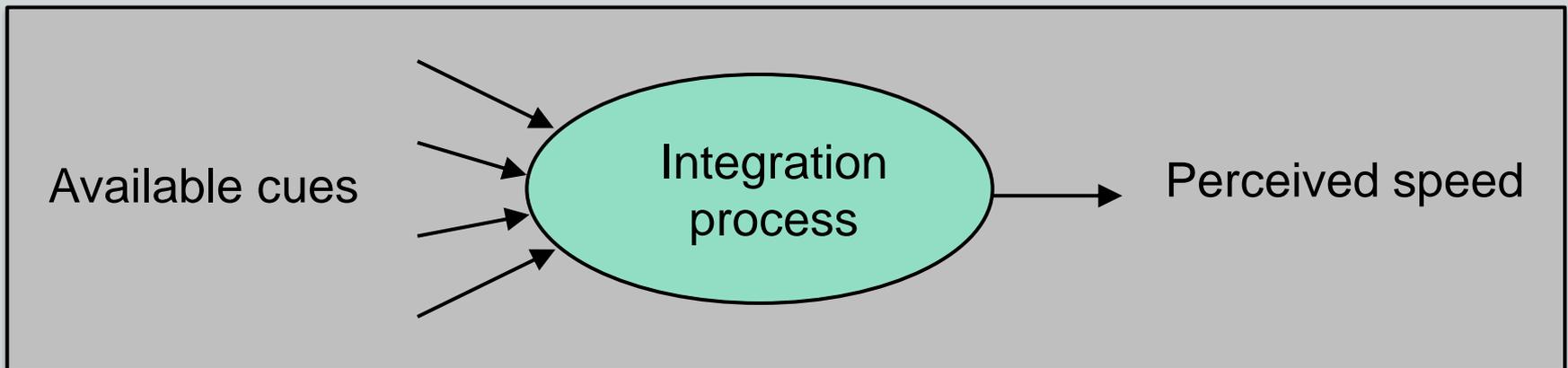
- Air flow
- Pedalling cadence
- Effort needed to maintain the speed (due to the frictions; increases with speed)

• Other available cues, out of the focus of this work

- Effect of the speed on lateral dynamics and lateral control
- Indications of the speedometer
- Relative speed with other road users
- Passenger asking for slowing down (or speeding up)

Sensory integration

→ Hypothesis : the perceived self-speed is based on the various available cues



→ Determining the relative contribution of the various cues



Method: Experimental conditions

- The reference speed 'S' is that of the rear wheel

3 speed cues were manipulated

- The moving speed in the virtual world (visual cues)
- The force feedback in the rear wheel (simulating dynamic frictions)
- The air flow produced by the fan



4 experimental conditions

Reference condition	Cues coherent with the reference speed 'S'
- Reduced visual speed	Moving speed in the virtual world reduced by 50%
- Reduced force feedback	Variable part of the force feedback reduced by 50%
- Reduced air flow	Air flow speed reduced by 50%

- The 4 conditions were presented twice counterbalanced



Method: Experimental protocol

- 12 participants
- Took a pre-ride in order to familiarise with the simulator
- Make a 200m ride, up to a target position (stopped vehicle)
- Advised to ride at the same speed as for the 1st trial
- A dummy task was used to prevent participants from focusing on speed cues: press a button when they think they were at 20m from the stopped vehicle

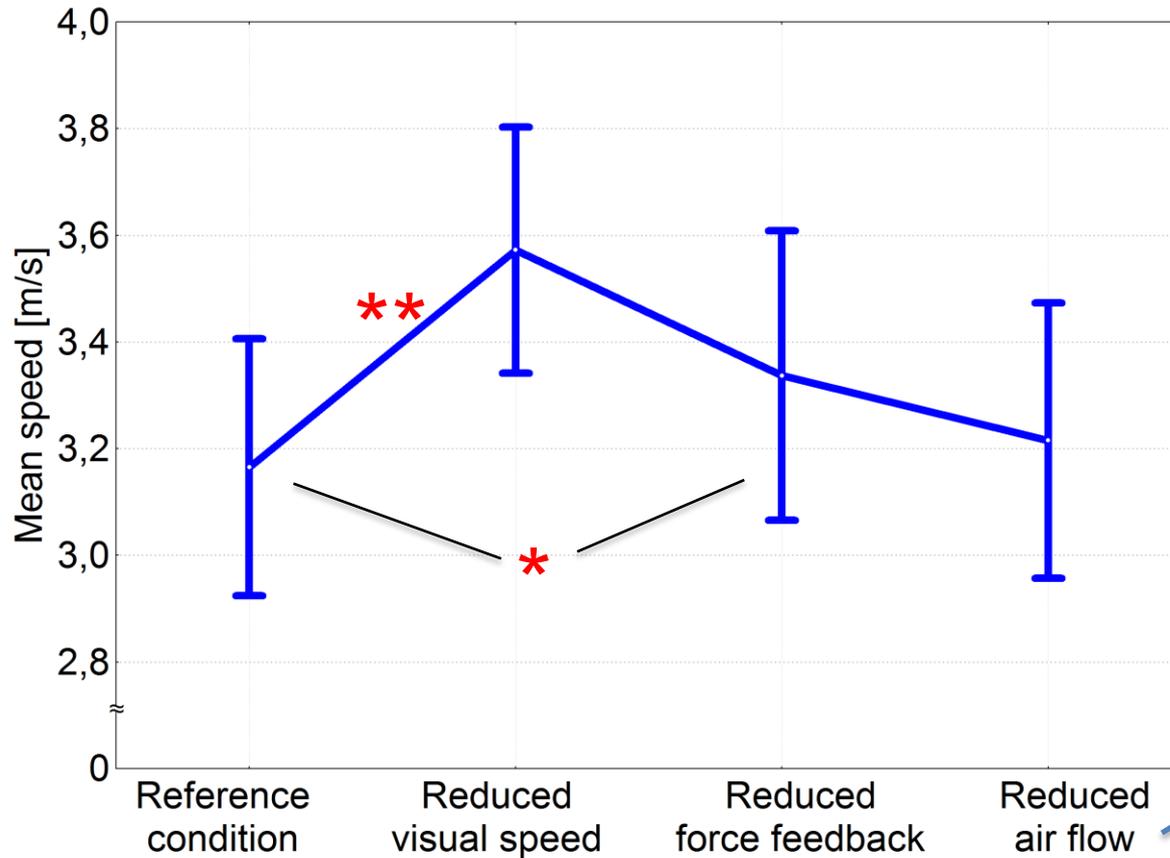


→ The adopted speed was analysed

- A questionnaire was fulfilled at the end of the experiment



Results: adopted speed



Repeated measures ANOVA :
Effect of the variable
 $F(3,30)=11.58$; $p<.00005$

Duncan post-hoc tests :

** $p<.0001$

* $p <.05$

Maybe not used as speed cue since in real situation, the wind affects its reliability

→ Suggests that the perceived speed is based on these cues (visual and force feedback)



Results: internal feedback

- The changes in adopted speed are small compared to the changes in the cues:
 - 13% of speed increase when the “visual speed” is reduced by 50%
- Participants may use another cue: the pedalling cadence = the rate at which they are pedalling



Not only the sensorial restitutions are used in motion control but also the body movements, as internal feedbacks



Conclusions...

1. The adopted speed was affected by two of the manipulated cues, suggesting that the perceived speed is based on these cues (needs to be confirmed).
2. The pedalling cadence (not manipulated) may also be used as a cue.

→ Provide an insight on the mechanisms underlying self-speed perception.



Merci de votre attention

Ifsttar

14-20 Bld. Newton

Cité Descartes

Champs sur Marne

77447 Marne-la-Vallée Cedex 2

France

Tél. +33 (0)1 81 66 80 00

www.ifsttar.fr

communication@ifsttar.fr

